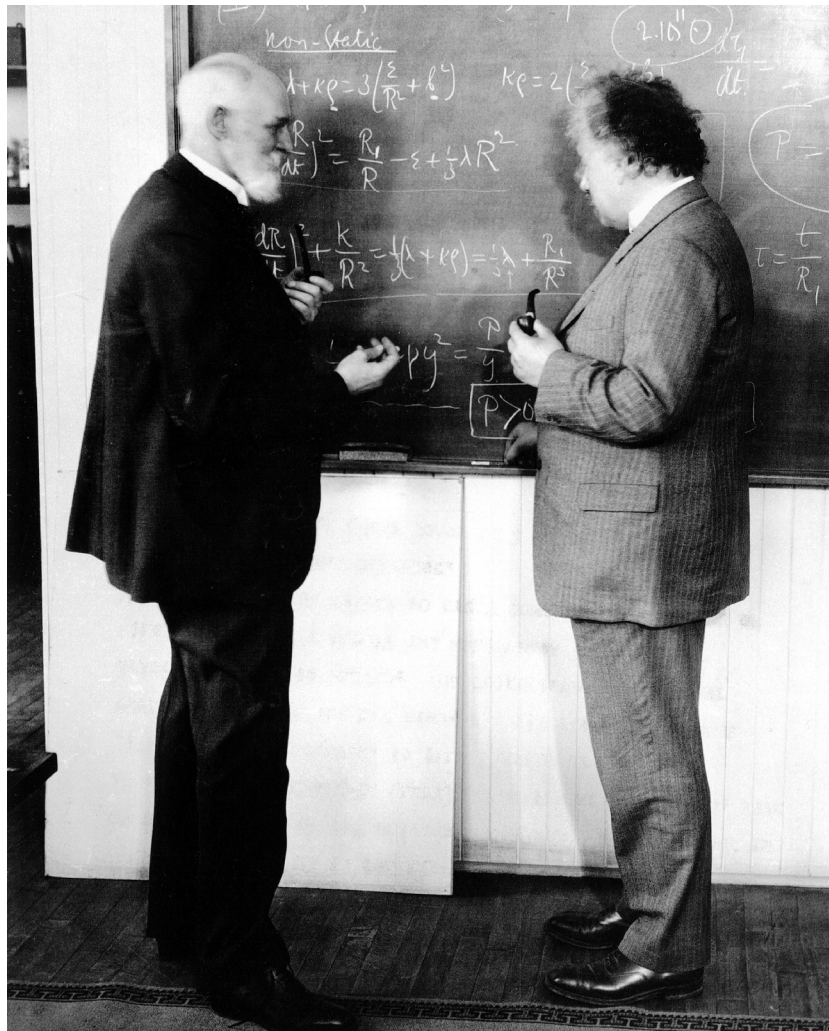


Willem de Sitter in Leiden - Ein Kapitel in der Rezeptionsgeschichte der Relativitätstheorien



Dissertation
zur Erlangung des Grades
„Doktor der Naturwissenschaften“
am Fachbereich Mathematik, Physik und Informatik
der Johannes Gutenberg-Universität in Mainz

Stefan Röhle
geb. in Bad Neuenahr-Ahrweiler

Mainz, im Juli 2007

Gutachter:

Zweit-Gutachter:

Tag der Prüfung: 17.07.2007

Zum Titelbild: Das Foto wurde am 28.02.1932 in der New York Times in dem Artikel "Where great scientists sit as pupils" auf Seite SM7 abgedruckt. Die Bildunterschrift lautete: "Genius at the Blackboard - Dr. de Sitter Shows Dr. Einstein a Few Equations". (Quelle: Associated Press)

Inhaltsverzeichnis

Abbildungsverzeichnis	5
Tabellenverzeichnis	7
Vorwort	9
Einleitung	11
1. Eine selektive Lebensgeschichte: Willem de Sitter	25
1.1. Sein Leben im Überblick	25
1.2. Der Wandel zum Astronomen	27
1.3. Die astronomischen Arbeitsgebiete	31
2. Erste Arbeiten zur Relativitätstheorie	37
2.1. Gravitation mit Anziehungskraft	37
2.1.1. Relativitätsprinzip und Planetenbewegung	40
2.1.2. “The question of the perihelion of Mercury and related problems”	55
2.1.3. Absorption von Gravitation und die Mondbewegung	59
2.2. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit	65
2.2.1. Die „Debatte“ von 1913: <i>Experimentum crucis?</i>	65
2.2.2. Das Wiederaufleben von 1924	84
3. Der Weg der allgemeinen Relativitätstheorie	101
3.1. Leiden als Ort der Rezeption	101
3.1.1. Die Einstein - Grossmann Theorie: Der Entwurf	110
3.1.2. Die endgültige Theorie	128
3.1.2.1. Die allgemeine Relativität kommt in Leiden an	128
3.1.2.2. Einstein kommt an	137
3.1.2.3. Beiträge aus Leiden	151
4. “Start spreadin’ the news”	157
4.1. Von de Sitter zu Eddington	157
4.1.1. De Sitter setzt Eddington (und England) in Kenntnis	161
4.1.2. Erste Reaktionen	171
4.1.3. Angesteckt: Eddington veröffentlicht selbst zur ART	175
4.2. Von Eddington und de Sitter in die Welt	188

5. Übergreifende Aspekte	197
5.1. Merkurperihel... und er bewegt sich doch!	197
5.2. De Sitter und seine Akzeptanz der ART	207
5.3. Wissenschaftliche Grundauffassung	218
6. Biografische Ergänzungen	227
6.1. Seine Lehrtätigkeit	227
6.2. Administratives: De Sitter als Direktor	233
6.2.1. Die Reorganisation der Sternwarte	236
6.2.2. Die Gründung des <i>B.A.N.</i>	243
6.2.3. Der Weg zur "Leiden Southern Station"	245
6.3. Persönliches: De Sitter privat	251
6.3.1. Freizeit, Familie, Freunde	251
6.3.2. Gesundheitsprobleme	256
6.4. Wissenschaft als Brücke	260
6.4.1. Im Widerstreit mit Nationalismus	260
6.4.1.1. General Assembly der IAU 1928 in Leiden	264
6.4.1.2. Protest gegen die Entrechtung der Juden in Deutschland	274
6.4.2. Ein Highlight: Die Reise nach Amerika und Kanada	277
6.5. Ehrungen und Mitgliedschaften	281
Zusammenfassung und Ausblick	285
A. Quellen	299
A.1. Allgemeine Anmerkungen	299
A.2. Das de Sitter - „Archiv“ in Leiden	300
A.3. Weitere Archive mit Material zu de Sitter	303
A.4. Quellenauszüge	306
A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)	315
B. Abkürzungsverzeichnis / Glossar	347
C. Literaturverzeichnis	351
C.1. Bibliographie zu de Sitter	351
C.2. Biografien, Nachrufe und Ähnliches zu de Sitter	375
C.3. Allgemeines Literaturverzeichnis	379

Abbildungsverzeichnis

1.1.	De Sitter in Süd-Afrika, 1897	28
1.2.	Willem de Sitter am Teleskop in Südafrika (ca. 1897-99)	29
2.2.	Tabelle zu Abweichungen von den Newcombschen Werten	56
2.3.	Ausschnitt aus Notizbuch S8 „Varia“, undatiert	58
2.4.	Fluktuationen der Mondbahn	60
2.5.	Neue Berechnung der Mond-Fluktuationen	62
2.6.	Lichtaussendung eines Doppelsterns	72
2.7.	Ausrichtung der scheinbaren Ellipse	73
2.8.	Doppelsternbahnen	74
2.1.	Inhaltsverzeichnis des Notizbuches S8 „Varia“	83
2.9.	Ankunftszeiten von Licht ausgesandt von Doppelsternen	89
2.10.	Kurve der Sternengeschwindigkeit	95
2.11.	Beobachtete Radialgeschwindigkeit nach ballistischer Theorie	96
3.1.	Notizen de Sitters zu Vorläufern der ART, 1914	127
3.2.	Inhaltsverzeichnis S12, 1. Teil	131
3.3.	Inhaltsverzeichnis S12, 2. Teil	132
4.1.	De Sitter und Eddington, 1930	157
5.1.	Abweichungen bei Bahnelementen nach der ART	203
5.2.	Foto der Sonnenfinsternis am 29.05.1919	209
5.3.	Willem de Sitter gezeichnet durch J. Huizinga, ca. 1896	214
6.1.	De Sitter in seinem Büro	233
6.2.	De Sitter, 1933 od. 1934	236
6.3.	Ansicht des Observatoriums nach der Erweiterung, 1924	240
6.4.	Titelseite der 1. Ausgabe des <i>B.A.N.</i>	244
6.5.	Die junge Familie 1905	254
6.6.	Eleonore de Sitter mit Kindern	255
6.13.	Willem de Sitter in Sanatorium	256
6.14.	Schießübung Leidener Professoren in den Dünen von Katwijk, 01.05.1915	262
6.7.	Willem mit seiner Mutter, 1876	266
6.8.	Willem mit Bruder Ernst und Schwester Wobine, ca. 1883	266
6.9.	Willem, ca. 1888	266
6.10.	Willem als Student (Aufnahme zw. 1894 u. 97)	266

6.11. De Sitter und Kommilitonen	267
6.12. Grabplatte de Sitters auf Friedhof Westerveld	267
6.15. Teilnehmer der Generalversammlung der Astronomischen Gesellschaft im August 1926	268
6.16. Karikatur zum IAU Kongress in Leiden, 1928	270
6.17. Plenum bei General Assembly der IAU in Leiden, 1928	272
6.18. Ausflug im Rahmenprogramm des IAU Meetings in Leiden 1928	273
6.19. Zeitungsfoto anlässlich der 300 Jahrfeier der Sternwarte, 1933	274
6.20. 1. Seite de Sitters Reiseplanes in Amerika	277
6.21. De Sitter und Schlesinger, 1931	278
6.22. Titelseite „Der Weltspiegel“, 31.01.1932	279
6.23. Willem de Sitter mit Frau, 1931	280
6.24. Gruppenbild bei IAU Kongress, 1925	283
B.1. Bahnelemente bei Doppelsternen	350

Tabellenverzeichnis

2.1.	Periheldrehung folgend aus dem Relativitätsprinzip, Quelle: [deSitter11c, S. 405]	47
2.2.	Periheldrehung (vorläufig) folgend aus Lorentz' Theorie der Gravitation, Quelle: Box 21C, S8, S. 91	49
2.3.	Artikelabfolge in der Debatte um die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit von 1913/14	82
2.4.	Artikelabfolge in der wieder aufgeflamnten Debatte um die ballistische Theorie des Lichtes 1924/25 und ihre Bezüge zueinander	100
3.1.	Besuche Einsteins in Leiden	149
4.1.	Veröffentlichungen zur allg. Relativitätstheorie 1916-1918 (Auswahl) . . .	164
5.1.	Periheldrehung folgend aus der ART, Quelle: [deSitter16e, S. 375]	201
6.1.	Vorlesungen de Sitters (entnommen aus dem <i>Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden</i> für den jeweils angegebenen Zeitraum)	231
6.2.	Doktoranden de Sitters	232
6.3.	Ehrungen und Mitgliedschaften de Sitters	282
6.4.	Experimente zur Prüfung der Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle. Quelle: [Zhang97, S. 173]	297
6.5.	(Fortsetzung) Experimente zur Prüfung der Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle. Quelle: [Zhang97, S. 173]	298
A.1.	Verzeichnis der Kisten im Archiv der Sternwarte Leiden	303
A.2.	Korrespondenz zwischen de Sitter und Hertzsprung, vorhanden an University of Aarhus	304

Vorwort

Als ich mich im Rahmen meiner Examensarbeit über „Mathematische Probleme in der Einstein – de Sitter Kontroverse“¹ 1999/2000 mit Willem de Sitter befasst habe, wurde mir klar, dass es in Bezug auf seine Person und seine Beschäftigung mit Einsteins Theorien noch viele, bislang unerforschte Bereiche gab. Aus dieser Erkenntnis wuchs die Idee einer Fortsetzung meiner Beschäftigung im Rahmen einer Dissertation.

Nach anfänglich noch recht breit gefasster Vorstellung von Inhalt und Thema der Arbeit kristallisierte sich mit zunehmender Erfassung und Kenntnis von Quellen allmählich der nun vorliegende Umfang heraus. Ursprünglich sollte der Zeitraum ca. 1920-34 und darin de Sitters Rolle bei der Entstehung der expandierenden Weltmodelle betrachtet werden, was sich aber zugunsten von ca. 1908-1920 und seiner Rolle bei der Rezeption von Einsteins Relativitätstheorien verschoben hat.

Für die Bereitstellung von Archivmaterial und die Beschaffung von Informationen danke ich folgenden Institutionen: Department of Manuscripts, University Library, Cambridge; Astronomical Institute, Utrecht; Republic Observatory, CSIR Archives, Pretoria, South Africa; Nederlands Instituut voor Oorlogsdocumentatie; Mary Lea Shane Archives of the Lick Observatory, University of California; Associated Press; Noord-Hollands Archief, Haarlem; University College, London; California Institute of Technology; Albert Einstein Archives, Hebrew University, Jerusalem; Museum Boerhaave, Leiden; Steno Institutet, Aarhus Universitet; ETH-Bibliothek, Archiv der ETH Zürich; Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen; Niels Bohr Library, American Institute of Physics; Emilio Segrè Visual Archives, American Institute of Physics; Bibliothek der Hamburger Sternwarte, Universität Hamburg; South African Astronomical Observatory; The Huntington, San Marino; Yale University Archives; Department of Astronomy, Yale University; Yerkes Observatory; NRC Handelsblad; Begraafplaats en Crematorium Westerveld; Sächsische Landesbibliothek, Staats- u. Universitätsbibliothek Dresden; Institut für Philosophie, Universität Stuttgart; Koninklijke Bibliotheek, Den Haag; Accademia Nazionale dei Lincei; Royal Astronomical Society, London; Mathematical Institute, University of St Andrews; Princeton University Library; Dibner Library of History of Science; Department of Manuscripts, National Library of Oslo; Université de Louvain und der Pusey Library, Harvard University Archives.

Soweit durch mich ermittelbar, habe ich bei Verwendung von Archivmaterial in dieser Arbeit die zuständigen Stellen um Genehmigung zum Abdruck von Zitaten bzw. Fotografien ersucht und erhalten. Vielen Dank an: Associated Press; Center for History of Physics, American Institute of Physics; Adriaan Blaauw; Republic Observatory, CSIR

¹In leicht geänderter Form und um eine Einführung von David E. Rowe ergänzt veröffentlicht als [Röhle02].

Archives, Pretoria, South Africa; South African Astronomical Observatory; Nachfahren der Familie de Sitter; Leiden Observatory; Noord-Hollands Archief; University College, London; Mary Lea Shane Archives of the Lick Observatory, University of California; California Institute of Technology; Cambridge University Library; Museum Boerhaave, Leiden; Ejnar Hertzsprung Archive at the Steno Institute, University of Aarhus, Denmark; Harvard University Archive, Pusey Library; Archive of the Astronomical Institute in Utrecht; Albert Einstein Archives, Hebrew University, Jerusalem. In den Fällen wo keine direkte Genehmigung einholbar war oder benötigt wurde, habe ich das Material in Anlehnung an die “fair use” bzw. im Sinne des §51 UrhG verwendet.

Einleitung

Natürlich ist alle Wissenschaft schwer, aber die Relativitätstheorie nicht etwa besonders, vielleicht sogar weniger als andere physikalische Theorien.

([deSitter32a, S. 152])

Obwohl Willem de Sitter in seiner Zeit ein sehr bekannter, anerkannter und geachteter Astronom war, existieren zu ihm bislang weder eine (wissenschaftliche) Biografie noch eine umfassende Bibliografie. Er geriet zwar nie ganz in Vergessenheit, jedoch sind halbwegs aktuelle, brauchbare biografische Veröffentlichungen zu seiner Person rar und hauptsächlich in lexigrafischen Werken zu finden.¹ Im Wesentlichen können detaillierte Informationen zu den Stationen seines Lebens und seinem Werk aus Würdigungen im höheren Alter sowie aus zahlreichen Nachrufen entnommen werden, jedoch sind durch verschiedene Schwerpunktsetzungen darin möglichst viele davon zu berücksichtigen, je genauer das Bild werden soll. Das biografische Werk *Een menschenleven*² von de Sitters Frau wies zwar in die richtige Richtung, ist aber sehr selektiv und verständlicherweise romantisch geschrieben, sodass es sich dadurch bei den anderen Quellen einreihet, anstatt einen solideren Ausgangspunkt zu bilden.

Das Werk de Sitters blieb nach seinem Tod 1934 sicher unter Astronomen und Kosmologen zu einem gewissen Grade stets präsent, verblasste aber stetig. Fällt heutzutage sein Name, dann wird dieser in erster Linie mit dem nach ihm benannten de Sitter-Raum (oder auch de Sitter-Universum) verknüpft. Im Rahmen einer Debatte mit Einstein (ca. 1916-1918), der sogenannten „Einstein – de Sitter Kontroverse“, war dieses Modell von de Sitter aufgestellt worden. Es fungierte als Gegenbeispiel zu dem von Einstein im Rahmen der Kontroverse aufgestellten kosmologischen Modell, der sogenannten „Einstein-Welt“, welches das erste, mit der ART verträgliche kosmologische Modell überhaupt war.³ Dieses wiederum war eine Reaktion auf Kritik von de Sitter gewesen, der die von Einstein zuvor gewählten Randbedingungen moniert hatte, woraufhin Einstein die Randproblematik durch aufstellen seines räumlich geschlossenen Modelles umgangen und somit die

¹Brauchbar scheinen mir [Schouten50] und die beiden Artikel im *Dictionary of Scientific Biography*, [Blaauw75] bzw. *Biographisch Woordenboek van Nederland*, [Blaauw85] zu sein, die beide vom selben Autor Adriaan Blaauw stammen, der de Sitter in seiner Studienzeit noch selbst erlebt hatte. Texte wie [Tenn94] oder [Murdin01] beispielsweise sind zwar jüngeren Datums, jedoch nur sehr knapp bzw. ohne Datumsangaben.

²[deSitter Suermondt40]

³Die namentliche Benennung der Weltmodelle erfolgte erst später. Im Rahmen ihrer kleinen Debatte sprach de Sitter von Modell A (Einsteins Vorschlag) und Modell B (sein eigener Vorschlag) bzw. von Modell C (flacher, euklidischer Raum).

relativistische Kosmologie begründet hatte.

Der Grundstein für die Kenntnisse um diese Ereignisse in all ihren Details, sowie die daraus resultierende neue Bekanntheit wurde 1975 durch die Entdeckung der Korrespondenz zwischen de Sitter und Einstein gelegt. Aufgrund einer Anfrage von Einsteins ehemaliger Sekretärin Helen Dukas, die Briefe von Einstein im Archiv der Leidener Sternwarte vermutete, wurde dort mit der Suche nach diesen begonnen. Durch die veröffentlichten Funde von Franz Kahn, damals Gastprofessor in Leiden und seiner Frau, wurde erstmals de Sitters großer Anteil an der Entwicklung der relativistischen Kosmologie wieder offenbar.¹ Allerdings wurde erst 1987, mehr als eine Dekade später, durch Pierre Kerszberg damit begonnen, die dann „Einstein – de Sitter Kontroverse“ genannte Diskussion genauer zu analysieren², was er zwei Jahre später in seinem Buch “The invented universe: The Einstein-de Sitter controversy (1916-17) and the rise of relativistic cosmology”³ (1989) zu einem vorläufigen Abschluss brachte.⁴ Wiederum etwa zehn Jahre später, 1998, wurden dann im Rahmen der *Collected Papers of Albert Einstein* (CPAE) unter anderem die Briefe zwischen de Sitter und Einstein veröffentlicht, sodass nun alle wesentlichen Quellen zugänglich waren.⁵ Auch jüngst wurde das Thema erneut aufgegriffen, was zeigt, dass es weiterhin präsent ist.⁶

Durch diese Veröffentlichungen, vor allem aber durch die Tatsache, dass es eine Verbindung zu Einstein gab, wurde der Bekanntheitsgrad⁷ de Sitters wieder gesteigert und dessen wichtige Beiträge zur Entstehung der relativistischen Kosmologie (inklusive seinem Weltmodell) im Rahmen der ART zur Kenntnis genommen und gewürdigt. Im Zuge dessen wurde auch de Sitters wichtiger Beitrag für die Verbreitung der ART während des Ersten Weltkrieges wieder in das Bewusstsein gerufen, was etwa durch Andrew Warwicks Buch zur Rezeption der RT in England, *Masters of Theory. Cambridge and the Rise of Mathematical Physics* (2003), gut dokumentiert wird.⁸ Durch die Kampfhandlungen waren direkte Verbindungen zwischen England und Deutschland abgerissen, und de Sitter konnte vom neutralen Holland aus als Vermittler fungieren. Er hatte Kontakt

¹Zu den Umständen der Suche und den gefundenen Archivalien siehe [Kahn75a] bzw. [Kahn75b]. Zwar war schon in [North67], einer sehr guten Aufarbeitung der Geschichte der Kosmologie, de Sitter ein Teil der Historie, jedoch wurden darin nur anhand der Veröffentlichungen das Geschehen verfolgt.

²[Kerszberg87b]

³[Kerszberg89b]

⁴Weitere Literatur zur Kontroverse: [Kragh96], [Smith82] oder [Janssenb].

⁵[Einstein98]

⁶Das aktuelle Buch „Einstein in Nederland“ (2006), [Rispen06] stellt m.E. die Tatsachen in Bezug auf das Verhältnis zwischen de Sitter und Einstein sowie der berühmten Einstein–de Sitter Kontroverse nicht den Tatsachen entsprechend dar (siehe Kapitel „Einstein en De Sitter“, S. 130-58). Weder war de Sitter Einstein in der Kontroverse überlegen, noch war ihr Verhältnis kühl. Nichts desto trotz stellt das Buch einen wichtigen Beitrag dar, denn es ruft die Wichtigkeit von Einsteins Beziehung zu Niederländern (Ehrenfest, Lorentz, de Sitter und Debye) in Erinnerung und bemüht sich, deren Platz in der Geschichte der ART ins rechte Licht zu rücken.

⁷Selbst in den Niederlanden scheint seine allgemeine Bekanntheit nicht besonders groß zu sein. Gefragt danach, ob und wie häufig de Sitters Enkel gelegentlich Erfahrungen der Art „Sind Sie verwandt mit...“ machen, wurde mit „selten“ beantwortet, [Int04].

⁸[Warwick03], nachzulesen auch in [Blaauw75], [Fölsing95, S. 490], [Crelinsten84, S. 22] oder [Kragh96, S. 11], um nur einige weitere zu nennen.

mit Arthur Stanley Eddington, dem er nicht nur Originalarbeiten Einsteins zuschickte, sondern auch eine eigene, in Englisch verfasste, einführende Artikelserie zur ART, welche als “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences”¹ in den *MNRAS* die neue Theorie dem englischsprachigen Sprachraum erstmals zugänglich machten. Sie enthielten nicht bloß eine Darstellung der Theorie, sondern insbesondere im dritten Teil wurden mit den aus der Kontroverse mit Einstein entstandenen kosmologischen Modellen auch de Sitters eigene Ideen eingebracht. Mit den Artikeln wurde durch de Sitter Interesse erzeugt: “De Sitter’s articles [...] had whetted the scientific appetite [...]”². Der Hunger der Leserschaft wurde alsbald von Eddington gestillt, denn nachdem er über de Sitter die Theorie erlernt hatte, begann er, selbst darüber zu schreiben. Speziell sein *Report on the Relativity Theory of Gravitation*³ von 1918, der den noch großen Einfluss de Sitters dokumentiert, bereitete eine weitere, solide Basis für die ART. Weil Einsteins Weltruhm im Wesentlichen auf dem Erfolg von Eddingtons Sonnenfinsternisexpedition von 1919 beruhte, wird de Sitter gelegentlich auch als deren indirekter Initiator angesehen.⁴ Dies ist zwar schon irgendwie gerechtfertigt, sollte aber nicht überbewertet werden.⁵ Einstein wusste, welchen Dienst de Sitter ihm und seiner Theorie erwiesen hatte:

Die englischen Fachgenossen haben nicht nur ausgezeichnete Arbeit geleistet sondern sich auch *vortrefflich benommen im menschlichen Sinne*. Heute bekam ich *sogar* von Eddington einen sehr lieben Brief, in dem er auch Herrn Freundlichsgedenkt. Bis jetzt habe ich mich nur in der Times in einem kleinen Artikel bei ihnen bedankt, weil ich bei den jetzigen Umständen nicht wusste, ob eine persönliche Ansprache möglich bzw. erwünscht sei. Jetzt aber sehe ich dass diese Männer wirklich über der Situation stehen. Diese Freude habe ich zum grossen Teile De Sitter zu verdanken, der die Theorie durch seine Arbeiten erst den Engländern erschlossen hat – ganz abgesehen von dem was er Neues hinzugefügt hat.⁶

De Sitters Veröffentlichungen zur ART verloren nach der Initialphase wieder an Bedeutung für die Einführung in die Thematik, weil sie durch umfassendere Lehrbücher wie etwa Eddingtons *The Mathematical Theory of Relativity*⁷ (1923) abgelöst wurden. In dem ein oder anderen Werk fanden sich noch Referenzen⁸, die Erinnerung daran schwand

¹[deSitter16], [deSitter17] und [deSitter18]

²[Clark71, S. 210]

³[Eddington20a]

⁴z. B. in [Jones35, S. 345]

⁵“Had de Sitter’s papers had no further effect, they would still have gone down in history as some of the most influential ever written.”, [Crea72, S. 180]

⁶Einstein an Fokker, nach 01.12.1919, [Einstein04, Doc 187], EA 9-260, Hervorhebungen im Original. Da sich Fokker zu dieser Zeit zusammen mit de Sitter in Arosa aufhielt (siehe Abschnitt 6.3.2) kam der Dank so vermutlich auch direkt bei de Sitter selbst an.

⁷[Eddington23]

⁸So zum Beispiel in Kottlers Beitrag zur *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen* (1922), [Kottler22], wo die drei berühmten Artikel in den *MNRAS* als „astronomisch wichtige“ Quellen genannt wurden oder später in Fokkers *Relativitätstheorie* (1929), [Fokker29], wo neben diesen noch weitere Arbeiten ([deSitter16a], [deSitter16b], [deSitter17e], [deSitter17d], [deSitter20b]) aufgelistet wurden.

aber stetig. Heutzutage taucht der Name de Sitters gelegentlich noch in Lehrbüchern auf, seine Präsenz ist aber eher untergeordnet.

Im Gegensatz zu den vorstehend aufgeführten sehr bekannten Dingen im Rahmen der Einstein – de Sitter Kontroverse wurden seine weiteren Tätigkeiten bislang kaum beachtet oder wissenschaftshistorisch aufgenommen. Neben seinem gesamten rein astronomischen Werk und seinen zahlreichen kosmologischen Beiträgen ab 1930 meine ich hier im Kontext meiner Arbeit insbesondere seine Beschäftigung mit den Vorstufen und Vorläufern der ART sowie verwandten Themen. Dies wird meist nur erwähnt oder kurz zur Kenntnis genommen, und selbst in den Arbeiten zur Kontroverse, in denen de Sitter eine Hauptperson des Interesses ist, flankieren sie nur das Hauptthema.¹ Allgemein stellt es sich in der aktuellen Literatur so dar, dass man den Grad der Behandlung in drei Stufen einteilen kann: A) Keinerlei Erwähnung², B) kurze Anspielungen ohne Details³ oder C) ausführlichere Betrachtung, die dem „relativistischen Frühwerk“ viel gerechter wird, aber in einem anderen Kontext und nicht auf de Sitter zentriert.⁴ De Sitter ist in letzteren Fällen eben nur ein Teil der Geschichte.

Als Hauptursache erscheint mir hier die äußerst starke Fokussierung auf Einstein, die in der Forschung zu den Relativitätstheorien auf der Hand liegt ist. Selbstverständlich ist Einstein *die* zentrale Figur, aber er ist auch nicht alles. Ausgehend von der Publikation der Einsteinschen Werke und Korrespondenz in der Reihe *Collected Papers of Albert Ein-*

¹Siehe etwa [Kerszberg87b, S. 63] bzw. [Kerszberg89b, S. 137-9]. In Letzterem sind es zwei von 400 Seiten, um einmal die Relationen darzustellen.

²Beispiele: In [Lämmerzahl05, S. 81] etwa wird die von de Sitter verwendete Doppelsternbetrachtung genannt, sein Name hingegen nicht, ebenso in [Goldberg84, S. 271f]. In [Goenner96] wird diese Methode zwar in Kapitel 1.4.1 „Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle“ (S. 21ff) erklärt, jedoch ohne Bezug zu de Sitter (bzw. Comstock, der sie zuerst vorgeschlagen hatte, siehe Abschnitt 2.2.1). Nach [Hentschel97, S. 20/23] könnte man den Anschein bekommen, dass Freundlich Urheber der Idee war (und nicht, dass er darauf reagiert hatte), obwohl in einer Fußnote auf de Sitters Veröffentlichungen dazu verwiesen wird.

³Beispiele: “Poincaré’s Lorentz-invariant modification of the Newtonian formula was studied by de Sitter (1911) who showed that it would lead to a secular advance in the perihelion of each planetary orbit, but that this was insufficient to account for the observed motion in the case of Mercury, where the effect would be greatest.”, [Whitrow65, S. 4f]. “[I]ndeed, it [gravitational absorption] provided a cosmological apprenticeship for Willem de Sitter, who in 1909 and 1913 made a critical study of the principle and of its application by K.F. Bottlinger, a pupil of von Seeliger’s. [...] From about 1911, de Sitter occupied himself with the potential repercussions of relativity theory on practical astronomy. He interested himself in a variety of fundamental problems, such as the interrelationship of Mach’s Principle and general covariance, the Ritz theory of light emission, and the astronomical relevance of the relativity of time.”, [North90, S. 14f]. Exakter wäre die Formulierung “who in 1909 made a critical study of the principle and in 1913 one of its application by K.F. Bottlinger”, siehe Abschnitt 2.1.3. Ähnlich in [Rynasiewicz05, S. 71].

⁴Beispiele dafür sind: [Andrade Martins99] (eigentliches Thema: Absorption von Gravitation), [Roseveare82] (Merkurperihelbewegung), [Norton04] (Ritzsche Theorie/Konstanz Lichtgeschwindigkeit), [Pyenson85, S. 230] (Abschnitt zu Einsteins Zusammenarbeit mit Freundlich), [Warwick03, S. 453-5] (Aufstieg der mathematischen Physik in Cambridge, u.a. am Beispiel der Relativitätstheorie(n)), [Crelinsten84, S. 10-11] (W.W. Campbell und die Relativitätstheorie), [Crelinsten06, S. 38-40] (experimentelle Überprüfungen der ART) oder [Katzir05b] (Poincarés relativistische Gravitationstheorie). In [Earman93a] wird nicht so ausführlich wie in den zuvor aufgelisteten Werken auf de Sitter (Merkurperihelbewegung) eingegangen.

*stein*¹, welche eine überaus solide Basis bildet und sukzessive seit 1987 das vorhandene Material zusammengefasst verfügbar macht² (es sind bei weitem noch nicht alle Dokumente erschienen³), wurden seit Ende der 1980er Jahre zahlreiche Untersuchungen rund um Einstein angestellt. In Bezug auf die ART wurden meist basierend auf Konferenzen parallel dazu Forschungsarbeiten zur ART in den *Einstein Studies*⁴ zusammengefasst. Diese markieren und dokumentieren hierzu den Hauptstrang der Forschung, wenngleich auch an anderen Orten weitere Beiträge erschienen sind und erscheinen. Als sehr starke Zentren der Forschungen lassen sich Fragestellungen ausmachen wie „Wie hat Einstein die endgültige Theorie gefunden?“, „Welche Fehler hatte er in der Entwurf-Theorie gemacht?“, „Was waren seine Leitideen?“, „Welche Rolle spielte das Machsche Prinzip?“ oder „Allgemeine Kovarianz als Motivation für die ART?“. Es wäre ungerecht zu sagen, es wäre ausschließlich die Person Einsteins betrachtet worden, aber man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass vieles neben ihm in seinem Schatten erscheint, durch ihn und sein vermeintliches Genie überstrahlt wird und dadurch in den Hintergrund tritt. Es wird zwar über den Tellerrand geschaut, aber dabei bleibt es oft. Im aktuell erschienenen *The Genesis of General Relativity*⁵ haben nun die vermeintlichen Nebenfiguren prominentere Plätze bekommen, denn man kam offenbar zu der Erkenntnis, wie wichtig äußere Einflüsse auf die Entwicklung der ART waren und dass es keine one-man show war.

In manchen Darstellungen, die die spezielle oder allgemeine Relativitätstheorie behandeln, entsteht oft der Eindruck, Einsteins Theorien wären schlagartig nach 1905 bzw. 1915 etabliert gewesen. Diese verzerrte Sichtweise trifft natürlich nicht zu, denn auch nach 1919 und dem Erfolg der Sonnenfinsternisexpedition war die ART noch von einer breiten Akzeptanz entfernt und nur wenige Astronomen und Physiker konnten zu dieser Zeit behaupten, sie zu beherrschen (diejenigen, die es konnten, kamen im Wesentlichen aus Leiden oder Göttingen bzw. Cambridge).⁶ Dies wird schnell offenbar, wenn man die Rezeptionsgeschichte einmal detailliert aus historischer Perspektive betrachtet.⁷ Bei der Frage nach Aufnahme der Theorien in den akzeptierten „Kanon“ muss man neben der temporalen Komponente ebenso die lokale Komponente berücksichtigen, denn was zu einer bestimmten Zeit an einem bestimmten Ort gilt muss für einen anderen Ort zu einer anderen Zeit nicht zutreffen. Zusätzlich kann man noch danach fragen, ob nicht nur die „fertige“ Theorie in ihrer finalen Fassung oder bereits im Vorfeld der Entstehungsprozess durch andere mitverfolgt wurde, gegebenenfalls auch in aktiver Teilnahme.

¹Zusammengestellt vom Einstein Papers Project, veröffentlicht von Princeton University Press.

²Über die Einstein Archives Online unter www.alberteinstein.info können inzwischen die Bestände abgefragt werden, teilweise sind sogar Quellen in digitaler Form abrufbar.

³Abgedeckt wird bislang der Zeitraum von 1879-1920.

⁴erschienen bei Birkhäuser (Springer)

⁵Renn, Jürgen (Hrsg.). *The Genesis of General Relativity*, Band 250 der Boston Studies in the Philosophy of Science. Springer, 2007.

⁶vgl. [Douglas56, S. 44] bzw. [Warwick03, S. 477]

⁷Dies gilt vermutlich ganz allgemein, unabhängig von der hier betrachteten, auch für andere Theorien, da der Übergang von einer bestehenden zu einer neuen Theorie zwar immer einen Bruch darstellt, ihre überwiegende oder vollständige Akzeptanz innerhalb der Community aber ein längerer Prozess sein dürfte.

Sortiert man solche Rezeptionsstudien einmal hierarchisch, so könnte man zunächst Studien auf nationaler Ebene betrachten, dann „hereinzoomen“ zu den (inter)nationalen Forschungsstätten und sich auf höchster Detailstufe dann einzelne Forscher herauspicken. Für die Relativitätstheorie (in beiden Ausprägungen) liegen eine Reihe von Studien vor, die auf diesen Stufen ansetzen.¹ Für die ART ist besonders auffallend, dass zwar recht viele Rezeptionsstudien vorliegen, aber einige sehr zentrale Orte und Personen noch nicht in dem Maße berücksichtigt worden sind, wie es ihrer Wichtigkeit entspräche.

Prominentestes Beispiel dafür ist Leiden, der Ort, an dem die ART zunächst *am intensivsten und fast ausschließlich* rezipiert wurde, und der ein äußerst wichtiges Zentrum der Wissenschaft² in der damaligen Zeit war. Bisherige Untersuchungen dazu sind recht oberflächlich oder decken nur einen Teil der Beteiligten ab. Der Fokus lag dort bislang auf Lorentz bzw. Ehrenfest, was die tatsächlichen Gegebenheiten aber nur verzerrt wiedergibt. De Sitter trat dabei nur im Zusammenhang mit relativistischer Kosmologie bzw. seiner Kritik an Einsteins Konzepten (Grenzbedingungen im Unendlichen, Machsches Prinzip) in Erscheinung, eine umfassendere Beleuchtung seiner Rolle fehlte bislang. Auch die Beiträge weiterer Leidener Physiker wie Fokker oder Droste wurde noch nicht hinreichend analysiert. Des Weiteren ging der bisherige Trend dahin, überwiegend die Aufnahme der ART zu berücksichtigen, als hätte es keine Vorstufen oder konkurrierende Theorien gegeben. Dazu fehlen Studien, die etwa die Einstein-Grossmannsche Entwurftheorie in den Mittelpunkt stellen und die Fragen beantworten, wer sich wann und wo dafür interessiert hatte. Solche Studien würden helfen, einen Kontext für die Rezeption der ART zu schaffen. Anders als durch Einstein übertrieben dargestellt, gab es nämlich sehr wohl einige Interessenten, die die Entwicklung genau verfolgten.

Ziele

Wie im Vorstehenden gezeigt, existieren noch zahlreiche nicht bzw. kaum bearbeitete Bereiche zur Geschichte der Relativitätstheorien. Mein Beitrag konzentriert sich auf de Sitter, wozu ich ihn ins Zentrum meiner Untersuchung rücke. Er tritt so weiter aus dem Schatten von Einstein heraus und es wird möglich, den Stellenwert seiner Arbeiten und seine Rolle für die Rezeption der Relativitätstheorien besser und neu einzuschätzen.³

Der betrachtete Zeitraum umfasst etwa 1908 bis 1920, gelegentlich wird jedoch auch auf Quellen außerhalb zurückgegriffen, wobei es sich dabei meist um Veröffentlichungen allgemeinerer Art oder „allgemeinverständliche“ Arbeiten handelt, die neben Fakten oftmals auch persönliche Ansichten und Einstellungen de Sitters transportieren, welche aus seinen rein wissenschaftlichen Arbeiten nur schwerlich herauszulesen sind. Um den Rahmen nicht zu sprengen, wird nur rudimentär über de Sitters astronomisches Werk berichtet, seine Beiträge zur Kosmologie aus der Zeit 1920-1934 bleiben komplett außen

¹z. B. [Glick87b], [Crelinsten06], [Kox92], Rowe, David, “The Göttingen Response to General Relativity and Emmy Noether’s Theorems”. In Gray, Jeremy, *The Symbolic Universe. Geometry and Physics, 1890-1930*. Oxford, 1999, S. 189-234, [Kox89], [Sánchez-Ron92], [Warwick03] oder [Havas99]

²siehe z. B. [Struik73, S. 8f]

³Damit wird der von George F. R. Ellis beschriebenen Gefahr entgegengearbeitet: “On the one hand we easily (with hindsight) read into the history what was not there, and on the other hand, the history has to some extent been hidden or distorted in documents that are widely read.”, [Ellis90, S. 105].

vor und auf viele, bereits umfangreich bearbeitete Themen wie etwa die Einstein – de Sitter Kontroverse wird lediglich verwiesen.

Neben den inhaltlichen Zielen werden erstmals in großem Umfang Materialien von und zu de Sitter zusammengetragen. Dazu zählen biografische Informationen, eine relativ umfassende Auflistung seiner Veröffentlichungen, eine Zusammenstellung der Nachrufe auf ihn, vereinzelte Fotos sowie eine Teilmenge seiner Korrespondenz – ohne Anspruch auf Vollständigkeit. All dies musste aus vielen verstreuten Orten zusammengeführt werden und stellt eine Bestandsaufnahme dar, welche einerseits einen besseren Überblick über Leben und Werk de Sitters ermöglicht, und andererseits eine Basis für weitere Untersuchungen bilden soll (siehe Abschnitt „Zusammenfassung und Ausblick“). Dadurch, dass nur ein Teil der in den Archiven schlummernden Materialien ausgewertet werden konnte, ist es auch eine Momentaufnahme, die durch spätere Studien weitere Modifikation, Vervollständigungen oder Korrekturen erfahren wird.

Um in der Arbeit an zahlreichen Stellen Neuland betreten zu können bzw. durch Neubetrachten von bekanntem Material (auch) aus einem anderen Blickwinkel neue Einsichten gewinnen zu können, bin ich „ad fontes“ gegangen. Dies bedeutet zum einen, dass ich mich selten mit Darstellungen von wichtigen Quellen in der Sekundärliteratur zufrieden gegeben und diese überwiegend im Original angeschaut habe. Dabei habe ich mich ganz bewusst darauf eingelassen, recht häufig auch länger Zitate in den Text einfließen zu lassen. Dies hat Vorteile: Der Leser kann sich selbst ein Bild von Quellen machen, die ihm vielleicht sonst umständlicher zugänglich wären, die durch Paraphrasierung gegebene Gefahr einer Sinnentstellung kann an diesen Stellen nicht auftreten, es können auch Informationen, die „zwischen den Zeilen“ stehen entnommen werden (manchmal ist es eben entscheidend, *wie* etwas gesagt wird) und es wird eine höhere Authentizität erreicht, wenn die Beteiligten selbst zu Wort kommen.

Zum anderen bedeutet der Gang zu den Quellen, dass ich einiges an bisher unbekanntem Material gesichtet, analysiert und verwendet habe. Zu einem großen Anteil sind dies Briefe, die zwischen den Hauptfiguren ausgetauscht wurden. Einen ebenso großen Anteil nehmen Notizbücher de Sitters ein, deren Inhalte vielfach die größten Neuerkenntnisse ermöglichen. Damit folge ich offenbar einem neuen Trend in der wissenschaftlichen Historiografie, der sich erst in der jüngeren Vergangenheit entwickelt hat bzw. in das Bewusstsein der Forscher getreten ist.¹ Die Verwendung von Notizbüchern als Quellen wird allgemein nun als Möglichkeit gesehen, neue Standards in der Wissenschaftsgeschichte setzen zu können, da durch sie bisher unbetretenes, historisches Terrain erschlossen werden kann, das einen neuen Einblick in epistemologische Fragestellungen gewährt. Bislang wurden sie als Quellen überwiegend vernachlässigt, tauchen meist, wenn überhaupt, nur als Fußnoten auf:²

For a successful analysis, the modern interpreter must bridge the gulf between the notes that survive and their original context which has disappeared, reconstruc-

¹Zu dieser neuen „Disziplin“ siehe [Holmes03c], insbesondere die Einleitung. Bei den darin betrachteten Beispielen handelt es sich überwiegend um Labor-Notizbücher zu Versuchsreihen, Messungen und ähnlichem. Dennoch sind die Kernaussagen und Erkenntnisse auch auf andere Fälle übertragbar.

²[Holmes03b, S. vii]

ting the knowledge, the skills, the objects, and the instruments that were taken for granted by the author of the notebook. To gain access to this implicit background knowledge, it is necessary to go beyond the notebook itself, to exploit other sources such as published papers, contemporary textbooks, institutional records, biographical information, and material artefacts.¹

Durch meine Dissertation werden neue Einblicke und Erkenntnisse gewonnen, die bei alleiniger Verwendung von publizierten Quellen nie zutage hätten treten können.

Die Arbeit ist in sechs Kapitel unterteilt, deren Inhalte und Ziele im Folgenden skizziert werden. Ihre Abfolge orientiert sich an der chronologischen Entwicklung in der Physik, die von der SRT, skalaren Gravitationstheorien über den Einstein-Grossmannschen Entwurf hin zur endgültigen ART führte.

Kapitel 1

Zur Einführung wird zunächst kurz die Person de Sitters vorgestellt und ein schneller Überblick über sein Leben und Werk gegeben (Abschnitt 1.1). Man erkennt rasch, dass er ein sehr vielseitig interessierter Astronom war. Seine Interessen- und Arbeitsgebiete überstreichen viele Bereiche, sodass die überblicksartige Darstellung (Abschnitt 1.3) auch nur als solche zu verstehen ist:

His intellectual activities cover so wide a range and penetrate so deeply and so minutely into practical astronomy and the mathematical theories to explain what is observed that only an intensive study of his brilliant work could do justice to the greatness of the man.²

Sehr wichtig ist in de Sitters Biografie, dass er zunächst Mathematik und Physik studiert hatte und erst durch den Einfluss des Astronomen David Gill, für dessen Freund und Kollegen Jacobus Cornelius Kapteyn de Sitter in Groningen als Student arbeitete, zur Astronomie kam (Abschnitt 1.2). Dies erklärt, warum er in der Hauptsache ein theoretischer Astronom war, der viel mehr Zeit mit der berechnenden Auswertung (reduction) von Beobachtungsergebnissen verbrachte als an Teleskopen. Dies erklärt auch, warum de Sitter als einer von wenigen Astronomen in der Lage war, die ART so schnell zu verstehen und anzuwenden: Wie Karl Schwarzschild, Erwin Freundlich oder Arthur Eddington hatte er einen ausreichenden mathematischen Hintergrund.³ Auch wenn in der Kontroverse mit Einstein viele mathematische Probleme den Kern der Auseinandersetzung bildeten, wie ich bereits früher gezeigt habe⁴, konnte de Sitter sich dadurch hauptsächlich mit den Anwendungen, Auswirkungen, Konsequenzen und Folgerungen der ART befassen und musste sich weniger mit den algebraischen Grundlagen beschäftigen.

Kapitel 2

Um de Sitters Beiträge zur Allgemeinen Relativitätstheorie besser verstehen, einordnen und bewerten zu können ist es notwendig und sinnvoll, sie nicht nur in ihrem zeitlichen

¹[Holmes03b, S. xi]

²Aus der Laudatio anlässlich der Verleihung der Watson Medaille an de Sitter, [Leuschner29, S. 10].

³Zu diesen siehe [Douglas56], [Warwick03], [Döbrich99], [Schemmel05] und [Hentschel97].

⁴[Röhle02]

und thematischen Kontext, sondern auch im Kontext seiner vorausgegangenen Publikationen zu betrachten. Nur so kann ein Gesamtbild seiner Beschäftigung mit Relativität entstehen. Dabei lassen sich Anknüpfungspunkte finden, die die bislang kaum beachteten früheren Arbeiten mit den späteren verbinden, sodass man Kontinuitäten („roter Faden“) erkennt. Es wird gezeigt, dass de Sitter sich schon *vor* seiner Beschäftigung mit der ART, auf die er oftmals reduziert wird, mit Fragen zu Gravitationstheorien beschäftigt hatte. Schon 1908 hatte er in seiner Antrittsrede in Leiden Interesse an Gravitation bekundet. Er vermutete damals, dass es die beobachteten Abweichungen vom Newtonschen Gesetz sein würden, die den Weg zu einem erneuerten Gesetz, einer besseren Erklärung, weisen würden – womit er goldrichtig lag. Explizit nannte er hier die Abweichung in der Merkurbewegung, die sich durch meine Untersuchung als *der* rote Faden entpuppte, der von dieser Rede hin zu seinen drei berühmten Arbeiten “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences” in den *MNRAS* führte.

Seine konkreten Arbeiten bezogen auf Relativitätstheorie im Zeitraum von 1909-1913 lassen sich in zwei Themenkomplexe einteilen. Der eine, der sich im gesamten Zeitraum wiederfindet, umfasst Fragen, die direkt die Gravitation und das Gravitationsgesetz betreffen (Abschnitt 2.1). Diese Beschäftigung zerfällt ihrerseits in drei Unterprobleme, die alle mit der Thematik der Erklärung von beobachteten Abweichungen verbunden sind: 1) Skalare Gravitationstheorie nach Poincaré/Lorentz, 2) Zodiakallichthypothese Hugo von Seeligers und 3) Absorption von Gravitation. Bei der ersten Fragestellung ging es darum, ob skalare Gravitationstheorien nach Poincaré/Lorentz (die das RP erfüllen) zu Vorhersagen führen würden, welche einer astronomischen Prüfung zugänglich wären (Abschnitt 2.1.1). Wie mehrere Einträge in einem Notizbuch zeigen, hatte er sich schon Ende 1909 mit dem Thema befasst, aber erst 1911 dazu einen Artikel veröffentlicht. Darin stellte sich heraus, dass nur in der Perihelbewegung des Merkur ein theoretischer Effekt in messbarer Höhe zu erwarten wäre, der jedoch nicht die Größenordnung erreichte, welche zur Erklärung der real beobachteten Abweichung ausreichen würde. Der zweite Bereich waren seine Versuche, zu einer Übereinstimmung von Theorie und Beobachtung bei den inneren vier Planeten zu gelangen. Er zeigte, dass man sowohl mittels der etablierten Hypothesen Hugo von Seeligers zu einer zufriedenstellenden Erklärung der Abweichungen kommen konnte, als auch durch Modifikation und Kombination dieser Hypothesen mit dem RP, sodass auch hier keine Möglichkeit bestand, das RP als experimentell verifiziert anzusehen (Abschnitt 2.1.2). Das dritte Problemfeld basierte auf einer weiteren Vermutung von Seeligers zur Erklärung der auch in der Mondbewegung vorhandenen Abweichungen (Abschnitt 2.1.3) zwischen Theorie und Messung. Es wurde von diesem angenommen, dass die Anziehungskraft zwischen zwei Körpern durch einen dazwischentretenden, dritten Körper etwas abgeschwächt werden würde, und sich dadurch Differenzen zu den Newton/Keplerschen Bahnen ergeben müssten. Trotz de Sitters (und Kurt Felix Bottlingers) Bemühungen ließ sich ein solcher Effekt jedoch nicht nachweisen.

Der andere übergeordnete Themenkomplex (1913) beschäftigt sich mit der Frage nach empirischen Belegen für die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle (Abschnitt 2.2). Er suchte und fand nach Nachbesserung einen astronomischen „Beweis“ dafür durch Ausnutzen der Bewegung von Doppelsternen und kam

zu dem Ergebnis, dass die Lorentz/Einsteinsche Theorie der Ritzschen vorzuziehen sei (Abschnitt 2.2.1). Da diese Thematik später (1924), angestoßen von Michele La Rosa und umrahmt von weiteren Angriffen auf Einstein und seine Theorien erneut aufgegriffen worden war, habe ich der Vollständigkeit halber auch diese Diskussion mit aufgenommen, obwohl sie eigentlich außerhalb des von mir betrachteten Zeitraums liegt (Abschnitt 2.2.2).

Insgesamt wird in diesem Kapitel deutlich, dass de Sitter schon vor der Vollendung der ART bemüht war, mittels astronomischer Beobachtungen theoretische Vorhersagen zu überprüfen (wenn auch nicht unbedingt mit dem vielleicht erhofften Resultat) und sich mit dem Thema RP und Konstanz der Lichtgeschwindigkeit auseinandergesetzt hatte.

Kapitel 3

In diesem Kapitel wird die Rezeption der ART behandelt. Dies umfasst sowohl den ersten Ansatz, der gemeinhin als Einstein-Grossmannsche Entwurftheorie bezeichnet wird (1913-15, Abschnitt 3.1.1), als auch die daraus entstandene endgültige Theorie (ab Ende 1915, Abschnitt 3.1.2). Obwohl Einstein selbst immer davon sprach, dass sich niemand für seine (Entwurf)Theorie interessiere, darf man dies nicht überbewerten. Es wird gezeigt, dass es sehr wohl Interesse an seinen Ideen gab - auch schon vor 1916 (Abschnitt 3.1).

Zunächst war Zürich, wo Einstein zwischen 1912 und 1914 arbeitete und zusammen mit dem Mathematiker Marcel Grossmann den ersten Ansatz der ART ausgearbeitet hatte, der Ort, an dem seine Ideen auch von anderen verfolgt wurden (Abschnitt 3.1.1). Gunnar Nordström, der eine konkurrierende Theorie entwickelt hatte, hielt sich dort auf, ebenso wurde Einstein von seinem Freund Paul Ehrenfest besucht, der in dieser Zeit bereits in Leiden die Nachfolge Lorentz' angetreten hatte, welcher wiederum seinen Studenten Adriaan Fokker für eine Zeit nach Zürich geschickt hatte. Ehrenfest hatte bereits früher mit Einstein über dessen Ideen zur Gravitation gesprochen und ließ sich bei seinem Besuch auf den neuesten Stand bringen. Fokker wiederum verfasste in Zürich mit Einstein zusammen eine Arbeit über die Nordströmsche Theorie, wobei er sowohl diese als auch Einsteins Theorie kennenlernte.

Neben Zürich wurden Einsteins später zur ART führenden Ideen auch an anderen Orten verfolgt (Abschnitt 3.1). In Göttingen setzte die Beschäftigung erst nach Einsteins Besuch im Sommer 1915 ein, wo zunächst hauptsächlich David Hilbert, später auch Felix Klein und Emmy Noether ihre Geisteskraft Einsteins Theorien widmeten. In Wien war bereits die SRT auf fruchtbaren Boden gefallen und Einstein hatte mit seinem dortigen Vortrag „Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems“¹ (1913) das Interesse nun auf seine neueste Theorie gelenkt. Friedrich Kottler konnte allerdings aufgrund des hereinbrechenden Krieges seinem Interesse zunächst nicht nachgeben, dies aber später nachholen. Zur ART gab es aus Wien zahlreiche Beiträge, unter anderem von Ludwig Flamm, Erwin Schrödinger, Josef Lense und Hans Thirring, nicht zu vergessen auch der Wiener Kreis um Moritz Schlick, der philosophische Akzente dazu setzte. In Italien gab es hauptsächlich zwei Personen, die sich mit Relativitätstheorie beschäftigten: Tullio Levi-Civita und der „Exildeutsche“ Max Abraham. Letzterer hatte eine eigene

¹[Einstein13]

Gravitationstheorie entwickelt, welche von Einstein kritisiert wurde. Daraufhin zeigte Abraham seinerseits auf die kritischen Stellen der Einsteinschen Vorstellungen. Durchaus begründete Kritik kam auch von Levi-Civita, mit dem Einstein sich ebenfalls kritisch konstruktiv auseinandersetzte. In Berlin war es zunächst Erwin Freundlich, der Gefallen an diesen gefunden hatte und bereits ab 1911 Versuche unternahm, Vorhersagen der Vorgänger einer astronomischen Prüfung zu unterziehen, was leider (oder zum Glück?) misslang. Obwohl Einstein 1914 von Zürich nach Berlin übersiedelte, blieben dort die Reaktionen von Max Planck oder Max von Laue anfangs eher skeptisch, schlussendlich ließen sie sich aber durch die endgültige Theorie überzeugen.

Mit Einsteins Umzug nach Berlin verschob sich das Zentrum der Rezeption nach Leiden. Hier hatte Hendrik Antoon Lorentz die Einsteinschen Versuche einer neuen Gravitationstheorie seit 1911 mitverfolgt. Er war ebenso wie Ehrenfest über die Entwurftheorie im Bilde gewesen (siehe Abschnitt 3.1.1). Auch de Sitter kannte Einsteins Bemühungen bis hin zum Entwurf, wie man Einträgen seiner Notizbücher entnehmen kann. Er hatte zwar mit Lorentz darüber korrespondiert und diesem sogar die von der Entwurftheorie vorhergesagte Periheldrehung des Merkur (18") postalisch mitgeteilt, sich aus verschiedenen Gründen aber noch nicht für die Vorgängertheorien begeistern können, wie Bemerkungen in einem Notizbuch nun offenbaren. Neben Veröffentlichungen von Lorentz zur Entwurftheorie gab es weitere von seinem Studenten Johannes Droste, die alle in den Niederlanden erschienen. Obwohl Fokker, der sich zeitweise in England aufgehalten hatte, dort auch eine Einführung in die Entwurftheorie in englischer Sprache publiziert hatte, wurde dadurch keinerlei Interesse im englischsprachigen Raum hervorgerufen. Da also in Leiden bereits Interesse vorhanden war, war es nur konsequent, dass man sich nach Fertigstellung der ART auch dafür interessierte und sich *zügig* einarbeiten konnte. Lorentz' Vorlesung zur ART bildete die Basis, um die herum sich Ehrenfest, de Sitter, Droste, Fokker und Nordström das neue Wissen aneigneten. Diese hatten auch untereinander regen Kontakt und vertieften ihre Kenntnisse in Gesprächen und zahlreichen Briefen, was an Beispielen aus der Korrespondenz zwischen de Sitter, Lorentz und Fokker aufgezeigt wird (Abschnitt 3.1.2).

Bisher war die Aufmerksamkeit für die Aufnahme der ART in Leiden hauptsächlich auf Lorentz gerichtet, aber wie ich unterstreiche, war de Sitter nicht minder wichtig gewesen. Nicht zuletzt deshalb, weil er ja während und nach Einsteins Besuch im Herbst 1916 diesen mit seiner Kritik dazu antrieb, umzudenken, was gemeinhin unter der viel zitierten Einstein – de Sitter Kontroverse subsummiert wird. Aufgrund neu gefundener Quellen, darunter Einträge in Notizbüchern de Sitters sowie ein bislang unbekannter Brief von de Sitter an Einstein, wird die Anfangsphase der Kontroverse noch klarer – die darin diskutierten Probleme noch transparenter. Durch Gesprächsnotizen, welche von de Sitter festgehalten wurden, sind außerdem die Inhalte zweier zugehöriger Unterredungen, die in Leiden während Einsteins Besuch stattgefunden haben, nun bekannt. Bislang wusste man von *einem* Treffen, kannte aber die Teilnehmer (Einstein, de Sitter, Ehrenfest und Nordström) nicht und war bezüglich des Inhalts auf indirekte Angaben und Indizien angewiesen. Im Zusammenhang mit der Kontroverse wird weiterhin gezeigt, dass de Sitter nicht komplett selbstständig mit Einstein diskutiert hatte, sondern sich im Hintergrund bei verschiedenen Fragestellungen Hilfe von anderen hat zukommen lassen,

so zum Beispiel von Lorentz, mit dem er über Teilprobleme korrespondiert hatte. Quasi nebenbei wird bei alledem der Besuch Einsteins in Leiden detaillierter beschrieben, als es bislang zu finden war.

Um den Bericht über die Rezeption in Leiden abzurunden, wird noch überblicksartig über die dort verfassten Veröffentlichungen berichtet, um die groben Richtungen zu vermitteln, die darin eingeschlagen wurden.

Auffallend ist, und dass möchte ich hier betonen, dass trotz der enormen Wichtigkeit etwa der Rezeption der Entwurftheorie im Allgemeinen oder der Leidener Rezeption im Speziellen *bislang keine bzw. nur oberflächliche Untersuchungen dazu existieren!* Umso wichtiger ist daher meine, sicher auch noch nicht ausreichende Schilderung der Rezeption in ihrer *Kontinuität*, was zusätzlich zeigt, dass es eigentlich keine der oftmals angenommenen Brüche zwischen der Aufnahme von SRT, sogenannter Entwurftheorie und ART gegeben hat. Es war ein mehr oder weniger kontinuierlicher Prozess, an dem auch de Sitter teilgenommen hatte, denn auch bei ihm liegt eine fließende Beschäftigung mit Einsteins Ideen vor. Fast alles setzt konsequent früher begonnene Wege fort.

Kapitel 4

Die Rolle de Sitters für die Verbreitung der ART nach England während des Krieges wurde in dem bereits erwähnten Buch von Warwick schon recht umfangreich dargestellt. Mir war es trotzdem wichtig, seine Korrespondenz mit Eddington aus dieser Zeit noch detaillierter zu betrachten, um den Prozess des Wissenstransfers und vor allem de Sitters Rolle darin besser verstehen zu können (Abschnitt 4.1). Es wird gezeigt, welche Wichtigkeit de Sitter für Eddington hatte, wie dieser über de Sitter die ART erlernte und wie er sich von diesem löste und eigene Veröffentlichungen anfertigte. In diesem Kontext treten auch die *großen Unterschiede* zutage, die die Rezeption in Leiden und Cambridge aufweisen. Die Reaktionen in England auf de Sitters und Eddingtons Veröffentlichungen werden anhand zweier exemplarischer Debatten betrachtet. In Eddingtons Beiträgen zu diesen wird schnell deutlich, welche wichtige Rolle er für die Verbreitung und Verteidigung der Theorie ausfüllte. Weiterhin wird gezeigt, dass Eddington wie de Sitter auch schon vor 1915/16 mit relativistischem Gedankengut in Kontakt gekommen war und ebenso wie de Sitter ein starkes Interesse an der Gravitation *an sich* an den Tag gelegt hatte.

Kann man de Sitters entscheidenden Anteil an der Verbreitung der ART nach England ergänzt um die Ausführungen dieser Arbeit als weitgehend dokumentiert betrachten (Abschnitte 4.1 und 4.2), traf dies bisher nicht auf die weitere Verbreitung, beispielsweise in die Vereinigten Staaten, zu. Auch hier waren de Sitters Veröffentlichungen oft die einzige Zugangsmöglichkeit zu Einsteins ART, wenngleich Eddingtons Publikationen gleichauf lagen und man trotz Krieg und Entfernung gelegentlich sogar auf Einsteins Originalveröffentlichungen zurückgreifen konnte, wie gezeigt wird (Abschnitt 4.2).

Auch nach dem Krieg war de Sitter noch als Experte gefragt. Dies wird durch eine Anfrage Kottlers, eine der Hauptfiguren der Wiener Rezeption, dargestellt. Er hatte de Sitter 1921 um die kritische Durchsicht einer Abhandlung für die *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen* gebeten.¹

¹[Kottler22]

Abgeschlossen wird das Kapitel durch einen kurzen Vergleich ausgewählter Punkte zu Eddington und de Sitter. Neben etlichen Gemeinsamkeiten, etwa in ihrer Akzeptanz der ART und ihrer internationalen Ausrichtung, treten deutliche Unterschiede gerade im Hinblick auf ihre Interpretation der ART sowie ihrem religiösen Hintergrund zutage.

Kapitel 5

In dieses Kapitel wurden zentrale Themen ausgegliedert, die die Chronologie der vorhergehenden Kapitel durchbrechen würden. Der de Sitters Werk zur RT durchziehenden Merkurperiheldrehung wird ein eigener Abschnitt gewidmet, um noch einmal zusammenhängend *die Kontinuität* herausarbeiten und betonen zu können (Abschnitt 5.1). So lässt es sich besser verfolgen, und zeichnet separat seinen Weg zur ART aus dieser Perspektive nach. Eng mit der durch die ART erklärten Abweichung in der Bahn des Merkur (der sog. erste Test der ART) ist auch de Sitters Akzeptanz der Theorie verbunden. Dass de Sitter so schnell schon „von Innen heraus“ von der ART überzeugt war wie nach ihm Eddington, hing nicht zuletzt damit zusammen, aber es gab weitere Faktoren wie seine mathematischen Wurzeln, die dazu beigetragen hatten (Abschnitt 5.2).

Bei der Betrachtung von de Sitters wissenschaftlicher Grundauffassung (Abschnitt 5.3) wird keine umfassende Analyse angestrebt. Vielmehr handelt es sich dabei um eine Sammlung von Positionen, Einstellungen und Einschätzungen – Beispiele, die mir während des Lesens seiner Werke aufgefallen sind. Da sich seine Standpunkte während seines Lebens durchaus geändert haben, stellen die Ausgewählten zumindest eine Momentaufnahme zum Zeitpunkt der jeweiligen Stellungnahme dar.¹ Viele stammen aus der Zeit der Renaissance der relativistischen Kosmologie (den frühen 1930ern) und fallen damit eigentlich aus dem zeitlichen Rahmen der Arbeit. Dennoch sind diese Standpunkte wichtig, da sie nicht nur eine Reife reflektieren, die de Sitter durch seine Beschäftigung mit der ART erworben hatte, sondern auch ein abgerundeteres Bild ermöglichen. Beispielsweise wird gezeigt, dass er im Hinblick auf den Äther keine dogmatische, sondern eine pragmatische Position eingenommen hatte, was recht untypisch für eine Zeit war, in der für und wider den Äther meist sehr leidenschaftlich diskutiert wurde.

Kapitel 6

Dieses Kapitel sammelt Aspekte aus de Sitters Leben, die zu einer besseren Einschätzung seiner Person beitragen und manche Dinge aus den vorausgehenden Kapiteln besser verständlich machen (an Kapitel 1 anknüpfend). Dabei soll und kann es keine erschöpfende Beschreibung vom Range einer Biografie sein. Es wurde rein utilitaristisch ausgewählt, aber den allgemein bekannten und vielfach wiederholten biografischen Angaben *neue Informationen* hinzugefügt, um ein erweitertes, aktuelleres Bild zu zeichnen. Die Lektüre dieses Kapitels ist zum Verständnis des Vorausgegangenen nicht erforderlich, bietet dem Interessierten aber den genannten Hintergrund. Der Auswahl der Aspekte für dieses Kapitel lagen folgende Leitfragen zugrunde, was ebenso für Kapitel 1 gilt:

- Wer oder was hatte Einfluss *auf* de Sitter (möglicherweise prägender Natur)?

¹Zu de Sitters philosophischer Haltung, vor allem zu seinem „Kampf“ gegen die Metaphysik siehe [Gale05]. Zu Eddingtons Wissenschaftsverständnis und dessen Ansicht zum Verhältnis zw. Wissenschaft und Religion siehe [Graham82], umfangreicher in [Graham81].

- Auf wen oder was hatte de Sitter Einfluss?
- Was bietet Einblicke in seine Denk- und Arbeitsweise?
- Welche Charakteristika machen de Sitter aus?

Es geht also darum, de Sitter als Mensch, als Wissenschaftler und als Direktor zu zeigen, auf einige wichtige Umstände wie seine zeitweise schlechte Gesundheit hinzuweisen oder seine internationale Ausrichtung herauszuarbeiten. Man erkennt schnell, dass er ein sehr vielseitig interessierter Mensch war, nicht nur bezogen auf seine Tätigkeitsfelder innerhalb der Astronomie. Aufgrund der Natur eines solchen Vorgehens war dabei keine durchgängige Chronologie einzuhalten.

Anhang

Das im Anhang aufgenommene Material ergänzt und vervollständigt den Inhalt der Arbeit und unterstreicht ihre Ziele. Eine Kurzbeschreibung des de Sitterschen Nachlasses in Leiden sowie eine Auflistung der dort vorhandenen Kisten (nebst ihrem Inhalt in Stichpunkten), bietet eine Grundlage für weitere Untersuchungen (Anhang A.2). Gleiches gilt für die Angaben zu weiteren Archiven, welche Materialien zu de Sitter besitzen (Anhang A.3) und die sehr umfangreiche Auflistung von Briefen, die von de Sitter und anderen ausgetauscht wurden (Anhang A.5). Die aufgenommenen Quellenauszüge (Anhang A.4) sollen einen direkten Zugang zu von mir als wichtig eingeschätzten Dokumenten geben, ohne den Umweg der Beschaffung aus den Archiven gehen zu müssen.

Zusätzlich zu dem obligatorischen Literaturverzeichnis der verwendeten Literatur (Anhang C.3) existieren zwei weitere Verzeichnisse. Das eine (Anhang C.1) stellt die bisher umfangreichste Zusammenstellung von de Sitters Veröffentlichungen dar, das andere fasst Nachrufe und andere, ähnliche Sekundärtexte über de Sitters Leben und Werk zusammen (Anhang C.2). Letztere Auflistungen umfassen mehr Texte, als die in dieser Arbeit verwendeten.

1. Eine selektive Lebensgeschichte: Willem de Sitter

1.1. Sein Leben im Überblick

When de Sitter, lean, thoughtful, somber-eyed, lectures in his soft English with the pleasing Holland accent, he has an audience as attentive as that which listens to Einstein. He is a mathematician of the first water, playing on the universe, light years, space and time as he would on a musical instrument.

([Hall32])

Willem de Sitter wurde am 6. Mai 1872 in Sneek, Niederlande geboren.¹ Seine Eltern waren Lamoraal Ulbo de Sitter und Catharine Theodore Wilhelmine Bertling². Der Vater war zunächst Richter und später auch Präsident des Gerichtshofes von Arnhem.³ Er hatte zwei jüngere Geschwister, Schwester Wobine und Bruder Ernst.⁴ Nach dem Besuch des Gymnasiums in Arnhem – aus seiner Kindheit ist leider kaum etwas bekannt⁵ – nahm er 1891⁶ das Studium der Mathematik und Physik an der Universität Groningen auf.⁷ Durch seine freiwillige Arbeit⁸ im astronomischen Labor unter J.C. Kapteyn, der

¹Genealogische Quellen zur Familie de Sitter: [deSitter16], [N.N.15]. Quellen für allgemeine biografische Angaben: [Blaauw75], [Blaauw85], [Eddington34]

²In [Blaauw85] und [N.N.15, S. 333] werden die Vornamen der Mutter mit „Catharine Theodore Wilhelmine“ angegeben, in [Blaauw75] nur die Initialen „T.W.S.“, was anscheinend falsch ist. Nach den Unterlagen, die mir von den Enkeln zur Verfügung gestellt wurden, waren die Vornamen „Catharina Theodora Wilhelmina“. Lamoraal Ulbo de Sitter *5.5.1846 - †6.9.1908, Catharine Theodore Wilhelmine Bertling *2.2.1846 - †16.4.1909 nach [N.N.15, S. 333].

³Wenige Details zum Leben des Vaters finden sich in [NN102, S. 73]. Zur Mutter konnte ich keine weiteren Angaben finden.

⁴Aus den Familienunterlagen, zur Verfügung gestellt durch Herrn Friedrich Aurig: Wobine Cath. *8.8.1876, Ernst Karel Johan *22.11.1879. Nach [deSitter16, S. 38] und [N.N.15, S. 333]: Wobinna Catharina, *7.8.1876.

⁵Nach Aussage der Enkel erzählt man sich, dass er zu seinem vierten Geburtstag ein Teleskop geschenkt bekommen habe, [Int04]. Einige Fotos aus Kindheit und Jugend finden sich in Abschnitt 6.3.1.

⁶[Schouten50, S. 265]

⁷Diese Fächer entsprachen nicht der Familientradition: “Willem de Sitter came from a family in which the sons traditionally studied law and pursued careers as magistrates, notaries and judges. My father told me my great-grandfather was very disappointed when his intelligent, clever son, who had such excellent grades in school, broke the family tradition and announced he wanted to study mathematics and physics instead of law.” [deSitter98, S. 37]. Es waren aber dieselben Fächer, die auch sein späterer Lehrer, J.C. Kapteyn studiert hatte, [Hertzprung-Kapteyn28, S. 31].

⁸Er hatte danach gefragt, ob er bei den Ausmessungen fotografischer Platten von Prof. Kapteyn und

dort fotografische Platten im Rahmen der “Cape Photographic Durchmusterung” (CPD) für David Gill vermaß, wurde bei ihm das Interesse an der Astronomie geweckt.¹ Von Gill, der mit Kapteyn bereits seit 1885 zusammengearbeitet hatte (und die durch eine Freundschaft² verbunden waren) bekam de Sitter die Möglichkeit, von 1897-99 unter ihm am Royal Observatory in Cape Town, Südafrika, zu arbeiten und dort die Grundlage für seine 1901 fertiggestellte Doktorarbeit *Discussion of heliometer-observations of Jupiter's Satellites*³ zu legen.

Aus Südafrika zurückgekehrt arbeitete als Assistent bei Kapteyn, der ihm große Arbeitsfreiheit zugestand⁴, bis er 1908 die Nachfolge von Hendrik Gerard van de Sande Bakhuyzen⁵ als Professor für Astronomie an der Leidener Sternwarte mit seiner Rede “De nieuwe methoden in de mechanica der hemellichamen”⁶ („Die neuen Methoden der Himmelsmechanik“) antrat. Im Jahr 1919 wurde er zusätzlich noch zum Direktor ernannt, welchen Posten er bis zu seinem Tod am 20.11.1934 bekleidete.⁷

später auch im physikalischen Labor von Prof. Haga mitarbeiten dürfe, siehe [Oort35, S. 22].

¹Dass er auch Vorlesungen Kapteyns besucht hatte, wird durch noch vorhandene Mitschriften im Archiv der Sternwarte belegt, siehe [deSitter00, S. 80].

²[deSitter24e, S. 167], [Hertzsprung-Kapteyn28, S. 50]

³[deSitter01a]

⁴“As I expected, I am very much at liberty to do what I please as long as I do something” (de Sitter an Gill, 04.01.1900, CAM). Diese Freiheit würde er später seinen eigenen Mitarbeitern zugestehen, siehe [deSitter Suermondt40, S. 20], Abschnitt 6.2, [Schouten50, S. 266].

⁵Dieser hatte Aufgrund der Altersgrenze von 70 Jahren seinen Posten „propter aetatem“ aufgeben müssen. Die Position war nach [Hertzsprung-Kapteyn28, S. 96] auch Kapteyn angeboten worden, der sie aber abgelehnt hatte. Der Bruder von H.G., Ernst Frederik van de Sande Bakhuyzen, der bis dato erster Observator gewesen war, übernahm das Direktorat und wurde Extraordinarius für Astronomie. Siehe [deSitter24c, S. 226], [Pannekoek35, S. 3], [vanHerk83, S. 146], [deSitter33i, S. 40].

⁶[deSitter08a]. Damit war auch der Umzug der ganzen Familie verbunden, siehe [deSitter00, S. 80]. Von seiner Berufung zum Professor hatte de Sitter im Urlaub erfahren – er war gerade mit seiner Familie, seinen Eltern und seinen Geschwistern in Bergen aan Zee, [deSitter Suermondt40, S. 29]. Diese Aufnahme in die „geistige Gemeinschaft“ erfüllte ihn mit Stolz, siehe [deSitter Suermondt40, S. 31].

⁷Gelegentlich findet man als Todesdatum den 19. November, z. B. in [Jones35], was aber nicht korrekt ist. Ebenfalls wird manchmal als Todesjahr fälschlicherweise 1935 angegeben, etwa in [Kerszberg87b, S. 35], [Kerszberg89b, S. 18] oder [Jastrow78, S. 35]. Nach offizieller Auskunft des Friedhofes Westerveld, wo de Sitters Urne bestattet ist (urnentuin 1 vak B nr. 25, siehe auch Abbildung 6.12), starb dieser am 20.11.1934 und wurde am 24.11.1934 eingeäschert. Siehe auch Zeitungsartikel zur Beerdigung, [N.N.34m].

Er war an den Folgen einer Grippe und Lungenentzündung gestorben. Noch am 27.10.1934 hatte er einer Sitzung der KNAW beigewohnt ([Pannekoek35, S. 9]) und sich erst relativ kurz vor seinem Tod (er war nur 10 Tage krank, E. de Sitter an Schlesinger, 14.12.1934, YUL) bei seiner Enkelin, welche zu dieser Zeit mit ihren Eltern (Ulbo und Frau Ingrid) bei ihren Großeltern wohnte, mit einer Grippe angesteckt, die sich bei ihm zu einer Lungenentzündung entwickelte, vgl. [Schlesinger36, S. 548]. Die Enkelin verstarb am 16. November und man hoffte, dass de Sitter sich wieder erholen würde. Doch leider verschlechterte sich sein Zustand zwei Tage später und er wurde immer schwächer, siehe [Eddington34, S. 925].

1.2. Der Wandel zum Astronomen

Als David Gill im Jahr 1896 seinen Freund und Kollegen J.C. Kapteyn in Groningen besuchte (beide arbeiteten im Rahmen der Cape Photographic Durchmusterung (CPD) zusammen¹), machte er am 02.10.1896 Bekanntschaft mit de Sitter, der Kapteyn derzeit bei seiner Arbeit assistierte.² Gill war überwältigt von dessen Bestimmtheit (earnestness) und seinen Fähigkeiten (capacity), dass er de Sitter eine Stelle als Rechner (computer) am Royal Observatory anbot.³

Nachdem de Sitter in Rücksprache mit seinen Eltern das Vorexamen (doctoraal⁴) abgelegt, und sich auf den Rat von Gill hin⁵ auch spektroskopischen Arbeiten (genauer: Untersuchung des Sonnenlichtes⁶) gewidmet hatte, kam er dieser Einladung nach, obwohl der Gedanke an die Arbeit als Rechner ihm anscheinend nicht sonderlich gut gefiel.⁷ Vom 27.08.1897 bis 06.12.1899 arbeitete er dort sehr zur Zufriedenheit von Gill und legte den Grundstein für spätere Arbeiten.⁸

Insbesondere änderte sich während dieser Zeit seine Zielrichtung:

You [Gill] asked if I would come to the Cape as a computer, and thereby complete my astronomical education – or rather begin it, for up to that time I had never made a speciality of astronomy and intended to become a mathematician.⁹

Aber auch Kapteyn hatte einen Anteil an dem Wechsel der Ausrichtung, denn am Ende des Vorwortes seiner Dissertation schrieb de Sitter:

I cannot close this introduction without a few words to express my deep sense of gratitude to Prof. J.C. KAPTEYN, who first by his kindling enthousiasm drew me towards the study of astronomy, who was my first teacher, and who now is the guide of my first step in my astronomical career. It will be largely due to him, and

¹Siehe dazu etwa [DeVorkin00], speziell Abschnitt “2. Kapteyn and Gill”, [Warner79, S. 92ff] oder [vanBerkel00a]. Ihre Arbeitsteilung (Gill erledigt die Observationen, Kapteyn die Ausmessung der Platten) war der Prototyp für auch heute gängige Praktiken. Zu Gill und seiner Arbeit am Royal Observatory, Cape Town, siehe [Moore77, S. 71-9].

²Die genaue Datierung ist aufgrund eines Briefes von de Sitter an Gill möglich, welcher in [Gill13, S. lxxxvii] auszugsweise zitiert wurde. Dort gab de Sitter auch weitere Details zu ihrem Zusammentreffen an, u.a. dass Kapteyns Frau als Übersetzer helfen musste, da de Sitters Englisch zu diesem Zeitpunkt noch nicht hinreichend gut war... Den kompletten Auszug aus dem Brief habe ich in Anhang A.4 wiedergegeben. [Gill13] war nach [Warner79, S. 107] Gills Hauptprojekt nach dessen Übergang in den Ruhestand gewesen.

³[Gill13, S. lxiii]

⁴[deSitter Suermondt40, S. 15]

⁵“I am at present engaged in spectroscopic work at prof. Haga’s laboratory, as you advised me when you were here.” (de Sitter an Gill, 10.03.1897, CAM)

⁶Dies kann man seinem Brief an Gill vom 18.5.1897 entnehmen, wo er sich über das schlechte Wetter beklagte und ihm mitteilte, dass aus diesem Grund seine Untersuchungen gescheitert seien.

⁷“As to the computing work I will have to do, I have always known that, and as I already wrote you on a former occasion I will do it as good as I can. I think you will soon find that I am able to more work than an ordinary computer, when I have once acquainted the necessary routine.” (de Sitter an Gill, 10.03.1897, CAM)

⁸[Gill13, S. lxxxvii],[Gill13, S. cliii, cliv]

⁹[Gill13, S. lxxxvii], siehe auch Anhang A.4

to SIR DAVID GILL, if ever it be given in the course of that career, to do anything for the promotion of the science which they taught me to love.¹

Ihm und Gill gegenüber empfand de Sitter zeit seines Lebens eine große Dankbarkeit², Kapteyn widmete er gar in seinem Buch *Kosmos* ein eigenes Kapitel.³ Kurz vor Kapteyns Tod schrieb de Sitters Frau im Juni 1922 an ihre Kinder:

Life will be completely different without him. To whom shall we now turn for advice and support? Not only as a thinker and scientist but also our wise and trusted friend.⁴



Abbildung 1.1. – Gruppenbild in Südafrika, 1897. De Sitter (r), Gill (2.v.r.), Innes (3.v.r.) (Mit freundlicher Genehmigung des South African Astronomical Observatory)

Dies zeigt sehr deutlich, welches Verhältnis de Sitter und Kapteyn zueinander hatten. Für de Sitter war er nicht nur Lehrer mit prägendem Einfluss sondern auch Mentor, Berater und Freund zugleich.⁵ Letzteres offenbar auch für die ganze Familie de Sitters. Eine detaillierte Analyse der Beziehung zwischen de Sitter und Kapteyn wurde von Reinold de Sitter⁶, einem Enkel, unter dem Titel “Kapteyn and de Sitter: A rare and special Teacher-Student

and Coach-Player relationship” vorgenommen.⁷

¹[deSitter01a, S. 4]. Ähnlich bedankte er sich gegen Ende seiner Rede anlässlich der Einweihung der reorganisierten Sternwarte, [deSitter24q, S. 19].

²Dies findet sich in vielen der Nachrufe, etwa in [Oort35, S. 23] oder [Schlesinger35, S. 89] wo es heißt: “Of these two men de Sitter never lost an opportunity to speak in terms of warmest gratitude.”

³Kapitel IV, “Further observational advances ·The survey of the “Local System” ·Life-work of J.C. Kapteyn”, [deSitter32b, S. 52-77]

⁴Zitiert nach [deSitter00, S. 106].

⁵Nach Willink und seiner Klassifikation zählt de Sitter zu der „Lehrlingsgeneration“, welche die Schüler der „Pioniersgeneration“ umfasst, siehe [Willink98, S. 130]. Zur Pioniersgeneration (pioniersgeneratie) zählt er u.a. Lorentz und Kapteyn, in die Lehrlingsgeneration (leerlinggeneratie) gehören neben de Sitter etwa Zeeman, Oort oder De Haas. Dabei ist „Lehrling“ hier nicht im Sinne von „Anfänger“ sondern positiv zu verstehen, da die Lehrlinge der Pioniere *selbst* anerkannte Kapazitäten auf ihren Gebieten waren.

⁶Zu Wolter Reinold de Sitter: “Prof. ir. Wolter Reinold de Sitter (October 17, 1936) graduated *cum laude* in civil engineering in 1961 at Delft University of Technology. Between 1970 and 1997 he was employed by H.B.G. n.v. (general international contractors), from 1980 as director of Technology Development. In 1986 he was appointed parttime professor in design of structures in concrete at Eindhoven University of Technology. In 1997, at the occasion of his retirement from H.B.G., de Sitter was awarded the *order of Officier in de Orde van Oranje-Nassau*. In 1997 de Sitter started a review of documents pertaining to his grandfather, the astronomer Willem de Sitter, in the archives of the Observatory at Leiden university.”, [deSitter00, S. 79].

⁷[deSitter00]. Willem de Sitter verfasste zwei längere Nachrufe auf Kapteyn, [deSitter22a] und



Abbildung 1.2. – Willem de Sitter am Teleskop in Südafrika (ca. 1897-99) (Quelle: Willem Jan de Sitter, auch in [Jastrow78, S. 34] abgedruckt)

Zurück zu seinem Aufenthalt in Südafrika. Schon kurz nach seiner Ankunft hatte Gill ihm als Thema für seine Dissertation die Auswertung (reduction) und Diskussion von Heliometer Beobachtungen¹ vorgeschlagen, wozu Gill seit sieben Jahren aufgrund von anderen Projekten und der administrativen Arbeit nicht gekommen war.² Diesen Vorschlag nahm de Sitter an und veröffentlichte seine Ergebnisse nach seiner Rückkehr nach Groningen unter dem Titel *Discussion of heliometer-observations of Jupiter's satellites*³ im Jahr 1901.⁴ Dafür, dass *er* die Auswertung der *sehr guten* Beobachtungsmaterials vornehmen durfte war er Gill sehr dankbar:

I need not endeavour here to express at length my gratitude to him [Gill] for placing this rich material, probably the best observations he ever made, in my hands. It is only one instance of many kindnesses to me during all the time I stayed at the Cape. If my work, based on his observations, and inspired by his example and enthusiasm, is only in the remotest degree worthy of the kind and almost fatherly interest he always showed in it and in me, I shall consider the labour spent upon it amply payed.⁵

Seine Arbeit beschränkte sich aber nicht nur auf theoretische Aspekte, sondern er lernte auch die praktische Astronomie kennen, so wie er es sich in einem Brief an Gill vom 10.03.1897 wünschte:

You ask me to submit to you the lines(?) of practical work I should like to do at the Cape. Of course the chief thing is to become acquainted as much as possible with all kinds of instruments, and I should be glad the opportunity to do some observations with various instruments, as far as the other requirements of the observatory will allow it. You know best what kind of work will most profitable for my education as an astronomer and I hope you give me your advice in these things.⁶

[deSitter24e]. Sein Plan, zusammen mit seinem Freund, dem Historiker Johan Huizinga eine Biografie Kapteyns zu schreiben, wurde vermutlich aus Zeitgründen nie umgesetzt. Er hatte jedoch bereits Briefe, Notizen und andere Dokumente in einer Kiste gesammelt, welche 1940 im Rotterdamer Hafen bei einem Bombenangriff zerstört wurde, siehe [vanderHeijden00, S. 31f].

¹Die Beobachtungen waren von Gill und dessen Assistenten Finlay 1891 durchgeführt worden.

²[Gill13, S. lxxxvi f].

³[deSitter01a]

⁴Über seine Dissertation berichtet de Sitter Gill unter Anderem in seinen Briefen vom 04.01., 01.02. sowie 15.03.1900 (Auflistung der Briefe siehe Anhang A.5).

⁵[deSitter01a, S. 3]

⁶de Sitter an Gill, 10.03.1897, CAM, siehe Anhang A.5

Beispielsweise führte er selbst Beobachtungen mit dem Heliometer durch¹, wobei es etwa um die Vermessung von stellaren Parallaxen² ging oder um die Überprüfung einer Vermutung Kapteyns zu Farbunterschieden bei Sternen nahe der Milchstraße und in der Nähe des galaktischen Poles.³ Bei letzterer arbeitete er mit Robert Thorburn Ayton Innes⁴ zusammen⁵ und zwischen den beiden entstand eine Freundschaft, auf der später die Kooperation der Leidener Sternwarte mit dem Union Observatory fußen würde, siehe Abschnitt 6.2.3.⁶

De Sitters Ausbildung und Zusammenarbeit mit Kapteyn sowie seine Zeit in Südafrika⁷ unter Gill hatten also einen großen Einfluss auf ihn gehabt.⁸ Bei Kapteyn hatte er die Grundlagen der Theorie kennengelernt. Von Gill, der den Wert von Messungen und insbesondere der Fehler, welche mit ihr einhergingen, sehr gut einschätzen konnte⁹, bekam de Sitter die Möglichkeit, sehr gutes Material für seine Dissertation auszuwerten und den praktischen Teil seiner Ausbildung zu erhalten. Bei Kapteyn wiederum konnte er bis zu seiner Professur als Assistent mit viel Freiraum¹⁰ arbeiten. Er hätte auch die Möglichkeit gehabt als Assistent nach Wien zu Moritz von Kuffner zu gehen, hatte es aber vorgezogen, bei Kapteyn zu bleiben, um seine Arbeitsfreiheit nicht zu verlieren.¹¹

Da sowohl Kapteyn als auch Gill um die Wichtigkeit der internationalen Kooperation

¹An welchen Instrumenten de Sitter genau gearbeitet hat, kann man einem Brief entnehmen, den Gill an Bryan Cookson geschrieben hatte: “I have a very nice young fellow here, de Sitter, a young Dutchman who passed his Ph.D.[Dies ist so nicht korrekt: De Sitter hatte, wie bereits erwähnt, lediglich das Vorexamen (doctoraal) abgelegt.] examinations in pure mathematics at Groningen *cum laude*, and has come out to learn practical astronomy. He is engaged from 9 to 3 just now in reducing my Heliometer observations for stellar parallax at a table near me. At night he is learning the use of the Geodetic Theodolite and Transit Circle. From these he will go to the Heliometer – then to the Equatoreal with the filar micrometer, the photometer and the spectroscope, and before he returns to Holland – some two years hence – will have done some independent work of his own.”, zitiert nach [Forbes16, S. 234]. Dass diese seine einzigen, eigenhändigen praktischen Beobachtungen gewesen waren vermutete Pannekoek in [Pannekoek35, S. 10]. Einige Beobachtungen von de Sitter wurden in *Annals of the Cape Observatory* **VIII,2** veröffentlicht.

²[Warner79, S. 96]

³[Oort35, S. 23], [Tenn94, S. 28].

⁴Robert Thorburn Ayton Innes (1861-1933), “a Scottish-born amateur astronomer from Australia” [Warner79, S. 101], der am 01.01.1897 eine Stelle als “clerical assistant” am Royal Observatory angetreten hatte, [deSitter34]. Zu Laufbahn und Werk von Innes siehe [Moore77, S. 92-106].

⁵[deSitter04b]. Eine etwas genauere Erläuterung der Zielsetzung der Beobachtungen und auch der Zusammenarbeit wird in [Crommelin31, S. 427] gegeben.

⁶[Oort35, S. 23], [Feast00, S. 124]

⁷Siehe z. B. auch [Schouten50, S. 265].

⁸Solche Auslandsaufenthalte seiner Studenten waren nach [vanBerkel00a, S. 153] für Kapteyn ein Teil seines Konzeptes der Internationalisierung.

⁹[Jones35, S. 344]. Diese Fähigkeit sollte de Sitter später selbst entwickeln.

¹⁰Diese Freiheit, die er zumindest am Anfang seiner Assistentenstelle hatte, betonte er in seinen Briefen an Gill: “My hours are 9-12 and 2-4. I have to keep the library in order and to superintend the computers, for the rest I may do what I like, as long as I do something.” (de Sitter an Gill, 01.02.1900, CAM), “I have finished the catalogue of our little library and have now no more regular official work, so that I can devote the whole of my time to Jupiter.” (de Sitter an Gill, 15.03.1900, CAM)

¹¹De Sitter an Gill, 15.3.1900

wussten, sie diese unterstützten und nutzten¹, war de Sitter ebendiese Wichtigkeit nicht entgangen und auch er nahm an ihr Teil.² Seine Intention, internationale Kooperationen aufzubauen und zu unterstützen, findet man in seinem Leben an einigen Stellen wieder.

1.3. Die astronomischen Arbeitsgebiete

Dr. de Sitter had world-wide – indeed cosmos-wide – interests and conversed interestingly on many topics.

([Chant35, S. 3])

Aufgrund der vielfältigen von de Sitter besetzten Gebiete verwundert es sicher nicht, dass nach seinem Tod niemand in Leiden *alle* diese Aktivitäten fortführte. Adriaan Blaauw schrieb:

So that was quite a shock [the death], and the[n] he was succeeded as director by Hertzsprung. But it also meant that the field of astronomy represented by deSitter was only partly represented after his death – the field of galactic research. DeSitter knew a lot, and it was continued by Jan Oort. But his cosmological interest was not continued by anybody. And the celestial mechanics that he did a lot on was in a way continued by Woltjier. So that was the situation.³

„Praktische“ Astronomie

De Sitter war nicht nur der erfolgreiche Theoretiker, er verstand auch auf praktischer Ebene durchaus sein „Handwerk“.⁴

Als Beispiele für seine praktischen Fähigkeiten seien seine Anteile an der Konstruktion zweier Teleskope erwähnt (das Azimuth-Instrument, welches in Kenia eingesetzt wurde und das Doppelteleskop, welches für Südafrika bestimmt war) oder auch seine technischen Beschreibungen von Geräten, welche er einige Male publizierte.⁵ Dabei zeigte sich eine gewisse Detailverliebtheit, welche sich auch in weiteren Veröffentlichungen widerspiegelte, etwa in seiner Beschreibung der neuen elektrischen Uhren für die Sternwarte im Jahr 1924, seinen Angaben zu den Büchern der Bibliothek oder in einer technischen Fehlerbeschreibung eines neuen Instrumentes.⁶

„Moderne“ Astronomie: Verteilung von Sternen

Auf diesem Gebiet arbeitete er ausschließlich während seiner Zeit als Student und später dann bis 1908 als Assistent bei Kapteyn.⁷ Zusammen mit diesem, der die statistische Astronomie begründet hatte, führte er Untersuchungen zur Strukturanalyse der

¹Siehe dazu etwa [DeVorkin00] oder [vanBerkel00a].

²Siehe auch [deSitter00, S. 80].

³[Blaauw79, S. 19]

⁴[Pannekoek35, S. 5]

⁵z. B. [deSitter99] oder [deSitter25c]

⁶[deSitter25e, S. 188], etwa [deSitter28c, S. 129] und [deSitter32f, S. 193] oder [deSitter26i, S. 91]

⁷[Blaauw75, S. 448]

Milchstraße durch.¹ Im Rahmen dieser größeren Aufgabe ging es darum, die Verteilung, Bewegung und Parallaxen von Sternen zu bestimmen.² Dazu wurde eine große Anzahl Fotoplatten ausgewertet (stellar photometry), die man in Groningen zu diesem Zweck von kooperierenden Institutionen zur Verfügung gestellt bekam.³ Gegenstand der Untersuchung war auch die Frage, welche Unterschiede es zwischen visuell und fotografisch bestimmten Größenklassen gab, je nach dem ob man Sterne innerhalb oder außerhalb der Milchstraße betrachtete. Diese Untersuchung hatte er während seiner Zeit in Südafrika zusammen mit Innes unternommen und dafür eigens ein Zöllner Photometer mitgenommen.⁴

„Alte“ Astronomie: Astrometrie

Obwohl de Sitter sich sehr für die neuen Zweige der Astronomie stark gemacht hatte, war er dennoch bemüht, auch die Astrometrie vorwärts zu treiben. Es war sein Vorhaben⁵ (zusammen mit Kapteyn entwickelt), Deklinationen durch Azimutbeobachtungen am Äquator zu bestimmen und dadurch ein fehlerfreieres, genaueres System von Sternpositionen zu erhalten, welche keine systematischen Fehler mehr enthielten.⁶ Diese systematischen Fehler rührten daher, dass bei der Bestimmung der absoluten Sternpositionen (Deklination) stets dieselbe Art von Instrument (Meridianzirkel) verwendet wurde.⁷ Um dies zu umgehen hatte de Sitter ein Azimuth-Instrument entworfen, welches dann für die geplanten Beobachtungen in Kenia verwendet wurde.⁸

Bestimmung fundamentaler Konstanten

Seine ersten Arbeiten zur Bestimmung von fundamentalen Konstanten⁹ stammen aus dem Jahr 1915, wo er sich mit der Zusammensetzung und der Gestalt der Erde¹⁰ sowie einer Methode zur Bestimmung der Abberationskonstante¹¹ beschäftigt hatte. Dabei hatte er sich bemüht, eine Konsistenz zwischen Geodesie, Messungen von Schwerkraft und astronomischen Beobachtungen zu erhalten, damit die daraus bestimmten Kon-

¹[Blaauw85, S. 511]

²[Meyer31, S. 128]

³[Schouten50, S. 267]

⁴[Crommelin31, S. 427f]

⁵siehe [deSitter25f]

⁶[Jones35, S. 345], [N.N.35a, S. 76], [Crommelin31, S. 433f], [Pannekoek35, S. 13], [Hins35, S. 11]

⁷Ein kurzes Gutachten über de Sitters Plan mit einer Einschätzung der Bedeutung und einer Beschreibung der bisherigen Probleme findet sich in einem gemeinsamen Brief von Nijland, Pannekoek und Hertzprung an die KNAW vom 25.4.1930 (siehe Anhang A.5).

⁸Siehe [deSitter Suermondt40, S. 57f]. Um es zu finanzieren, hatte er danach „Himmel und Erde“ in Bewegung gesetzt (in einem Brief an Leuschner vom 04.07.1932, LIC, bedankte de Sitter sich für \$ 750 für die Expedition (den selben Betrag hatte er bei der IAU beantragt, siehe [Fowler25, S. 230])). In dem Zeitungsartikel [N.N.31j] wurde sehr informativ zu dem neuen Instrument (gebaut von Cooke, siehe [Stratton29, S. 227]), der Verbesserung der Messung durch dieses (den alten Fehlern) und detailliert zu der Expedition berichtet. Zu de Sitters Plan siehe auch [Fowler25, S. 182f].

⁹Nach [Jones35, S. 345] ging es de Sitter um die Einarbeitung und Verbesserung der Werte der Konstanten durch neues Material, welches sich seit Newcombs *On the principal fundamental constants of astronomy* (1895) angesammelt hatte.

¹⁰[deSitter15d], [deSitter15b], [deSitter15j], [deSitter15l]

¹¹[deSitter15h]

stanten ein zusammenhängendes System bildeten.¹ Weitere, als wesentlich eingestufte Arbeiten dazu stammen aus dem Jahre 1927 sowie 1938 (posthum durch D. Brouwer veröffentlicht), in denen etwa 1927 der mittlere Erdradius, die Präzessionskonstante, die Nutationskonstante, die Parallaxe des Mondes etc. betrachtet wurden, 1938 Präzessionskonstanten, mittlere Bewegungen und Zeitmessung, sowie erneut Erdkonstanten thematisiert wurden.² De Sitters Bestreben war es, Inkonsistenzen, welche zwischen einigen Konstanten bestanden, auszumerzen.

Eine weitere Arbeit aus dem Jahre 1927 wird als gutes Beispiel für de Sitters Fähigkeiten angesehen, Daten und Phänomene in Relation zu bringen. In dieser Arbeit³ hatte er beispielsweise Abweichungen in den Bewegungen des Mondes und der Erde auf veränderliche Reibungskräfte der Gezeiten sowie auf Änderungen des Trägheitsmomentes der Erde zurückgeführt.⁴

Himmelsmechanik: Die vier Galileischen Jupitermonde⁵

But now by putting young de Sitter, a pupil of Kapteyn – who has been working with me here for over two years – upon the reduction of this work[?] I have been able to infuse enthusiasm on the Subject into him - and I do not think he will drop it until he has finished it.

(Gill an Campbell, 06.02.1900, LIC)

In der Tat waren die Jupitermonde, wie hier von Gill richtig eingeschätzt, das Aufgabengebiet, welches de Sitter über mehr als 30 Jahre beschäftigt hatte – nahezu eine Lebensaufgabe. Wie bereits in Abschnitt 1.2 beschrieben, kam er während seines Aufenthaltes in Südafrika mit der Thematik in Berührung und konnte sich danach nicht mehr davon lösen:⁶

¹Etwa [Blaauw75, S. 449], [M.H.34, S. 735]. De Sitter war (wie bereits seine Vorgänger H.G. van de Sande Bakhuyzen und Frederik Kaiser, siehe [vanHerk83, S. 39]) auch der Geodesie und der Geophysik verbunden. So nahm er mehrfach an den Treffen der “International Geophysical and Geodetic Union” teil, siehe [deSitter28c, S. 129], [deSitter31f, S. 83]. Seine Verbundenheit wird auch dadurch belegt, dass anlässlich seines 25 jährigen Amtsjubiläums 1933 Prof. F.A. Vening Meinesz als Vertreter der „geodetische associatie“ anwesend war, [Hins33, S. 371] oder dass im *Bulletin géodésique* ein Nachruf auf ihn erschien, [D.34]. Sein früherer Lehrer Gill hatte ebenfalls auf dem Gebiet der Geodesie gearbeitet, siehe [Warner79, S. 104]. Allgemein waren viele Astronomen an Geodesie und Geophysik interessiert, denn bei der 3. General Assembly der IAU in Leiden 1928 wurde angeregt, die Vollversammlungen von IAU und International Geodetic and Geophysical Union sowohl zeitlich als auch räumlich nah stattfinden zu lassen, damit Astronomen die Gelegenheit hätten, an beiden teilzunehmen, [Stratton29, S. 12].

²[deSitter27d],[deSitter38], siehe [Blaauw85]

³[deSitter27e]

⁴Siehe [Oort35, S. 25], [Jones35, S. 346]. Eine ausführlichere Beschreibung dazu findet sich in [Crommelin31, S. 428-9].

⁵Io, Europa, Ganymed und Kallisto

⁶Seit 1930 (inklusive) wurden im “Report of the director” im *B.A.N.* keine Untersuchungen de Sitters zu den Jupitermonden mehr erwähnt. Abgesehen von seiner George Darwin Lecture [deSitter31e] finden sich keine Veröffentlichungen von ihm dazu. Das lag vermutlich daran, dass Anfang der 1930er Jahre erneut sein Interesse an relativistischer Kosmologie geweckt worden war, siehe auch [Hins35,

Willem ist sein Leben lang verrückt gewesen nach diesen unübertroffenen Beobachtungen von Gill und das Problem der Jupitermonde hat ihn nie mehr losgelassen.

1

Dass er davon so angetan war, war nach Oort nicht weiter verwunderlich, konnte er hier doch seine Fähigkeiten, zum Einen mathematische Probleme durchdringen und lösen zu können und zum Anderen die Werte und Grenzen von Observationen kritisch zu betrachten, gewinnbringend einsetzen.²

Große internationale Anerkennung “for his theoretical investigations on the orbits of the satellites of Jupiter” wurde ihm 1931 zuteil durch die Verleihung der Goldmedaille der Royal Astronomical Society (die er gleichzeitig “for his contributions to the Theory of Relativity” erhielt).³ In der Rede anlässlich der Verleihung der Medaille wurde von A. Crommelin detailliert geschildert, was de Sitter zu dem Gebiet beigetragen hatte.⁴ Dabei erinnerte Crommelin daran, dass dieser sich eingangs des 20. Jahrhunderts bereits eine Debatte mit einem weiteren Experten für das Jupitersystem, R.A. Sampson (der drei Jahre vor de Sitter ebenfalls die Goldmedaille für Arbeit auf selbem Gebiet erhalten hatte)⁵ im *Observatory* geliefert hatte.⁶

S. 10]. Vermutlich ist es das, worauf seine Frau anspielte: „Er hat theoretisch untersucht, wie durch die Anziehung diese vier Monde sich verhalten unter Einfluss des Zentralkörpers Jupiter und von den Monden untereinander. Später wurden durch andere stets wieder Beobachtungen dazu durchgeführt und jedes Mal werden die theoretischen Ergebnisse verglichen mit den neuesten Beobachtungsreihen. Dadurch konnten die Bahnelemente stets auf neue sauberer bestimmt werden. Dies sind einfache und kleine Worte für ein Werk von so großem Umfang, dass es seine Gedanken jahrelang festhielt. Später haben noch so viele neue Probleme seinen Geist beschäftigt und Jupiter trat bei Zeiten einigermaßen in den Hintergrund.“ (meine Übersetzung von: „Hij heeft theoretisch onderzocht, hoe door de aantrekking deze vier satellieten zich gedragen onder invloed van het centrale lichaam Jupiter en van de satellieten onderling. Later werden door anderen steeds weer waarnemingen hierover gedaan en telkens werden de theoretische uitkomsten vergeleken met die nieuwste reeksen waarnemingen. Daardoor konden de baanelementen steeds opnieuw zuiverder bepaald worden. Dit zijn simpele en luttele woorden voor werk van zóó grooten omvang, dat het jaren zijn gedachten vast hield. Later kwamen er zooveel nieuwe problemen zijn geest bezig houden en Jupiter raakte bij tijden eenigszins op den achtergrond.“, [deSitter Suermond40, S. 17].)

¹Meine Übersetzung von: „Willem is zijn leven lang verrukt geweest over deze onovertroffen waarnemingen van Gill en het probleem van de Jupiter-satellieten heeft hem nooit meer geheel los gelaten.“, [deSitter Suermond40, S. 17].

²[Oort35, S. 23]

³Dass de Sitters einen großen Anteil an einem größer angelegten Programm zur Bestimmung der Jupitermasse und den Bewegungen der Jupitermonde hatte, kann man im Abschnitt *Determination of the mass of Jupiter and the elements of the orbits of the older satellites* in [Gill13, S. lxxxiv-ci] nachlesen.

⁴Siehe dazu [Crommelin31, S. 422-27].

⁵http://www.ras.org.uk/html/ras_mgold.html

⁶Die zugehörigen Artikel in der Reihenfolge des Erscheinens: [Sampson01b], [Sampson01c], [deSitter01c], [Sampson01a], [deSitter01b], [deSitter02b], [Sampson02], [deSitter02a]. Anscheinend hatte Sampson einen kleinen Fehler in de Sitters Dissertation entdeckt, siehe auch Gill an Campbell, 27.12.1901, LIC. Was sonst noch von ihnen diskutiert wurde, müsste einmal untersucht werden – ich konnte dazu bis auf eine kleine Bemerkung in [Crommelin31, S. 422] keine Sekundärliteratur finden. Einen kleineren „Schlagabtausch“ gab es auch noch einmal 1905 in [deSitter05a] und [Sampson05]. In [Gill13, S. xcvi] fand sich eine kleine Gegenüberstellung von Bahnelementen, die von de Sitter

Für seine Untersuchungen nutzte de Sitter die internationale Zusammenarbeit um an das Material für seine Berechnungen zu kommen. So ließ er etwa in Greenwich, am Cape, in Johannesburg und in Pulkova¹ Beobachtungen in seinem Auftrag durchführen, welche dann unter seiner Federführung ausgewertet wurden.²

Das Ziel aller seiner Arbeiten war, letztendlich die Bahnkurven (resp. Bahnelemente) und Massen des dynamischen Systems möglichst genau zu bestimmen. Dass er dabei sehr gute Arbeit geleistet hatte (wenn auch nicht ganz zu seiner eigenen Zufriedenheit) wurde von seinem Freund Schlesinger posthum bemerkt:

In spite of the great amount of effort that he put into this task he never quite finished it to his own satisfaction, though he left it in a state that will permit publication with little editing.³

Ungeachtet seiner eigenen Bescheidenheit wurden mehrere seine Arbeiten als Meilensteine betrachtet. Genannt wurden in diesem Zusammenhang Veröffentlichungen wie “New mathematical theory of Jupiter’s satellites” (1925)⁴, “Orbital elements determining the longitudes of Jupiter’s satellites, derived from observations” (1928)⁵ sowie “Discussion of old eclipses of Jupiter’s Satellites” (1929)^{6,7}.

Relativitätstheorie, Kosmologie

Noch bekannter als durch seine Forschungstätigkeit zu den Galileischen Jupitermonden wurde de Sitter durch seine Beschäftigung mit der ART und seinen damit verbundenen Arbeiten zur Kosmologie, wie bereits in der Einleitung skizziert. Dass er sich nicht nur mit der endgültigen ART sondern bereits mit Aspekten der SRT und der ersten Version der ART, der Entwurftheorie, beschäftigt hatte, wird im Wesentlichen in den Kapitel 2 sowie 3 ausführlich behandelt.

Als durch Hubble Ende der 1920er Jahre immer mehr Radialgeschwindigkeiten von Spiralnebeln gemessen wurden⁸ und ihre hohen Werte sowie die Richtung (von der Erde weg) mehr zu de Sitters Modell B passten als zu Einsteins Modell A, begann man, darüber nachzudenken, ob man nicht nach weiteren Alternativen suchen müsse.⁹ Trotz Arbeiten von Friedmann 1922/24 und Lemaître 1927¹⁰, die bei ihrer Veröffentlichung kaum Beachtung fanden, waren bis Anfang der 1930er Jahre die beiden Modelle A und B die einzigen beiden Alternativen, zwischen denen man sich entscheiden konnte. Das Problem lag nun darin begründet, dass Modell B zwar solch hohe Geschwindigkeiten erklären konnte, leider aber selbst keine Materie enthielt. Man (Eddington) wurde glücklicherweise auf die Arbeiten von Lemaître und Friedmann aufmerksam, und ab hier

und Sampson unterschiedlich berechnet worden waren und voneinander abwichen.

¹ca. 20km südlich von Sankt Petersburg gelegen

²[Jones35, S. 344]

³[Schlesinger36, S. 547]

⁴[deSitter25d]

⁵[deSitter28b]

⁶[deSitter29d]

⁷[Blaauw75, S. 449], [Hins35, S. 9f]

⁸[Hubble29]

⁹[RAS30b]

¹⁰[Friedmann22], [Friedmann24], [Lemaître27]

begannen nun dynamische, nicht mehr statische Modelle die ursprünglichen A und B abzulösen.

Das Interesse de Sitters an Kosmologie, welches in den 1920er Jahren abgeflaut war, erwachte erneut und er veröffentlichte zahlreiche Beiträge zu der neuen, dynamischen Kosmologie, darunter auch populärwissenschaftliche, die sich mit dem ausdehnenden Universum befassten. Kurioserweise wurde, so berichtete Oort, die Kosmologie von de Sitter Anfang der 1930er Jahre nicht mit seinen Mitarbeitern thematisiert, sondern er kommunizierte diesbezüglich mehr mit Kollegen wie Eddington oder auch Einstein.¹

¹[Oort81, S. 5], vgl. auch [Blaauw04, S. 6]

2. Erste Arbeiten zur Relativitätstheorie

2.1. Gravitation mit Anziehungskraft

De Sitters Interesse an der Gravitationskraft *an sich* hatte sich schon in seiner Antrittsrede „Über neue Methoden in der Himmelsmechanik“ („De nieuwe methoden in de mechanica der hemellichamen“) von 1908 offenbart.¹ In dieser Rede, in der er zunächst über sich verschiebende Schwerpunkte in der Astronomie referierte (von planetarer Astronomie zu stellarer Astronomie), sodann die zwei Richtungen praktische und theoretische Astronomie kontrastierte – sich seinem Arbeitsgebiet nähernd – um dann Parallelen zwischen der Entwicklung in der mathematischen Physik („mathematische natuurkunde“) und der Himmelsmechanik („astromechanica“) aufzuzeigen. Er beschrieb, wie man in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts nach dem Vorbild der Newtonschen Gravitation auch andere Phänomene mit Hilfe von Zentralgesetzen umgekehrt proportional zu einer Potenz des Abstandes zu erklären versuchte. Im nächsten Schritt seien dann die Gesetze in den Hintergrund getreten, und allgemeine Prinzipien wie Energieerhaltung, Prinzip der kleinsten Wirkung etc. hätten diese als „tiefste Wahrheiten“ ersetzt. Die Gesetze wie auch die Prinzipien seien aber nicht befriedigend gewesen und man habe begonnen, nach einer *Erklärung der Gesetze*, nach dem *inneren Mechanismus* zu suchen. Auf die Resultate dieser Bemühungen wolle er aber nicht weiter eingehen, da dies nicht auf seinem Weg für die Rede liege – bis auf eine Ausnahme:²

Eine Erscheinung erscheint uns bemerkenswert, sodass ich, obwohl es außerhalb meines eigentlichen Themas liegt, es jedoch nicht unterlassen kann genauso darüber nachzudenken, weil es doch den mathematischen Astronomen sehr stark betrifft. Wieviel auch erklärt ist, von wie vielen Gesetzen man den tieferen Grund bloß zu legen gewusst hat, das Gravitationsgesetz, das bei weitem einfachste Vorbild, wonach ursprünglich die gesamte mathematische Physik modelliert wurde, ist noch immer unangetastet, hat noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Nun da ich mich einmal habe verleiten lassen von meinem Pfad abzuweichen, um diese Bemerkung zu machen, ist es auch meine Pflicht, sie näher zu beleuchten.³

¹[deSitter08a]

²[deSitter08a, S. 9f]

³Meine Übersetzung von: „Een verschijnsel treft ons als opmerkelijk, dat ik, hoewel het buiten mijn eigenlijk onderwerp ligt, toch niet kan nalaten even te memoreeren, daar het toch den mathematischen astronoom van zeer nabij angaat. Hoeveel ook verklaard is, van hoevele wetten men den dieperen ondergrond heeft weten bloot te leggen, de gravitatie-wet, het bij uitstek eenvoudige voor-

Mit diesen Bemerkungen leitete er einen gut zweiseitigen Abschnitt ein, an dem man sein Interesse an der Gravitation ablesen kann (und der in voller Länge in Anhang A wiedergegeben ist). Es habe bereits viele Erklärungsversuche für die Gravitation gegeben, unter anderem von Lorentz, und obwohl de Sitter dessen Hypothese für die derzeit (1908) Beste erachte, glaube er, dass Lorentz selbst sie nicht als abschließende Erklärung ansehe, da man Bedingungen an eine wirkliche Erklärung stellen müsse:

[D]aß sie nicht allein das zu erklärende Gesetz reproduziert, sondern auch die wahrgenommenen oder noch nicht wahrgenommenen kleinen Abweichungen, dass sie nicht allein das Warum der bekannten Tatsachen begreiflich macht, sondern imstande ist neue Tatsachen vorherzusagen.¹

Möglicherweise spielte de Sitter hier auch darauf an, dass Lorentz' Theorie das RP nicht erfüllte und in ihr absolute Geschwindigkeiten vorkamen.² Man beachte den Inhalt dieses Zitates von 1908, welches allgemein Bedingungen formuliert, denen eine Theorie nach de Sitter genügen muss. Im Hinblick auf die Aspekte und Bedingungen, die später für den Erfolg der ART einmal wichtig wurde verwundert es nicht, dass er diese so rasch akzeptieren hat können, weil sie doch alle diese Bedingungen erfüllte.

- Zu erklärendes Gesetz reproduzieren, ART: Das Newtonsche Gesetz als Grenzfall der ART
- Wahrgenommene Abweichungen erklären, ART: Die Abweichung in der Merkurperiheldrehung
- Neue Tatsachen vorhersagen, ART: Die Lichtablenkung

Im Weiteren hatte er begründet, warum die Schwerkraft es den Wissenschaftler so schwer machte hinter ihre Wirkungsweise zu blicken:

Die Gravitation ist keiner Absorption unterworfen, keiner Brechung, keine Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist festgestellt worden, auf alle Körper wirkt sie gleichermaßen ohne Unterschied, überall und allzeit finden wir sie wieder in derselben strengen und einfachen Form, woran alle unsere Versuche in ihre inneren Mechanismen vorzustößen scheitern.³

beld, waarnaar oorspronkelijk de geheele mathematische physica gemodelleerd werd, is nog steeds onaangetaast, heeft nog geene bevredigende verklaring gevoden. Nu ik mij eenmaal heb laten verleiden van mijn pad te gaan om deze opmerking te maken, is het ook mijn plicht, haar nader toe te lichten.“, [deSitter08a, S. 10].

¹Meine Übersetzung von: „[W]anneer men aan eene verklaring den eisch wil stellen, dat zij niet alleen de te verklaren wet reproduceert, doch ook de waargenomen of nog niet waargenomen kleine afwijkingen, dat zij niet alleen het waarom der bekende feiten begrijpelijk maakt, maar in staat is nieuwe feiten te voorspellen.“, [deSitter08a, S. 11].

²[Lorentz14c, S. 32]

³Meine Übersetzung von: „De gravitatie is niet onderworpen aan absorptie, niet aan breking, geen voortplantingssnelheid is geconstateerd, op alle lichamen werkt zij gelijkelijk zonder onderscheid, overal en altijd vinden wij haar terug in denzelfden strengen en eenvoudigen vorm, waarop al onze pogingen om in haar innerlijk mechanisme door te dringen afstuiten.“, [deSitter08a, S. 11].

Danach sprach er Newcombs Versuch an, durch Verzicht auf die Strenge des Newtonschen Gesetzes mittels Erhöhung des Exponenten 2 um 0,00000016 (Hypothese von Asaph Hall) die durch Leverrier entdeckte Abweichung in der Merkurperihelbewegung zu „erklären“. Diese „Erklärung“ sei natürlich nicht eine wirkliche *Erklärung*, sondern hätte lediglich als Fingerzeig dienen können, in welcher Richtung nach ihr zu suchen sei.¹ Nach Newcomb hätte durch diese Modifikation die Bewegung der übrigen Planeten nicht im Widerspruch damit gestanden, die Untersuchung der Bewegung des Mondperigäums habe dann aber gezeigt, so de Sitter, dass diese bis auf die letzte Nachkommastelle mit den Vorhersagen des strengen Newtonschen Gesetzes übereingestimmt hätte. Damit war die Hypothese von Hall aufzugeben gewesen. Im weiteren Verlauf der Rede ging er noch auf Details der Himmelsmechanik ein, die hier nicht weiter von Belang sein sollen.²

Die Passage aus der Rede macht meines Erachtens deutlich, dass de Sitter einer gewissen Faszination der Gravitation erlegen und ihm vollkommen bewusst war, an welcher Stelle der Hebel zum Entmystifizieren der Massenanziehung angesetzt werden musste – den Anomalien in den Planetenbewegungen. Um die vorletzte Jahrhundertwende waren dementsprechende Versuche, das Newtonsche Gesetz zu modifizieren oder zu ersetzen, nicht unbedingt das Hauptinteresse der Theoretiker gewesen. In Ermangelung neuer Herausforderungen an das etablierte Gesetz versuchten sich dennoch einige daran, die bislang mit ihm nicht beschreibbaren Abweichungen in den Griff zu bekommen.³

Dass es Abweichungen zwischen Beobachtungen und Theorie gab, hatten Laplace, Leverrier und zuletzt Newcomb nachgewiesen. Diese lagen bei den Perihelen des Merkur und Mars sowie den Knoten von Venus und Merkur vor, ihre Werte können Abbildung 2.2, S. 56 entnommen werden.⁴ Zu den Versuchen, die Abweichungen zu erklären, jedoch meist nur die Größte von ihnen, beim Merkurperihel 41" pro Jahrhundert⁵, zählte die von de Sitter erwähnte Erhöhung des Exponenten des Abstandes im Newtonschen Gesetz, eine weitere, sehr etablierte Theorie waren beispielsweise Hugo von Seeligers Ellipsoide im Rahmen seiner Zodiakallichthypothese (siehe Abschnitt 2.1.2).⁶ Auch elektromagnetische Theorien der Gravitation, die kurz nach 1900 aufkamen, sagten eine Periheldrehung beim Merkur voraus, allerdings nie in der benötigten Größenordnung.⁷

¹[deSitter08a, S. 12]

²[deSitter08a, S. 12]

³[Walter07, S. 194]

⁴[deSitter13k, S. 296]. Nach [Wacker09, S. 7] war es nicht die Knotenbewegung sondern die Exzentrizität der Merkurbahn.

⁵Wie in [Earman93a, S. 131f] bemerkt, wichen die Zahlenangaben für die Abweichung in verschiedenen Veröffentlichungen sehr voneinander ab (von 41" von Jeffreys bis 45"±5" von Einstein). Seiner Aufzählung könnte man noch die Werte von Lorentz aus [Lorentz10, S. 1239], 44" und Eddington aus [RAS11, S. 139], 40" hinzufügen. Ich halte mich hier an den Newcombschen Wert von 41,24", abgerundet zu 41", der aus dessen $ed\tilde{\omega} = 8,48''$ mit $e = 0,2056$ folgt, siehe [Earman93a, S. 131]. De Sitter hatte sich an der Vielfalt der Abweichungswerte übrigens nicht beteiligt und in seinen Veröffentlichungen immer die Newcombschen $ed\tilde{\omega} = 8,48''$ als zu erklärend aufgeführt.

⁶Einen sehr umfangreichen Überblick über Erklärungsversuche bietet [Roseveare82].

⁷Siehe dazu [Roseveare82, S. 159-62] und [Earman93a], wo eine Zusammenfassung und Klassifizierung der Erklärungsversuche aus [Roseveare82] erfolgt.

De Sitters im folgenden Abschnitt zunächst betrachtete Beiträge gehen thematisch in diese Richtung, wobei es nicht seine Zielsetzung war, eine neue Theorie anzugeben, die die Abweichungen zu erklären suchte. Vielmehr berechnete er, ob existierende Theorien messbare und damit überprüfbare Abweichungen zur Folge haben würden (das RP erfüllende Gravitationstheorien), welche Möglichkeiten es gab, bestehende Theorien für eine bessere Übereinstimmung mit der Beobachtung anzupassen (Seeligers Hypothese) und ob man durch Kombination von Theorien ebenfalls eine befriedigende Übereinstimmung erzielen könnte (Seeligers Hypothese leicht abgewandelt mit dem RP kombiniert).

Der darauffolgende Abschnitt stellt seine Untersuchungen bezüglich einer Absorption von Gravitation vor, passend zu seiner Aussage in der Antrittsrede. Ziel war es herauszufinden, ob solch eine Absorption existierte, was anhand von vorliegendem Beobachtungsmaterial überprüft wurde. Diese Thematik nimmt keinen direkten Bezug auf für die Rezeption der ART wichtigen Aspekte, belegt aber umso mehr de Sitters Interesse an Eigenschaften der Gravitation an sich.

2.1.1. Relativitätsprinzip und Planetenbewegung

De Sitters erste Veröffentlichung, in der er sich mit „Relativitätstheorie“ beschäftigte, stammt aus dem Jahr 1911: “On the bearing of the Principle of Relativity on Gravitational Astronomy”.¹ Dass ich hier Anführungszeichen um den Begriff Relativitätstheorie gesetzt habe liegt darin begründet, dass in dieser Zeit Einsteins heute als Spezielle Relativitätstheorie bezeichnete Theorie meist unter dem Begriff Relativitätsprinzip (RP) geführt wurde, wie zahlreiche Veröffentlichungen dazu belegen², und dies auch in de Sitters Artikel so geschah.³

Wichtig zu betonen ist, dass de Sitter den Begriff RP zumindest hier weiter fasste als allgemein üblich:

The principle of relativity can be enunciated as the postulate that the transformations, with respect to which the laws of nature shall be invariant, are “Lorentz-transformations”.⁴

Damit kombinierte er die beiden Einsteinschen Postulate ((1)das eigentliche RP und (2) die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit) und nannte dies dann RP.

Ziel von de Sitters Artikel war es zu prüfen, ob man durch Beobachtung von Planetenbewegungen die Gültigkeit des RP bestätigen könnte, indem sich Abweichungen aus einem mit dem RP verträglichen Gesetz gegenüber der Newtonschen (Keplerschen) Mechanik nachweisen ließen. Grundlage für seine Berechnungen waren Vorarbeiten von Poincaré (den er schon in seiner Antrittsrede mehrfach lobend erwähnt hatte), Minkow-

¹[deSitter11c]

²z. B. [Laue13] (1. Auflage von 1911), [Lorentz82] (1. Auflage von 1913) oder [Lorentz14a]

³Vermutlich hat sich die heutige Sprechweise erst nach dem Erscheinen der Allgemeinen Relativitätstheorie entwickelt zur Abgrenzung der vorausgegangenen Theorie und zur besseren Unterscheidung.

⁴[deSitter11c, S. 388f]

ski und Lorentz.¹ Einstein wurde von ihm weder genannt noch referenziert, er müsste aber um die Existenz von dessen Arbeiten gewusst haben.² Er sprach damit auch nicht, wie Lorentz, vom „Einsteinschen Relativitätsprinzip“.³

De Sitter war nicht der erste, der die Frage einer experimentellen Überprüfung aufgeworfen hatte – aber er war der erste, der sie fundiert beantwortete. Schon vor ihm hatte Poincaré nach dem Aufstellen von mit dem RP verträglichen Gravitationsgesetzen⁴ (auf denen de Sitters Untersuchung hauptsächlich basierte) die Frage nach einer Prüfung gestellt:

[T]he prime question we are faced with is whether these [force laws] are compatible with astronomical observations; the deviation from Newton's law is in the order of ξ^2 [the velocity squared], which means 10,000 times smaller than if it were of the order of ξ , that is if the propagation took place at the speed of light, *ceteris non mutatis*; it therefore permits us to believe that it [the deviation] will not be too great. However, only a detailed discussion can teach us that.⁵

Er selbst hatte in dieser Richtung keine weitere Forschungen unternommen⁶, gleichwohl aber 1908 einige Werte für sich aus seinen Gesetzen ergebenden Abweichungen angegeben (s.u.).⁷ Fritz Wacker hatte die Thematik 1909 – wenn auch nicht hauptsächlich und unter demselben engen Gesichtspunkt wie Poincaré – zuvor betrachtet⁸, und auch von Alexander Wilkens existierte eine Arbeit zur Thematik.⁹

De Sitters Beitrag war dann die von Poincaré geforderte, detaillierte Diskussion und die Einzige “in-depth” Untersuchung zu Konsequenzen von Lorentz-covarianten Gravitationstheorien, zugleich eine Einführung für englischsprachige Astronomen.¹⁰ Dass es

¹[Poincaré06], Minkowski, H., „Die Grundgleichungen für die electromagnetischen Vorgänge in bewegten Körpern“. *Göttinger Nachrichten*, Math. physik. Klasse (1908), S. 53, [Lorentz10]

²In den von de Sitter zitierten [Plummer10, S. 258] (s.u.) wurde auf [Einstein05] verwiesen und auch in [Lorentz10, S. 1236] fiel dessen Name ebenfalls. Möglicherweise wurde Einstein von de Sitter nicht genannt, weil Poincaré „vor Einstein, das „Postulat“ der Relativität ausgesprochen“ hatte – letzteres wurde von Kottler in [Kottler22, S. 171, Fn 13] bemerkt. Möglicherweise hatte auch Poincaré auf de Sitter „abgefärbt“, denn dieser geizte sehr mit Verweisen auf Einstein, siehe [Goldberg70, S. 97] oder [Goldberg84, S. 215f].

³vgl. [Lorentz10, S. 1236]

⁴Da zu diesem frühen, mit dem RP verträglichen Gravitationsgesetz bereits einige Untersuchungen vorliegen, z. B. [Roseveare82, S. 161], [Katzir05b] (worin die hier betrachtete Arbeit de Sitters recht ausführlich dargestellt wird), [Katzir05a] oder [Walter07] (der Poincarés, Minkowskis und Sommerfelds Gravitationstheorie speziell im Hinblick auf die Verwendung von 4-dimensionaler Vektoralgebra vergleicht), gehe ich darauf abgesehen von einigen Bemerkungen nicht weiter ein.

⁵Übersetzung zitiert nach [Katzir05b, S. 22]: „[M]ais la première question qui se pose est celle de savoir si elles sont compatibles avec les observations astronomiques; la divergence avec la loi de NEWTON est de l'ordre de ξ^2 , c'est-à-dire 10000 fois plus petite que si elle était de l'ordre de ξ , c'est-à-dire si la propagation se faisait avec la vitesse de la lumière, *ceteris non mutatis*; il est donc permis d'espérer qu'elle ne sera pas trop grande. Mais une discussion approfondie pourra seule nous l'apprendre.“, [Poincaré06, S. 175], Hervorhebung im Original.

⁶[Katzir05b, S. 22]

⁷[Poincaré08, S. 399f], [Walter07, S. 207]

⁸[Wacker09], siehe auch [Roseveare82, S. 160f]

⁹„Zur Elektronentheorie“, *V.J.S.* (1904), S. 209

¹⁰[Katzir05b, S. 25]. Nach [Warwick03, S. 453] war [deSitter11c] “[T]he most authoritative account in

keine weitere ähnliche Untersuchung gegeben hat¹ lag sicher zum einen an der Gründlichkeit der de Sitterschen Arbeit, zum anderen am wachsenden Interesse an Feldtheorien der Gravitation, das nach 1911 einsetzte.²

Schon um die Jahreswende 1909/10 und von September 1910 bis Januar 1911 hatte sich de Sitter mit dem Thema „Relativitätsprinzip und Gravitation“ beschäftigt, wie man anhand von umfangreichen Notizen in seinem Notizbuch S8 ersehen kann.³ Beginnend mit der initialen Überschrift „Gravitatie – relativiteits principe – etc.“ hat er dort verschiedenste Rechnungen durchgeführt und für diese (meist) auch die entsprechende, relevante Literatur angeführt (die sich nur teilweise mit der später im Artikel genannten überschneidet)⁴. Er hat u.a. Vergleiche zwischen den Ansätzen von Poincaré, Lorentz, Minkowski und Wacker (s.u.) durchgeführt, diese nachvollzogen, ihre Eigenschaften analysiert und war der Frage nach beobachtbaren Effekten, die sich aus der Theorie heraus ergeben müssten, nachgegangen.

Die Aufzeichnungen haben, wie die meisten aus den Notizbüchern, auf die ich in anderen Kapiteln hinweisen werde, Werkstattcharakter. Es finden sich Gedanken und Meinungen, Feststellungen, Termumformungen, konkrete Berechnungen usw. darin ebenso wie Korrekturen, Durchstreichungen und Irrwege. De Sitter hat hier sein Wissen gefestigt und erweitert, sich mit neuen Dingen vertraut gemacht, neue Wege ausprobiert.

Warum er sich entgegen seines bisherigen Arbeitsgebietes (hauptsächlich die Theorie der Jupitersatelliten, siehe Abschnitt 1.3) hier „aus dem Nichts heraus“ mit dem RP und möglichen Methoden seiner Prüfung auseinandergesetzt hatte, ist leider nicht klar. Meine Vermutung ist, dass die Thematik in Gesprächen mit Lorentz aufgekommen sein könnte. Dass die beiden sich darüber ausgetauscht hatten, darüber gibt es keine Zweifel: Lorentz hatte in seinem 3. Wolfskehl-Vortrag in Göttingen⁵ auf eine vorläufige (unveröffentlichte) Berechnung von de Sitter hingewiesen⁶ und dieser hatte Lorentz in seinem Artikel für Unterhaltung und Ratschläge gedankt.⁷ Des Weiteren finden sich in den No-

English of the astronomical importance of the principle of relativity [...] because it was the first detailed exposition of the principle of relativity offered to British astronomers and affords considerable insight into the new genealogy attributed to relativity by astronomers”.

¹Soweit mir bekannt jedenfalls.

²nach [Katzir05b, S. 29]

³S8, Box 21C. Im Inhaltsverzeichnis existieren drei Einträge „Relativiteits-principe en gravitatie“ (S. 44-51 Dezember 1909, S. 58-69 Januar 1910, S. 86-136 September 1910 - Januar 1911). Ebenfalls relevant ist der Eintrag „Kan absolute \odot 's bew. uit ecl. ? sat. bepaald werde(?)“; S. 52-7 vom Januar 1910. Da ich mich aufgrund der begrenzten Zeit nur an den Einträgen im Inhaltsverzeichnis orientiert habe ist es nicht auszuschließen, dass noch weitere Notizen zum Thema, auch in anderen Notizbüchern, existieren.

⁴Dabei sind die Literaturangaben meist unvollständig, sodass man nicht hundertprozentig sicher sein kann, ihnen die korrekten Artikel zuzuordnen. Nicht im Artikel genannt wurden etwa Schwarzschild, „Zur Elektrodynamik“, *Göttinger Nachrichten* (1903), S. 126-41/245-78 (S8, S. 44), M. Born „Die Theorie des starren Elektrons in der Kinematik des Relativitätsprinzips“, *Annalen der Physik* **30** (1909), S. 1-56 (S8, S. 48), A. Sommerfeld „Über die Zusammensetzung der Geschwindigkeiten in der Relativtheorie“, *Physikalische Zeitschrift* **10** (1909), S. 826-9 (S8, Zettel zwischen S. 66-7).

⁵Vom 24.-29.10.1910 hielt er dort 6 Vorlesungen, siehe [Lorentz10].

⁶[Lorentz10, S. 1239]

⁷“I also owe much to conversations with and advice from my colleague Professor Lorentz.”, [deSitter11c,

tizen de Sitters Aspekte der Thematik, die später sowohl in Lorentz Vortrag als auch in de Sitters Artikel aufgegriffen wurden (etwa die Frage nach der Möglichkeit, anhand der Verfinsterungen der Jupitersatelliten die Absolutgeschwindigkeit des Sonnensystems zu bestimmen, s.u.)^{1,2} Ein sehr konkreter Beweis ihrer Zusammenarbeit ist auch diese Anmerkung de Sitters: „Siehe beiliegendes Zettelchen von Lorentz.“³ Sie bezieht sich auf von Lorentz notierte Kraftgesetze, mit welchen dann weitergerechnet wurde.

Ich skizziere nun den Inhalt der de Sitterschen Arbeit zu den astronomischen Auswirkungen des RP und verweise selektiv auf entsprechende Einträge im Notizbuch S8.⁴

Er verfolgte in dieser Arbeit einen pragmatischen Ansatz, denn er betrachtete die Thematik insgesamt vom Standpunkt des praktischen Astronomen aus: “[I]nvestigating only such effects as may be expected to yield the possibility of an empirical verification of the principle.”⁵ Er klammerte interessante mathematische Fragen, aufgeworfen durch eine Bemerkung Poincarés, dabei aus.⁶ Ebenso verwies er in Bezug auf die *physikalische Bedeutung* des Prinzips auf vorausgegangene, erklärende Veröffentlichungen von H.C. Plummer und E.T. Whittaker⁷, da: “The mathematical formulæ are all that is required for our purpose.”⁸ In dieselbe Richtung zielte auch seine längere Bemerkung in der Fußnote zu den genannten Veröffentlichungen, in der er Stellung zur Verwendung des Ätherkonzepts nahm (vgl. dazu Abschnitt 5.3):

Both authors make free use of the word “aether”. As there are many physicists nowadays who are inclined to abandon the aether altogether, it may be well to point

S. 389]

¹S8, S. 52-7

²Dabei wurden die Aspekte bei Lorentz meist nur knapp angesprochen und von de Sitter dann tiefer untersucht und quantifiziert (was ich an den entsprechenden Stellen weiter unten anmerke).

³Meine Übersetzung von: „Sie bijligend papiertje van Lorentz.“, S8, S. 86, 24.09.1910.

⁴Ein kurzer Abriss zum Inhalt von [deSitter11c] findet sich in [Creinsten06, S. 38-40].

⁵[deSitter11c, S. 388]

⁶“Poincaré has made the remark that some of the difficulties of the problem of three bodies are due to the fact that in the undisturbed motion the nodes and perihelia are fixed. Now, with a law of attraction which is in conformity with the principle of relativity, the perihelion has a motion even in the problem of two bodies, and it is probable that such questions as the existence of periodic solutions and the convergence of series entirely change their aspect.”, [deSitter11c, S. 388].

⁷[Plummer10] stellte Astronomen das RP vor, machte am Beispiel eines bewegten Parabolspiegels die Kompensation durch die Fitzgerald-Kontraktion deutlich, gab Lorentz-Transformationen an und leitete ein mit dem RP verträgliches Aberrationsgesetz her. Am Ende (S. 265) äußerte Plummer die Hoffnung, dass, falls die Gravitation doch keines elektromagnetischen Ursprungs sei (und damit keine Kompensation durch die Kontraktion eintrete), man doch durch astronomische Beobachtungen die durch die Translation durch den Raum verursachten Abweichungen der anerkannten Gesetze feststellen könnte. Als Beispiel führte er die durch Poincaré erörterte Vereinbarkeit der Endlichkeit der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitation mit dem RP an und stellte abschließend fest (S. 266): “Such questions are in the highest degree subtle and intricate as well as interesting. What is desired to point out is that the developments of modern physical theory concern the astronomer no less than the physicist.” NB: Von Eddington hatte er einen Tip erhalten, wie und wo beim RP Kompensationseffekte auftreten, vgl. [Plummer10, S. 262]. In [Whittaker10] wurde nur die physikalische Bedeutung erörtert (im Übrigen auch ohne Einstein zu erwähnen). Zu den Artikeln von Plummer und Whittaker siehe auch [Creinsten06, S. 28-36].

⁸[deSitter11c, S. 389]

out that the principle of relativity is essentially independent of the concept of an aether, and, indeed, is considered by some to lead to a negation of its existence. Astronomers have nothing to do with the aether, and it need not concern them whether it exists or not. All Mr. Plummer's results remain true, and retain their full value, if the "aether" is eliminated from his terminology. And also in Mr. Whitaker's note the word "aether" is not essential, except, of course, from an historical point of view.¹

Diese Aussage erinnert an den Standpunkt von Poincaré, der 1898 bzw. 1900 dazu äußerte:

It matters little whether the ether really exists; that is the affair of metaphysicians. [...] [No] doubt, some day the ether will be thrown aside as useless.²

Die Vermutung liegt nahe, dass de Sitter mit seinen Bemerkungen zu Formeln und Äther eine möglichst objektive Aufnahme seiner Ergebnisse erreichen wollte und bemüht war, „Glaubensfragen“ herauszuhalten, zumal er in einem britischen Journal veröffentlichte.³ Weiterhin nutzte er aus, dass in der Positional Astronomy dieser Zeit der Äther keine Rolle spielte und wenn man ihn vernachlässigte oder ignorierte, dies keine Auswirkungen auf die astronomischen Ergebnisse hatte.⁴

Ausgehend von folgender Hauptfrage begann de Sitter, die benötigten Gleichungen für die Planetenbewegungen⁵ herzuleiten:⁶

What is the law of force that must replace Newton's law, and what is the motion of a planet under this law? So far as this differs from ordinary Keplerian motion, we shall have to consider the question whether the differences are large enough to be verified by observation.⁷

Er schickte vorweg, dass er für die von ihm angegebenen Formeln und Ergebnisse keinesfalls als Urheber gelten wolle:

¹[deSitter11c, S. 389, Fn. †]

²Zitiert nach [Katzir05a, S. 286].

³Siehe dazu auch [Warwick03, S. 453f].

⁴[Warwick03, S. 454]

⁵Cunningham hatte später angemerkt: "In seeking for phenomena which may throw some light on the mechanical theory that has been developed in connection with the principle of relativity, one is almost necessarily limited to the consideration of planetary motion.", [Cunningham14, S. 171].

⁶In seinen Notizen hatte er für sich festgestellt: „Nun kann man zwei Dinge tun: 1. Das Relativitätsprinzip annehmen [...] 2. Oder das Relativitätsprinzip verwerfen [...] Dies aber lieber aufschieben bis vollständig untersucht ist was aus der theoretischen Astronomie wird wenn das Newtonsche Gesetz ersetzt wird durch das von Lorentz.“ (meine Übersetzung von: „Nu kan men twee dingen doen: 1. Het relativiteits principe aannemen [...] 2. Of het relativiteits principe verwerpen [...] Dit echter liever uitstelling tot volledig nagegaan is wat er van de theor. astr. wordt als de wet van Newton vervangen wordt door die van Lorentz.“, S8, S. 104-5, Unterstreichung im Original.)

⁷Frage (a) nach [deSitter11c, S. 390]. Frage (b) zielte auf die Transformationsformeln für Bewegungen ab.

Also I do not claim originality for any of the formulæ or results given below. The starting-point of my investigations has been the papers by Poincaré and Minkowski.¹ The manner in which the equations of motion are derived below is entirely derived from the last section of Poincaré's paper.²

Man sollte noch bemerken, dass er im gesamten Artikel zwar die Gravitation beschreibend behandelte, aber keinerlei Stellung dazu nahm, welche Erklärung sie habe, wie es etwa die Theorien taten, die ihr einen elektromagnetischen Ursprung zuschrieben. Dadurch bleibt unklar, warum er dies ausgelassen hat. Vielleicht war er derselben Meinung wie Poincaré, der nicht von der elektromagnetischen Grundlage der Gravitation überzeugt war?³ Sah er es ebenso wie Cunningham, der 1914 von "the entirely obscure question of the physical nature of gravitation"⁴ sprechen würde? Vielleicht ging es ihm wirklich ausschließlich um die mögliche Überprüfung des RP, für die eine Erklärung der Kraft nicht notwendig war?

Er begann jedenfalls damit, die Formeln für die Lorentztransformation von Grund auf zu entwickeln. Das er dies tat begründete er mit der ihm ungewohnten Literatur:

Very probably most of them have already been published elsewhere in the same form, but I found it easier to work them out for myself than to search for them in an unfamiliar literature.⁵

Dies ist, denke ich, ein typisches Beispiel für seine Arbeits- und Vorgehensweise.⁶ Diese wurde geprägt von großer Sorgfalt bei Angabe und Herleitung von Gleichungen und Formeln und seinem Streben, diese stets selbst nachvollziehen zu können. Davon kann man sich in den genannten Notizbüchern überzeugen, worin solche Ableitungen meist durchgeführt wurden, und wo es zahlreiche Beispiele dazu gibt. Wenn es darum ging, sich auf neuem Terrain zu bewegen, wurde dieses Streben ganz besonders deutlich. Als de Sitter krankheitsbedingt nicht in Leiden war, sondern in einem Sanatorium (siehe Abschnitt 6.3.2), wo ihm nur wenige Unterlagen zur Verfügung standen und er gerade mitten in der Kontroverse mit Einstein steckte, schrieb er zunächst an Lorentz

Obwohl ich nicht im Stande war (oder bin) die Formeln die Sie angeben selbst abzuleiten, war ich doch zur selben Schlussfolgerung gelangt, [...] ⁷

um sich vier Tage später erneut dazu zu äußern:

¹Dass de Sitter auf Poincarés Theorie der Gravitation von 1906 aufgebaut hatte, wurde in Whittakers *Aether and Electricity* (1953) im historischen Rückblick auf Gravitation (der durchaus mit Vorsicht zu genießen ist, siehe [Crelinsten06, S. 31/35]) erwähnt "He [Poincaré] suggested modifications of the Newtonian formula, which were afterwards discussed and further developed by H. Minkowski and by W. de Sitter.", [Whittaker53, S. 151] und 1975 in [Roxburgh75, S. 606] ebenfalls zur Kenntnis genommen: "The theory was extended by de Sitter (1911) [...]".

²[deSitter11c, S. 389]

³[Katzir05a, S. 283], [Walter07, S. 198]

⁴[Cunningham14, S. 172]

⁵[deSitter11c, S. 390]

⁶Vgl. auch die Einschätzung bei [deSitter98, S. 6].

⁷Meine Übersetzung von: „Hoe wel ik niet in stant was (of ben) de formules die U geeft zelf af te leiden, was ik toch al het dezelfde conclusie gekomen, [...]“, de Sitter an Lorentz, 24.06.1917, RNH.

Das ganze an Büchern etc. ist jedoch alleine von Bedeutung in sofern es ~~noch(?)~~
~~in(?)~~ ich dadurch nicht im Stande bin die Notation gänzlich zu vergleichen und jede
der Formeln die Sie ohne Beweis angeben zu kontrollieren, aber übrigens glaube
ich dass ich nun alles vollständig begreife.¹

Bei der Herleitung des verträglichen Kraftgesetzes streifte er auch die Frage der Ausbreitungsgeschwindigkeit der Gravitation, die nach der Newtonschen Theorie „unendlich“ war (Fernwirkung), hier nun aber endlich werde:²

The equation (8)³ states that the force is propagated through space with the velocity of light. This is, of course, an arbitrary assumption, which is not a necessary consequence of the principle of relativity. The velocity of propagation might be defined by *any* invariant of the transformation containing $c(t_1 - t_2)$, put equal to zero. But it is a natural assumption, and the most simple which can be made.⁴

Dies kommentierte er nicht weiter und arbeitete sich über die allgemeinen Bewegungsgleichungen⁵ (ohne explizites Kraftgesetz) vor zu dem Kraftgesetz⁶. Dieses gab er in den beiden Formen an, wie sie von Minkowski (I) und Lorentz, resp. Poincaré (II) bevorzugt wurden⁷ – diese stammten ursprünglich von Poincaré⁸ und waren nicht eindeutig, da man aus ihnen beliebige weitere erzeugen könnte durch Multiplikation mit einer Invarianten⁹, worauf de Sitter wie vor ihm Poincaré hingewiesen hatte (dies war vermutlich auch ein Grund dafür, warum der Poincarésche Ansatz weniger attraktiv für Physiker gewesen war¹⁰).

¹Meine Übersetzung von: „Dit gehele an boeken etc. is echter alleen van belang in zooverre het ~~nog(?)~~
~~in(?)~~ ik daardoor niet in stant ben de notatie heelemaal te vergelijken, en enkele der formules die U
zonder bewijs geeft te controleren, maar overigens geloof ik dat ik nu wel alles geheel begrijp.“, de
Sitter an Lorentz, 28.06.1917, RNH.

²vgl. Fußnote 7, S. 43

³ $c(t_1 - t_2) = \Delta = \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + (y_1^2 - y_2) + (z_1 - z_2)^2}$

⁴[deSitter11c, S. 393]. In [Warwick03, S. 453] findet sich dazu: “He [de Sitter] claimed that the principle had been fully established in the case of electromagnetic processes and argued that if, as some physicists had suggested, the principle was universally valid, then gravitational effects must also be propagated with the velocity of light.” Dies steht, wie ich finde, offensichtlich im Widerspruch zu de Sitters zitierter Aussage.

Poincaré hatte als Ausbreitungsgeschwindigkeit die Lichtgeschwindigkeit gewählt, weil dadurch eine seiner für das gesuchte Gravitationsgesetz zu bestimmenden Invarianten wegfiel, siehe [Walter07, S. 203].

⁵S. 394

⁶S. 396f

⁷Kottler wies 1922 darauf hin, dass Gesetz II der „relativistischen Verallgemeinerung des Newtonschen Gesetzes“ entspräche und Gesetz I „nicht den Unterschied zwischen Minkowskischer und Newtonscher Kraft“ berücksichtige, daher vom „Standpunkt der Mechanik der sp. Rel.th. abzulehnen“ sei, [Kottler22, S. 171]. Eine vergleichende Untersuchung der Gesetze von Poincaré und Minkowski (sowie Sommerfeld) findet sich in [Walter07].

⁸Siehe dazu [Kottler22, S. 171] bzw. [Poincaré06, S. 174f].

⁹vgl. dazu auch [deSitter17f] bzw. das Ende von Abschnitt 5.1

¹⁰So vermutet in [Katzir05b, S. 23].



Himmelskörper	$\delta\tilde{\omega}$
Merkur	+7,15"
Venus	+1,43"
Erde	+0,639"
Mars	+0,0225"
Jupiter	+0,0104"
Saturn	+0,0023"
Uranus	+0,00040"
Neptun	+0,00013"
 Encke	+0,308"
 Halley	+0,0071"

Tabelle 2.1. – „endgültige“ Periheldrehung folgend aus dem Relativitätsprinzip aus [deSitter11c, S. 405]

Er berechnete in beiden Fällen die entsprechenden Bewegungsgleichungen für die Planetenbewegung¹. Mit diesen begann er dann, die auftretenden Abweichungen zu berechnen. Die erst von ihm festgestellte Abweichung ergab sich bei I, wenn man den Unterschied betrachtet zwischen der Umlaufzeit der Erde gemessen in geozentrischer im Vergleich zur heliozentrischen Zeit:²

The length of the year appears to be different when measured in geocentric or in heliocentric time. This, of course, is a purely formal change of unit, and has nothing to do with the number of days in the year.³ The difference between heliocentric and geocentric time, apart from this change of unit, is purely periodic.⁴

Diese periodische Abweichung erwies sich jedoch als zu klein für einen möglichen Nachweis. Um weitere Abweichungen in den Bahnelementen für I und II zu bestimmen, wendete er Methoden der Störungsrechnung⁵ an („variation of elements“) und kam zu dem Ergebnis, dass sämtliche hierbei auftretende periodische Terme vernachlässigbar seien.⁶

Es blieben noch die säkularen Störungen⁷ für eine möglicherweise messbare Abweichung übrig, und von diesen war die Periheldrehung diejenige, die überhaupt für einen merklichen Effekt in Frage kam.⁸ Er gab die sich mittels der hergeleiteten Formel ergebenden Werte für alle Planeten⁹ und zwei Kometen an (siehe Tabelle 2.1) und wies

¹Unter Vernachlässigung der Masse des Planeten (wobei dann der beschleunigungsfreie Ursprung des Koordinatensystems mit der Sonne zusammenfällt) ergaben sich für den Fall I: $\frac{d^2\mathbf{x}}{d\tau^2} + k^2 M \frac{\mathbf{x}}{r^3} = 0$ und für II: $\frac{d}{dt} \frac{d\mathbf{x}}{d\tau} + k^2 \frac{M}{r^3} = 0$, siehe S. 400. Die fett gesetzten Variablen sind die in dieser Arbeit von de Sitter verwendeten simultanen Relativkoordinaten (beispielsweise $\mathbf{x} = x_1 - x_2$), siehe [deSitter11c, S. 393]. Diese recht ungewöhnliche Notation fand scheinbar weder bei de Sitter noch anderen Autoren wiederholte Verwendung, siehe [Walter07, S. 195].

²Um den Unterschied zu ermitteln hatte er genauer gerechnet als Minkowski, denn „Mit dieser Näherung - die Minkowski schon angibt - ist aber der Astronom nicht zufrieden.“ (Meine Übersetzung von: „Met deze benadering - die Minkowski reeds aangeeft - is echter de astronom niet te vreden.“, S8, S. 106.)

³Scheinbar konnte er nicht unbedingt davon ausgehen, dass seinen Lesern dies bekannt war und um Missverständnisse zu vermeiden wies er explizit darauf hin.

⁴[deSitter11c, S. 402f]

⁵Die enthaltenen Druckfehler wurden zum Teil in [deSitter16, S. 725] verbessert, worauf Kottler in [Kottler22, S. 172, Fn 16] hinwies. Fehlerkorrekturen fanden sich aber auch in *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **71** (1911), S. 524.

⁶[deSitter11c, S. 405]

⁷siehe Anhang B

⁸Lorentz zuvor: „Es gibt da neben vielen kurzperiodischen Störungen, die keine Bedeutung haben, eine säkulare Bewegung des Perihels der Planeten.“, [Lorentz10, S. 1239].

⁹Pluto war zu diesem Zeitpunkt noch nicht entdeckt worden.

darauf hin, dass prinzipiell auch beliebige Vielfache der berechneten Werte möglich wären, ging darauf aber nicht weiter ein.¹ Neben *seinen* Werten wies er auch auf bereits früher für die Abweichung der Periheldrehung des Merkur veröffentlichten Werte durch Wacker (7,2")² und Lorentz hin.³

Lorentz hatte in seinem Vortrag in Göttingen einen vorläufigen Wert de Sitters angegeben, der zunächst 6,69" berechnet hatte.⁴ Diesen Wert findet man in seinen Notizen in S8, S. 91 zusammen mit Werten für die anderen Planeten (siehe Tabelle 2.2), wobei er als Grundlage hier die Lorentzsche Theorie verwendet hatte.⁵ Zwei Seiten zuvor hatte er in ihnen schon für Merkur und Erde Werte ausgerechnet (+6,848" resp. 0,65") und bemerkt, dass sie für die äußeren Planeten nicht nachweisbar wären.⁶ Dieses Ergebnis

¹“The two laws I. and II. are the only ones that have been actually proposed, but we can, without violating the principle of relativity, multiply the forces by any power of C, and consequently any (positive or negative or even fractional) multiple of the quantities (37) [den berechneten Werten] will be in agreement with the principle.”, [deSitter11c, S. 406]. Ludwik Silberstein hatte 1917 in Unkenntnis der de Sitterschen Arbeit von 1911 untersucht, ob die Merkurperiheldrehung auf Basis der SRT erklärt werden könnte, [Silberstein17]. In seiner Formel kam ein Faktor sogar explizit vor. De Sitter hatte darauf in einem Leserbrief reagiert, siehe Abschnitt 5.1.

²Wacker hatte in seiner Dissertation „Über Gravitation und Elektromagnetismus“ versucht herauszufinden, ob die „Lorentzsche Theorie der elektromagnetischen und optischen Erscheinungen, die mittels einer Modifikation die Gravitation mit umfasst“ ([Wacker09, S. 8]) eine Erklärung der vier durch das Newtonsche Gesetz nicht erklärbaren Abweichungen (in der Planetenbewegung im Sonnensystem) nach Newcomb gestattet. Seine Berechnungen für die Periheldrehung des Merkur, zunächst für einen ruhenden, dann für einen bewegten Zentralkörper, lieferten jedoch zu geringe Werte, um die tatsächliche Abweichung befriedigend zu erklären: Nach Abrahams Theorie (Elektronen starr) ergaben sich 5,8" (S. 38), nach Lorentz' Theorie (Elektronen deformierbar) 7,2" (S. 39) bei ruhender Sonne und für eine bewegte Sonne waren die Werte sogar noch kleiner. Weil diese Werte weit von der beobachteten Abweichung entfernt waren und auch die Experimente von Michelson-Morley und Trouton-Noble gezeigt hatten, dass die Theorie von Lorentz in 2. Ordnung nicht korrekt war, sah Wacker von weiteren diesbezüglichen Rechnungen ab und wandte sich der „modifizierten Lorentzschen Theorie, der Relativitätstheorie“ zu, „die sich der Erfahrung gegenüber besser zu bewähren scheint“ (S. 49). Der danach berechnete Wert waren die von de Sitter angegebenen 7,2" (S. 58).

Unter Hinweis auf die erfolgreiche Seeligersche Erklärung der Anomalien durch die Zodiakallichttheorie „rettete“ Wacker trotz der Diskrepanz in seinem Fazit die Lorentzsche Theorie, denn wenn bereits die feine Materie um die Sonne alles erkläre seien die Anomalien kein brauchbarer Test für die neue Theorie, die außerdem keine weiteren Abweichungen mit sich brächte und „infolgedessen könnte sie vielleicht doch auf die Gravitation anwendbar sein“ (S. 59), vgl. hierzu auch [North67, S. 50].

De Sitter wies auch auf Wilkens' ähnliche Untersuchung „Zur Elektronentheorie“, *V.J.S.* (1904), S. 209, hin, dessen Formeln allerdings nicht mit dem RP verträglich waren (wie er in S8, S. 65 nach Betrachtung des Kraftgesetzes festgestellt hatte: „Wilkins ist somit allerdings falsch. – (was auch Wacker anmerkt)“, meine Übersetzung von: „Wilkins is dus wel fout. – (wat ook Wacker beneent(?))“) und folglich hier keine Bestätigung erfahren konnten.

³[Lorentz10, S. 1239]

⁴Roseveare irrt, wenn er schreibt “Lorentz himself produced an expression similar to that of Poincaré, resulting in a 6".69 advance per century for Mercury's perihelion (Lorentz 1910, pp. 1239-40).”, [Roseveare82, S. 162], denn an angegebener Stelle findet sich „Prof. de Sitter berechnet diese für den Merkur zu 6".69 pro Jahrhundert.“, [Lorentz10, S. 1239].

⁵siehe etwa S8, S. 110

⁶„und für äußere Planeten völlig unmerklich“, meine Übersetzung von „en bij buite planeten geheel onmerkbaar“, S8, S. 89

hatte er allerdings nachträglich mit roter Schrift als „ungültig“ markiert, da die Rechnung „sehr unvollständig“¹ sei.²

Im Anschluss an die Planetenbahnen prüfte er, ob eine in der Mondbahn auftretende Periheldrehung auffindbar wäre, und kam dabei wieder zu einem negativen Ergebnis.³ Aufgrund der Kleinheit aller auftretenden Werte lautete sein Fazit die Periheldrehung betreffend wie folgt:

We are thus left with the motion of the perihelion of Mercury as the only effect which reaches an appreciable amount [7,15"]. Unfortunately this same motion presents the well-known excess [er gab in dem Artikel keinen Wert an!] of observation on theory, which has been explained by Seeliger by the attraction of the masses forming the zodiacal light. Until we have some independent means of accurately determining this mass – which seems a very remote possibility indeed – any motion of the perihelion of Mercury within reasonable limits can be so explained.⁴

Anscheinend wusste de Sitter nicht, dass Poincaré 1908 bereits ähnlich geschlossen hatte, denn er verwies nicht auf dessen Veröffentlichung „La dynamique de l'électron“⁵, wo dieser im Abschnitt „Comparaison avec les observations astronomiques“ mögliche Auswirkungen bzw. Nachweismöglichkeiten angegeben hatte (auch bei Wacker findet sich kein Verweis hierauf). Poincaré hatte festgestellt, dass die größten Effekte sich beim Merkurperihel ergäben – unter Annahme eines starren Elektrons nach Abraham 5,6" und nach Lorentz deformierbaren Elektron 7" , beim Mond hingegen die Differenzen nicht messbar wären:

Himmelskörper	$\delta\tilde{\omega}$
Merkur	+6,693"
Venus	+1,435"
Erde	+0,638"
Mars	+0,0223"
Jupiter	+0,0103"
Saturn	+0,0023"
Uranus	+0,00040"
Neptun	+0,00013"

Tabelle 2.2. – Periheldrehung folgend aus Lorentz' Theorie der Gravitation, vorläufige Werte aus S8, S. 91

of Mercury's perihelion, in the same manner as the one that was observed without being explained, but notably smaller. This cannot be regarded as an argument for the new dynamics, because one will always have to find another explanation for the larger part of Mercury's anomaly; yet this can be regarded even less as an argument against it.⁶

In conclusion, *the only appreciable effect on astronomical observations will be a motion*

¹„Dies ist sehr unvollständig“, meine Übersetzung von: „Dit is zeer onvolledig“, S8, S. 89. Die darunterstehende Begründung dafür ist leider schlecht lesbar, es scheint aber an Termen zu liegen, die er nicht hätte vernachlässigen dürfen.

²Auf S. 68 hatte er noch einen anderen Wert, die Verschiebung der Knoten von Merkur berechnet.

³„These quantities are too small to be detected from Observation. Even the value of $\delta\tilde{\omega}$ [1,272"] for law I. is well within the limits of uncertainty of the observed value.“, [deSitter11c, S. 408]. Siehe auch S8, S. 132-5.

⁴[deSitter11c, S. 408f]. Lorentz hatte darauf hingewiesen, dass die Exaktheit der Messungen wesentlich gesteigert werden müsste, um bei der recht großen Diskrepanz eine Entscheidung fällen zu können, [Lorentz10, S. 1240].

⁵[Poincaré08]

⁶Zitiert nach [Katzir05b, S. 23]: „En résumé, *le seul effet sensible sur les observations astronomiques*

Allerdings hatte er nicht angegeben, wie er zu den Werten gekommen war.¹

Es war also offensichtlich, dass sich das RP nicht alleine als Erklärung für die beobachtete Abweichung eignete. De Sitter führte eine Möglichkeit auf, wie sich das RP in die bestehende Theorie integrieren² ließ: Wenn man in Seeligers Theorie die Rotation des Systems aufgabe und stattdessen die Periheldrehungen ermittelt aus dem RP hinzufügte, dann würden sich bei den weiteren Abweichungen (z. B. Knoten der Venus) keine großen Änderungen ergeben, wenn man zusätzlich die Dichte des zweiten Ellipsoiden erhöhen würde:³ “[T]he representation would thus be on the whole very satisfactory.”⁴ De Sitters Position gegenüber von Seeligers Theorie hatte sich im Laufe der Zeit noch mehrfach geändert.⁵ Auf den Verzicht der angenommenen Rotation folgte deren unbedingte Notwendigkeit (siehe hier und Abschnitt 2.1.2), bis er schließlich die komplette Theorie als überholt (durch die ART) ansah, siehe Abschnitt 5.1.

Im letzten Viertel seines Artikels berechnete de Sitter weitere mögliche Effekte aus dem RP. Hier klärte er zunächst, ob durch eine Lorentztransformation von Ekliptik (Bahnebene der Erde) und Himmelsäquator (Äquatorebene der Erde) sich bei Schnittpunkten oder Schnittwinkel Abweichungen ergäben.⁶ Der gefundene Wert war jedoch mit $\Delta\Upsilon = -0,0000044$ pro Jahrhundert zu klein (“insensible”) für einen Nachweis.⁷ Des Weiteren stellte er für einen Orbit fest, dass reale und transformierte Bahn sich nur in 2. Ordnung voneinander unterschieden.⁸

Bevor er abschließend feststellte, dass in der Frage der Absolutgeschwindigkeit des Sonnensystems das RP aufgrund der Kleinheit der Effekte keinen entscheidenden Beitrag leisten könne⁹ und auch bei der Astronomischen Zeit keine Anpassung nötig sei¹⁰,

serait un mouvement du périhélie de Mercure, de même sens que celui a été observé sans être expliqué, mais notablement plus faible. Cela ne peut pas être regardé comme un argument en faveur de la nouvelle Dynamique, puisqu’il faudra toujours chercher une autre explication pour la plus grande partie de l’anomalie de Mercure; mais cela peut encore moins être regardé comme un argument contre elle.“, [Poincaré08, S. 400], Hervorhebung im französischen Original.

¹In späteren Veröffentlichungen hatte Poincaré von diesen abweichende, jeweils unterschiedliche, kleinere Werte für Merkur angegeben. Das brachte Katzir zu der Vermutung, dass Poincaré mit der Thematik sorglos umgegangen war, siehe [Katzir05b, S. 36, Fn 20].

²Dass dies ging begründete er in seinen Notizen: „Seeliger’s Argumentation bleibt unter dem Relativitätsprinzip ebenso gültig wie in der Newtonschen Mechanik – da doch die Bahnebenen konstant bleiben.“ (meine Übersetzung von: „Seeliger’s redeneering blijft in relativiteits principe evenzoo van kracht als in Newton’sche mechanica – daar immers de baanvlakken constant blijven.“, S8, S. 115)

³[deSitter11c, S. 409] bzw. S8, S. 116, wo die Werte tabellarisch verglichen wurden

⁴[deSitter11c, S. 409]

⁵Dass sich sein Standpunkt später geändert hatte, darauf wies de Sitter am 29.07.1922 Kottler in einem Brief hin (zu dem Briefwechsel de Sitter - Kottler siehe Abschnitt 4.2).

⁶Anders ausgedrückt die Abweichung zwischen der Präzessionskonstante bestimmt durch (a) die Bewegung des Sonnensystems und (b) durch die Fixsterne, [deSitter11c, S. 409ff].

⁷[deSitter11c, S. 415], vgl. S8, S. 113

⁸[deSitter11c, S. 412]

⁹[deSitter11c, S. 414]

¹⁰Die Unterschiede in der Eigenzeit der Systeme „Pendel einer Uhr“, „Erdmittelpunkt“ und „Sonne“ erwiesen sich als zu gering um sie berücksichtigen zu müssen, [deSitter11c, S. 415] siehe auch

widmete er sich einer Frage, die sich in seinen Notizen¹ vom Januar 1910 und dann in Lorentz drittem Vortrag in Göttingen fand (und die bei diesem von den Fragen bzgl. Nachweis/Widerlegung des RP den meisten Platz eingenommen hatte).

Es ging dabei um Maxwells Idee, durch Beobachtung der Verfinsterungen von Jupitermonden die Absolutgeschwindigkeit des Sonnensystems gegenüber dem Äther festzustellen.² Bei ihrem Eintauchen in den Schatten des Jupiter müssten sich Verfrühungen bzw. Verspätungen ergeben, bedingt durch die zu verschiedenen Zeitpunkten jeweils unterschiedliche Geschwindigkeitskomponenten der Monde zur Bewegungsrichtung des Sonnensystems im Äther (dabei wurde angenommen, dass sich Licht- und Äthergeschwindigkeit je nach Ausrichtung addieren bzw. subtrahieren, vgl. auch Abschnitt 2.2.1). Nach dem RP dürfte sich aber aus dem System heraus nicht die Geschwindigkeit des Systems als solches bestimmen lassen, denn "it must be impossible by observations on bodies belonging to one and the same system to detect a motion of the whole system."³ Davon, dass dies mit der vorgeschlagenen Methode prinzipiell *überhaupt* funktionieren könnte, hatte de Sitter sich in seinen Notizen im Notizbuch S8 überzeugt.⁴ In seinem Artikel verwendete er dasselbe, vereinfachte System⁵ wie Lorentz um zu zeigen, dass in diesem, auch wenn man es einer Lorentz-Transformation unterwirft, die Ankunftszeiten von Licht immer gleich sein würden⁶ und schloss wie Lorentz, der festgestellt hatte, dass durch die Beobachtung der Verfinsterungen eine Überprüfung des RP möglich sei:

Es kann daher die Feststellung, ob eine Verfrühung oder Verspätung der Verfinsterungen wirklich eintritt, zur Entscheidung für oder gegen das Relativitätsprinzip benutzt werden.⁷

Sowohl Lorentz⁸ als auch de Sitter⁹ verwiesen auf bereits erfolgte Berechnungen dazu von Burton¹⁰, welche aber keine Entscheidung zuließen, da die Messgenauigkeit dafür noch nicht hinreichend war (was er durch Zahlenangaben wie die Abweichung für die

[deSitter11c, S. 403]. Lorentz: „Bei einer absoluten Genauigkeit wäre auch der Unterschied der „Eigenzeit“ der Erde von der Zeit des Sonnensystems zu berücksichtigen“, [Lorentz10, S. 1240].

¹Box 21C, S8, S. 52-7

²[deSitter11c, S. 413]. Offenbar war diese Idee 1909 wieder hervorgeholt worden, denn de Sitter hatte in seinen Notizen festgehalten: „N.B.₁ Idee hat Ende 1909 in ein oder anderer Zeitschrift gestanden.“ (meine Übersetzung von: „N.B.₁ Idee heeft eind 1909 in een of anders tijdschrift gestaan.“, S8, S. 52.). Um welche Artikel es sich dabei handelt, könnte man gelegentlich zu ermitteln versuchen.

³[deSitter11c, S. 412]

⁴Seine „Fragestellung“ „Hiermit \odot 's absolute snelheid te bepalen. Is dit juist of fout?“ (Box 21C, S8, S. 52) hatte er nach ein wenig Rechnung mit „het is juist“ (S. 56) beantwortet.

⁵Die Sonne im Ursprung der xy-Ebene liegend wird in dieser Ebene von einem Planeten umkreist, von dem aus bei jedem Durchgang durch die y-Achse ein Lichtsignal zum Beobachter auf der Sonne gesendet wird, [deSitter11c, S. 412].

⁶Er berechnete, dass die auftretenden Effekte sich exakt kompensieren, [deSitter11c, S. 413]. Siehe dazu auch seine Notizen in S8, S. 57.

⁷[Lorentz10, S. 1240]

⁸[Lorentz10, S. 1240], ohne jedoch genauere Literaturangaben zu machen. In [Lorentz14b, S. 24f] wurde die Methode von Lorentz mit gleichem Ergebnis erneut dargestellt.

⁹[deSitter11c, S.]

¹⁰[Burton10]

Verfinsterungszeit von $0^S.10$ mit Periode von 12 Jahren untermauerte):¹

Our observations, as well as our knowledge of the principal constants of the theory, must become many times more accurate than they are now, before it will be possible to detect the existence of an inequality of this amount.²

Diese Aussage traf auch auf das Resultat *insgesamt* zu: Nur eine Steigerung der Messgenauigkeit könne eine experimentelle Bestätigung oder Widerlegung des RP ermöglichen. Er konnte aber zeigen, dass sich unter einer geringen Modifikation der bisherigen Seeligerschen Theorie das RP integrieren ließ, ohne *neue* Abweichungen einzuführen.

Eine Erklärung der Merkurperiheldrehung konnte de Sitter ebenfalls nicht geben – und das aus zwei Gründen: Wie schon Poincaré bemerkt hatte, war der für Merkur berechnete Wert einfach zu klein, um die vollständige Abweichung hinreichend zu erklären. Die Seeligersche Theorie hingegen war aufgrund ihrer Flexibilität bei der Anpassung der Parameter (etwa Masse der einzelnen Ellipsoide) in der Lage, den vollen Wert zu erklären, weshalb die Merkurperiheldrehung als „Test“ eigentlich unbrauchbar war, wie schon zuvor von Wacker bemerkt.³ Des Weiteren konnte man die Poincarésche Theorie durch ihren freien Parameter (invarianter Faktor) an jeden Wert für die Periheldrehung des Merkur anpassen – eine eindeutig nachzuprüfende Vorhersage wie später bei der ART im Falle der Lichtablenkung war dadurch nicht möglich.⁴

De Sitter hatte 1913 die Thematik der Abweichungen erneut aufgegriffen, doch bevor dies im Folgenden dargestellt wird, möchte ich zunächst noch einen Blick auf die Resonanz werfen, die seine Arbeit von 1911 gefunden hatte.

Soweit mir bekannt, gab es allgemein nicht viele Reaktionen auf de Sitters Versuch von 1911, das RP empirisch zu verifizieren (einige Erklärungen dafür wurden vorstehend genannt). Am 10.03.1911 wurde sein Artikel von Eddington beim “Meeting of the Royal Astronomical Society” vorgestellt. Er berücksichtigte dabei, dass er in den Astronomen „relativistische Laien“ vor sich hatte:

Dr. de Sitter’s paper is largely occupied with mathematical investigations, and as the subject is probably not very familiar to astronomers generally, perhaps I had better begin by explaining a little about the Principle of Relativity, why we need such a principle, and why there is reason to believe in it.⁵

In diesem Sinne erläuterte er recht ausführlich die Schwierigkeiten die sich bei der aktuell diskutierten elektromagnetischen Erklärung der Gravitation ergaben (die Masse eines

¹In seinen Notizen hatte de Sitter gleich zu Anfang seiner diesbezüglichen Betrachtungen die Größe des zu erwartenden Effektes abgeschätzt und war zu dem Ergebnis gekommen „N.B.₂ Ob es wahr oder falsch ist kann lediglich “academic interest” haben, da doch zu klein um durch Beobachtung bestimmt zu werden.“ (meine Übersetzung von: „N.B.₂ Of het juist of fout is kan slechts „academic interest“ hebben, daar toch te klein om door observatie bepaald te worden.“, S. 52). Als Zahlenwert hatte er $\delta t = 0.06$ notiert.

²[deSitter11c, S. 414]

³[Wacker09, S. 59]

⁴Vgl. [Katzir05b, S. 27]. NB: Da nach Poincarés Theorie Energie keine Masse hatte, war das Ergebnis der Sonnenfinsternisexpedition von 1919 ihre Widerlegung, siehe [Katzir05b, S. 30].

⁵[RAS11, S. 137]

Körpers war darin von seiner Geschwindigkeit abhängig und daher nicht mehr eindeutig festgelegt) und wie das RP dabei helfe, diese zu beseitigen (durch Kompensation der auftretenden Extra-Masse in einem neuen, mit dem RP verträglichen Gravitationsgesetz).¹ Dass die Kompensationen “with almost diabolical ingenuity” aufträten und uns am Nachweis unserer Bewegung durch den Äther hinderten ließe die einfache Erklärung zu, dass das, wonach wir suchen, nicht vorhanden sei. Er schlug sich in Bezug auf den Äther auf die Seite de Sitters:

If we really understood the nature of æther we should realize that to speak of the motion relative to æther would be as absurd as to speak of motion relative to empty space. I think Dr. de Sitter would go much further than that.²

Erst nach dieser Bemerkung ging er auf die Ergebnisse de Sitters ein, der alle möglichen Wege ausgelotet habe, wie sich das RP in den Planetenbewegungen nachweisen ließe:

It is a very complicated piece of mathematics, and in many points very beautiful analysis. He obtains a great number of practically null results, and the general effects are extremely minute.³

Der einzig merkliche Effekt sei mit 7" beim Merkurperihel vorhanden, was streng genommen nicht vom RP, sondern von der elektrischen Natur der Masse herrühre (was *nicht* bei de Sitter stand, der keinerlei Erklärungsversuche unternahm!). Das RP gebe aber die Grundlage, einen präzisen numerischen Wert zu ermitteln.⁴ Er nannte noch die von de Sitter vorgeschlagene Kombination von Seeligers Hypothese mit dem RP und schloss mit dem Hinweis, dass

[...] it was necessary to prove definitely that it [RP] would not disturb the astronomical theory in any other respect.⁵

Die Vorstellung des Artikels durch Eddington blieb unkommentiert, es folgten weder Fragen, Anmerkungen noch eine Diskussion.

Im Oktober 1911 hatte H.D. Curtis einen in die SRT einführenden Artikel “The Theory of relativity” für Astronomen in den *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* veröffentlicht.⁶ Es war der erste Artikel über RT in einer amerikanischen Astroномiezeitschrift überhaupt⁷ und gab am Ende in Form einer Literaturliste allen Interessierten die Möglichkeit, das Thema weiter zu vertiefen.⁸ Obwohl Curtis sich auch auf

¹[RAS11, S. 138]

²[RAS11, S. 139]. Er spielte damit auf de Sitters Bemerkung an, dass es die Astronomen nicht zu kümmern habe, ob der Äther existiere oder nicht, siehe Zitat S. 43.

³[RAS11, S. 139]

⁴[RAS11, S. 139]

⁵[RAS11, S. 140]

⁶“It is evident that a physical theory worth such possibilities as this may conceivably have many points of interest for the astronomer. In any event, the attention which it has been and is attracting is sufficient reason for its consideration here.”, [Curtis11, S. 220]

⁷[Crelinsten06, S. 40]

⁸Es wurden Werke von 20 Autoren aufgeführt, siehe [Curtis11, S. 229].

Poincaré und Lorentz berief gab er doch Einstein als Haupturheber der Theorie an.¹ Zu den Konsequenzen der Theorie wurde von ihm de Sitters 1911er Arbeit herangezogen und als Hauptergebnis daraus einige der berechneten Periheldrehungen aufgelistet. Da die einzig relevante (Merkur) aufgrund der Seeligerschen Theorie zu keiner Entscheidung führen konnte, war sein Fazit zur de Sitterschen Untersuchung: “It is therefore impossible at present to decide which is the true cause. There is no other effect due to relativity which can be determined astronomically at present.”²

Ob de Sitters Zusammenarbeit mit Lorentz ist es nicht verwunderlich, dass letzterer in seinen Vorträgen in der Teyler Stiftung 1914 auf die von de Sitter konstatierte zu geringe Messgenauigkeit zur Prüfung des RP hinwies und dessen Ergebnis für die Merkurperiheldrehung³ nannte. Ebenso erwähnt er sie in einem weiteren Artikel aus demselben Jahr⁴, in dem er auch schon recht früh Aspekte der Entwurftheorie von Einstein und Grossmann angeschnitten hatte (vgl. Abschnitt 3.1.1).

Ebenfalls 1914 hatte E. Cunningham sein Buch *The Principle of Relativity* veröffentlicht.⁵ In diesem ging er sehr detailliert auf die Problematik der Vereinbarkeit von Gravitationsgesetz und RP ein, zeigte, dass das Newtonsche Gesetz nicht Lorentz-invariant ist und erläuterte darum den Poincaréschen Ansatz.⁶ Um die Übereinstimmung mit astronomischen Beobachtungen zu prüfen, so Cunningham, müsse man die Effekte 2. Ordnung berücksichtigen:⁷ “This has been carefully and exhaustively done by Professor de Sitter.”⁸ Den de Sitterschen Berechnungen widmete er einen eigenen Unterabschnitt (“XIII.16. The second order corrections inappreciable”) und gab dort die von diesem gefundenen Ergebnisse wieder die zeigten: “[T]here is no essential inconsistency between astronomical observations and the Principle of Relativity.”⁹ Interessanterweise verwies Cunningham im Zusammenhang mit der von de Sitter berechneten Merkurperiheldrehung auf die Theorie von Paul Gerber, der 1898 ohne das RP einzubeziehen durch Modifikation des Newtonschen Gesetzes eine Erklärung für die Periheldrehungen gefunden hatte.¹⁰ Ebendiese wurde später in der schmutzigen Kampagne von Ernst Gehrcke gegen Einstein ins Feld geführt und er des Plagiats beschuldigt.¹¹

¹ “[T]he theory of relativity has been developed, mainly by Professor EINSTEIN of Zürich.” [Curtis11, S. 221]

² [Curtis11, S. 226]

³ [Lorentz14b, S. 23f]

⁴ [Lorentz14c, S. 39f] Als Wert für die Merkurperiheldrehung wurde hier nur der gerundete Wert ⁷ angegeben.

⁵ [Cunningham14]

⁶ Seiner Betrachtung hatte er vorausgeschickt: “Without going into the entirely obscure question of the physical nature of gravitation, it is desirable therefore to see whether the equations for planetary motion, and incidentally the law of gravitation, can be so modified as to be consistent with the principle of relativity, while still remaining consistent with the observed facts of planetary motion.”, [Cunningham14, S. 172]. Dies hätte de Sitter sicher auch unterschrieben. . .

⁷ Die relevanten Abschnitte sind XIII.10-16.

⁸ [Cunningham14, S. 178]

⁹ [Cunningham14, S. 180], Hervorhebung im Original

¹⁰ Gerber, Paul, „Die Räumliche und zeitliche Ausbreitung der Gravitation“. *Zeitschrift für Mathematik und Physik* **43** (1898), 93-104.

¹¹ Siehe dazu etwa [Rowe06].

Ein Jahr früher, 1913, hatte W.W. Campbell¹ einen kurzen Überblicksartikel “Concerning some forces affecting cosmical motions”² veröffentlicht, in dem er beobachtete Abweichungen von den theoretischen Werten in der Astronomie aufzählte und auf neuere Entwicklungen zu deren Auflösung hinwies. Dabei wurde, ohne Literaturangaben zu machen, zweimal ohne weitere Ausführungen auf de Sitter verwiesen. Zunächst im Zusammenhang mit dem RP:³

WACHER [Wacker], LORENTZ, and DE SITTER have discussed the principle of relativity as a possible important factor in explaining existing residuals in the motions of planetary perihelia.⁴

Danach im Zusammenhang mit der in Abschnitt 2.1.3 behandelten Absorption von Gravitation, siehe dort für weitere Details.

Schließlich fanden 1922, inzwischen durch eigene Arbeiten (siehe nächster Abschnitt) und die ART überholt, die de Sitterschen Berechnungen dennoch Eingang in die *Encyclopädie der mathematischen Wissenschaften*⁵, auf die ich in vorstehendem Text bereits erläuternd zurückgegriffen habe und auch anlässlich der Verleihung der Goldmedaille der RAS an de Sitter (für seine theoretischen Untersuchungen der Jupitermonde und seine Beiträge zur RT) erinnerte Crommelin 1931 an dessen ersten Beitrag zum RP.

De Sitter selbst nahm 1932 in seinen Hitchcock Lectures noch einmal rückblickend Bezug auf den Poincaréschen Versuch, das Gravitationsgesetz Lorentz-invariant zu machen:

Newton’s law of gravitation [...] required a slight emendation to fit into the system of the restricted theory of relativity, which seriously impaired its beautiful simplicity and elegance, and the identity of gravitational and inertial mass remained an accidental coincidence or a miracle, as before.

2.1.2. “The question of the perihelion of Mercury and related problems”

Nachdem de Sitter 1911 festgestellt hatte, dass das RP lediglich bei der Bewegung des Merkur einen merklichen, d.h. im Rahmen der Messgenauigkeit erfassbaren Effekt haben würde, ging er 1913 in „Fortsetzung“ gezielt der Frage nach, inwiefern die Hypothese von Seeligers diese und weitere beobachtete Abweichungen erklären könne, und ob das RP ebenfalls in die Erklärung mit eingebunden werden können, wie zuvor von ihm erläutert.

In seinem Artikel “The secular variations of the elements of the four inner planets”⁶ (in seinem Entwurf des Artikels hatte der Titel ursprünglich “The question of the perihelion

¹Dieser hatte zu dieser Zeit bereits aktives Interesse an einer astronomischer Prüfung des RP sowie Einsteins Lichtablenkungs-Vorhersage von 1911 gezeigt, siehe [Crelinsten84, S. 11].

²[Campbell13b, S. 165]

³Ob hier ausschließlich [deSitter11c] oder auch [deSitter13k] gemeint ist, ist unklar.

⁴[Campbell13b, S. 165]

⁵[Kottler22, S. 171f]

⁶In S8 gehören thematisch die Aufzeichnungen „Πϛ“ ab S. 156 vom März 1913 dazu.

of Mercury and related problems” gelautet, wurde aber eine Seite später in seine endgültige, mehr allgemeinere Form abgewandelt)¹ rekapitulierte er zunächst die von Newcomb festgestellten Abweichungen einiger beobachteter Werte von den theoretisch berechneten (siehe Abbildung 2.2). Dabei nannte er jedoch nicht nur die Merkurperiheldrehung (die die im Vergleich größte Abweichung aufwies), sondern zählte weitere Bahnelemente auf, die nennenswerte Anomalien aufwiesen: Perihel des Mars, Knotenpunkte von Venus und Merkur.²

		Mercury.	Venus.	Earth.	Mars.
$\frac{de}{dt}$	Newcomb ...	-0.88 ± 0.50	$+0.21 \pm 0.31$	$+0.02 \pm 0.10$	$+0.29 \pm 0.27$
$\frac{d\omega}{dt}$	Newcomb ...	$+8.48 \pm 0.43$	-0.05 ± 0.25	$+0.10 \pm 0.13$	$+0.75 \pm 0.35$
	Seeliger	-0.01	-0.10	$+0.03$	$+0.16$
	A	0.00	-0.05	$+0.18$	$+0.52$
	B	-0.02	-0.06	$+0.17$	$+0.50$
$\sin \epsilon \frac{d\Omega}{dt}$	Newcomb ...	$+0.61 \pm 0.51$	$+0.60 \pm 0.17$	.....	$+0.03 \pm 0.22$
	Seeliger	-0.04	$+0.02$	.....	-0.20
	A	$+0.55$	$+0.01$	.....	-0.11
	B	$+0.55$	$+0.01$	.....	$+0.11$
$\frac{di}{dt}$	Newcomb ...	$+0.38 \pm 0.80$	$+0.38 \pm 0.33$	-0.22 ± 0.27	-0.01 ± 0.20
	Seeliger	-0.11	$+0.18$	.....	0.00
	A	-0.12	$+0.17$	.....	$+0.05$
	B	-0.01	$+0.20$	.....	$+0.05$

Abbildung 2.2. – Abweichungen von Seeligers und de Sitters Berechnungen von Newcombs Werten (Quelle: [deSitter13k, S. 301])

Im Anschluss daran ging er der Frage nach, mit Hilfe welcher Theorien Newcomb versucht hatte, die Abweichungen zu erklären. In seiner Auswahl zählte er zunächst Newcombs gescheiterten Versuch auf, durch die Hypothese von Hall³ (auf die de Sitter in seiner Antrittsrede schon zu sprechen gekommen war) zu einer Erklärung zu gelangen.⁴ Ein weiterer Versuch, den er aufgriff war die Erklärung durch nebulöse Materie, welche die Sonne in einer dünnen Scheibe umgeben und durch ihre Massenanziehung für die Abweichungen verantwortlich zeichnen sollte.

Diese Erklärung war von Newcomb ebenfalls verworfen worden, Hugo von Seeliger hatte sie aber wieder „salonfähig“ gemacht.⁵ Mit seinen Modifikationen wurde sie eine konkurrenzfähige Theorie, die sog. „Zodiakallicht Hypothese“: Zwei flache Ellipsoide aus kleinsten Materieteilchen, einer innerhalb der Merkurbahn mit Dichte q_1 , einer über die Erdbahn hinausragend mit Dichte q_3 konnten zusammen mit einer Rotation des Sonnensystems (um eine zur Ekliptik senkrechte Achse) gegenüber den Fixsternen r eine zufriedenstellende Übereinstimmung mit der Beobachtung liefern durch geeignete Einstellung der drei Parameter.⁶ „Zodiakallicht Hypothese“ deshalb, weil man das Zodiakallicht⁷ durch Lichtreflexionen an den Materieteilchen des äußeren Ellipsoiden erklärte.

¹Entwurf in S8, S. 168ff(?)

²[deSitter13k, S. 297]

³Im Newtonschen Gesetz statt $F \sim \frac{1}{r^2}$ hatte dieser $F \sim \frac{1}{r^{2+c}}$ gewählt. Brown hatte später in der Mondbewegung gezeigt, dass der Exponent 2 nahezu exakt galt, [deSitter13k, S. 299f].

⁴[deSitter13k, S. 299f]

⁵„Das Zodiakallicht und die empirischen Glieder in der Bewegung der innern Planeten.“ *Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften* **36** (1906).

⁶Ursprünglich waren es fünf Ellipsoide gewesen, von denen drei sich als überflüssig erwiesen hatten, daher die Indizes, siehe [Roseveare82, S. 78-82]. Siehe auch [Oppenheim34, S. 136-9]. Genauer: Die Rotation „des empirischen Koordinatensystems der Astronomie gegen das „absolute“ oder Inertialsystem“, [Oppenheim34, S. 138].

⁷Nach Sonnenuntergang am Horizont unter günstigen Umständen sichtbarer pyramidenförmiger Lichtschein innerhalb der Ekliptik, auch auf der Gegenseite als „Gegenschein“ zu beobachten, siehe z. B. [Herrmann98, S. 139].

Dass die Ellipsoide existierten galt als sicher¹, über die Massen, die Dichten und Halbachsen etc. konnte man aber nur Annahmen machen, die man natürlich geeignet wählte, um die Anomalien zu erklären und dabei gleichzeitig keine neuen Abweichungen in die Theorie herein zu bekommen.²

De Sitter stellte die durch von Seeligers Annahmen so berechneten Werte dar, die er als “extremely satisfactory” bezeichnete im Vergleich mit den von Newcomb gefundenen Messwerten (die Abweichung von den Newcombschen Werten ist in Tabelle 2.2 in den Zeilen „Seeliger“ angegeben).³

Er wies darauf hin, wie wichtig die Rotation in Seeligers Hypothese für die gute Übereinstimmung war. Wenn man nun aber diese Drehung zwischen Fixsternen und Inertialsystem nicht zulassen wolle, dann müsse man bei Rechnungen für Planeten die stellare Präzession berücksichtigen. Da dieser Wert geringer war als der ursprünglich von Seeliger verwendete (1,24" statt 5,85") musste er um den „Verlust“ zu kompensieren die Dichten der Ellipsoide erhöhen, um wieder eine gute Übereinstimmung mit der Beobachtung zu erhalten (diese Variante ist in Tabelle 2.2 in den Zeilen „A“ angegeben).⁴

Dem gegenüber stellte er eine Variante, die das RP mit einschloss (in Tabelle 2.2 in den Zeilen „B“ angegeben). Dazu kann bemerkt werden, dass er nun auch Einstein im Zusammenhang mit dem Prinzip nannte:

If we wish to adopt the principle of relativity, i.e. if we assume gravitation to be propagated through space with the velocity of light and to be subject to the same rules as electromagnetic forces in the theories of Lorentz or Einstein, [...]⁵

In den Literaturangaben war aber immer noch auf kein Werk von diesem aufgelistet.

Im Unterschied zu 1911 nahm er aber nun die Rotation wieder mit auf (Wert wie in Variante A) und passte die Dichten erneut an.⁶ Das Ergebnis im Hinblick auf die Überprüfung des RP war, dass die Werte der Varianten A und B nahezu identisch waren, und so die Entscheidung pro oder kontra RP noch immer unmöglich war:

From the secular variations of the elements – and consequently from the planetary motions generally – we can therefore derive no argument either for or against the principle of relativity.⁷

Im Hinblick auf den Unterschied zwischen Seeligers Werten und seinen eigenen aus A und B war de Sitter der Meinung, dass er nicht so groß sei um gezwungen zu sein, Seeligers größeren Wert für die Rotation annehmen zu müssen.⁸ Fazit: “Can we, then, consider the

¹[deSitter13k, S. 300]

²Seeligers Werte: $q_1 = 2,18 \pm 0,10 \cdot 10^{-11}$, $q_3 = 0,31 \pm 0,11 \cdot 10^{-14}$, $r = +5,85 \pm 1,22$ ", [deSitter13k, S. 300f]. Die Dichten sind normiert auf die Sonnendichte als Einheitsdichte.

³[deSitter13k, S. 301]

⁴de Sitters Werte: $q_1 = 2,42 \cdot 10^{-11}$, $q_3 = 0,37 \cdot 10^{-14}$, $r = +1,24$ ", [deSitter13k, S. 300f]

⁵[deSitter13k, S. 302]

⁶[deSitter13k, S. 302] $q_1 = 2,09 \cdot 10^{-11}$, $q_3 = 0,93 \cdot 10^{-14}$, $r = +1,24$ ", siehe auch [deSitter15i, S. 34] zur Korrektur von q_3

⁷[deSitter13k, S. 302]

⁸Obwohl einige Werte aus den Mengen A und B die mittleren Fehler überstiegen, was er im Rahmen der Gausschen Theorie als in Ordnung erklärte, siehe [deSitter13k, S. 302].

problem as finally solved? I think not.”¹ Denn was noch fehlte sei die Überprüfung (in Erinnerung an das Schicksal der Hallschen Hypothese), ob durch die in den Ellipsoiden eingeführten Massen keine weiteren Effekte auftreten würden, die dann an anderer Stelle mit der Beobachtung in Widerspruch gerieten. Dabei dachte er speziell an einen Einfluss auf die Neigung der Bahnebene der Erde und die Bewegungen des Mondes sowie des Enckeschen Kometen, die man überprüfen sollte.

Diese Berechnung wurde von de Sitters Schüler J. Woltjer für die beiden erstgenannten Testfälle durchgeführt.² Für beide konnte dieser Abweichungen berechnen: In der Neigung der Bahnebene ergab sich eine geringfügig erhöhte Abweichung (0,28" statt Newcombs 0,22"), im Falle der Mondbewegung lag sie nicht innerhalb des messbaren Bereiches.³

Im Anschluss an diese Arbeit wurden von de Sitter in einem kleineren Artikel einige Anmerkungen dazu veröffentlicht.⁴ Aus „relativistischer“ Sicht barg dieser keine relevanten Dinge, der Vollständigkeit halber sei angemerkt, dass de Sitter dort noch eine weitere Variante C

ins Spiel brachte: Nur der innere Ellipsoid wurde angenommen, die Rotation des Sonnensystems mit betrachtet und als “vital part of the explanation” bezeichnet.⁵ Was die Abweichungen in der Mondbewegung anging, wies de Sitter darauf hin, dass sowohl bei der Berechnung nach Seeliger (von Woltjer) als auch bei seinen eigenen Varianten A und C, wenn man mit ihnen dieselben Berechnungen durchführt, die Abweichungen innerhalb der Fehler blieben.⁶ Warum er allerdings bei diesen Betrachtungen seine Variante B (die das RP einschloss), die er zuvor als mit A gleichwertig bezeichnet hatte⁷ *nicht mehr* erwähnt hat – die Antwort auf diese Frage blieb de Sitter leider schuldig.

Zu Spekulationen geben jedenfalls Einträge in seinem Notizbuch S8 anlass, denn hinter seinen Aufzeichnungen vom März 1913 zu dem vorstehend erwähnten “The secular variations of the elements of the four inner planets”⁸ hatte er dort Bezug zu Einsteins

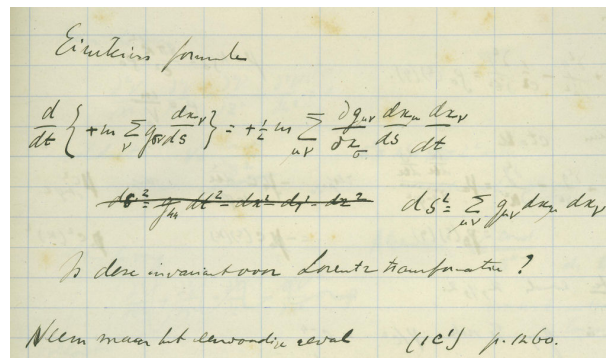


Abbildung 2.3. – Ausschnitt (undatiert) aus Notizbuch S8 „Varia“, S. 189, in dem de Sitter Bezug auf Einsteins Entwurftheorie nahm (Quelle: de Sitter Archiv, Leiden, Box 21C)

¹[deSitter13k, S. 302]

²Sitzung vom 24.04.1914, [Woltjer15]. Eine ähnliche Untersuchung wurde 1916 von Jeffreys durchgeführt, [Jeffreys16], der darin die von Seeligersche Erklärung mit der durch Einsteins ART verglichen hatte, siehe Abschnitt 5.1.

³[Woltjer15, S. 29] resp. [Woltjer15, S. 33]

⁴[deSitter14b] bzw. [deSitter15i]

⁵[deSitter15i, S. 35]

⁶Zur Abweichung in der Lage der Erdbahn siehe [Roseveare82, S. 84].

⁷[deSitter13k, S. 302]

⁸[deSitter13k]

„Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems“¹ genommen (siehe Abbildung 2.3) und war direkt der Frage nachgegangen, ob die Bewegungsgleichung eines Massenpunktes in Einsteins Entwurftheorie auch Lorentz-invariant sei.² Diese Notizen sind leider undatiert, dürften klarerweise aber erst nach dem Erscheinen der Einsteinschen Arbeit am 15.12.1913 verfasst worden sein. Hatte er also bereits vor seinen Anmerkungen zu Woltjers Artikel Kenntnis von Einsteins neuer Theorie? Hatte er diese bereits auf eine Vorhersage von Periheldrehungen hin untersucht? Hatte dies eventuell einen „besseren“ Wert als die 1911 berechneten 7,15" ergeben, der diese dann obsolet erscheinen lassen würde? Ob sich einige dieser Fragen beantworten lassen, dazu siehe Abschnitt 5.1.

2.1.3. Absorption von Gravitation und die Mondbewegung

Bereits 1909 hatte sich Willem de Sitter mit der Frage nach Absorption von Gravitation (AbsG) beschäftigt, seine Berechnungen dazu aber nicht veröffentlicht.³ Nachdem Kurt Felix Bottlinger, ein Schüler Hugo von Seeligers, seine Dissertation zu dieser Frage publiziert hatte⁴, holte de Sitter dies unter gleichzeitiger kritischer Analyse von Bottlingers Untersuchung nach.⁵ Die Frage der Auswirkung von AbsG auf die Mondbewegung war 1911 eine Preisaufgabe der Münchener Universität gewesen, die Bottlinger mit seiner Dissertation gewonnen hatte.⁶

Auch wenn de Sitters sowie Bottlingers Beschäftigung mit AbsG in einem Artikel über die Suche nach einer Absorption von Gravitation Anfang des zwanzigsten Jahrhunderts⁷ in einem umfassenderen Kontext bereits dargestellt wurde, möchte ich hier wegen des von mir verfolgten Zieles (siehe Vorspann des Kapitels) einen kurzen Abriss davon geben.⁸

Es gab neben der bereits erwähnten Abweichung bei den Planetenbewegungen (siehe Abschnitt 2.1) Anfang des 20. Jahrhunderts noch weitere Fälle, in denen die Newtonsche Gravitationstheorie Abweichungen nicht erklären konnte, so zum Beispiel in der

¹[Einstein13]

²„Is deze invariant voor Lorentz transformatie?“, S8, S.189. Aufgrund der angegebenen Seite 1260, der Gleichungsnummer (1c') sowie der Bewegungsgleichung kann nur diese Veröffentlichung Einsteins gemeint sein.

³Dezember 1909 - Januar 1910, siehe [deSitter12c, S. 388]. Diese Berechnungen finden sich in de Sitters Notizbuch S2, Box 21C, S. 40-59.

⁴[Bottlinger12], auch in “Die Erklärung der empirischen Glieder der Mondbewegung durch die Annahme einer Extinktion der Gravitation im Erdinnern.” *Astronomische Nachrichten* **191** (1912), 147-50.

⁵Notizen befinden sich ebenfalls in S2, S. 60-109. Der Anfang ist datiert auf September 1912. Aus Zeitgründen habe ich diese und vorstehend erwähnte Notizen nur grob überfliegen und nicht weiter analysieren können.

⁶Siehe [deSitter12c, S. 388].

⁷[Andrade Martins99]. Diese Studie befasst sich neben astronomischen Nachweisen auch mit Laborexperimenten zum Nachweis einer AbsG, z. B. durch Q. Majorana, der ebenfalls Experimente zur Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Quelle durchführte, siehe Abschnitt 2.4. In [Majorana20], das ich exemplarisch angesehen habe, nahm er keinen Bezug zu Bottlinger oder de Sitter.

⁸Bibliografische Sammlungen zu Untersuchungen zur Gravitation, darunter auch Absorption sind in [Gillies87, S. 26-29] und [Gillies90, S. 530] zu finden.

Mondbewegung.¹ Dass die beobachtete Mondbewegung kleinere Abweichungen aufwies, welche sich nicht mit den existierenden Theorien erklären ließen, hatte ebenfalls Newcomb konstatiert, der sich in seinen letzten Lebensjahren ihrem Studium gewidmet hatte.² Er fand eine „langwellige“ Fluktuation in der Länge mit einer Periode von 250 bis 300 Jahren sowie kleinere mit Perioden von etwa 60 bzw. 20 Jahren.

Von Seeliger hatte 1909 die Hypothese aufgestellt, dass ein dritter Körper, der zwischen zwei Körper trete, die Gravitation der ersteren Körper beeinflusse und dass man dies vermutlich nur bei den Körpern Sonne, Erde und Mond nachweisen könne – wenn überhaupt.³

Bottlinger wollte nun versuchen, die unerklärten Abweichungen in der Mondbewegung mit Hilfe der Hypothese zu erklären:

Bei einer Mondfinsternis tritt die Erde zwischen Mond und Sonne und es müssen die von der Sonne kommenden Gravitationsstrahlen den Erdkörper durchdringen, ehe sie auf den Mond wirken. Werden sie auf diesem Wege geschwächt, so muss der Effekt eine Änderung der Mondbewegung sein.⁴

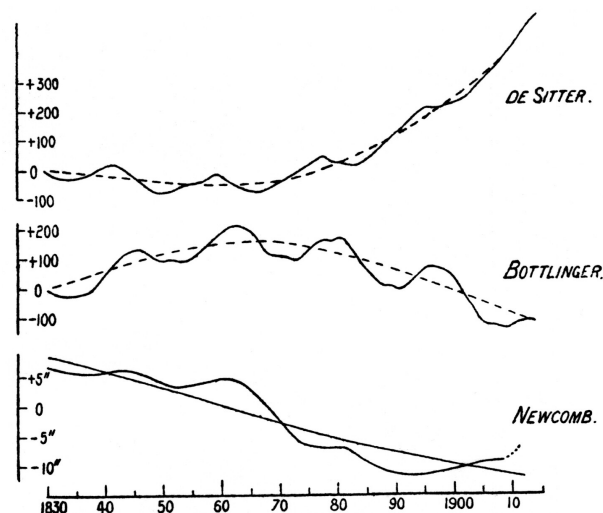


Abbildung 2.4. – Fluktuationen der Mondbahn berechnet von Bottlinger und de Sitter im Vergleich zu den Werten von Newcomb (Quelle: [deSitter12c, S. 390])

Für die Schwächung der Gravitation hatte er den Ansatz $A = A_0 e^{-\lambda \int_0^D \rho ds}$ verwendet⁵ und kam zu dem Ergebnis, dass der Absorptionskoeffizient λ für einen Körper der Dichte $1 \frac{g}{cm^3}$ den Wert $\lambda = 3 \cdot 10^{-15} / cm$ annehme.⁶ Die Lage der von ihm theoretisch abgeleiteten

¹[Bottlinger12, S. 1], [Andrade Martins99, S. 23ff]

²[Andrade Martins99, S. 23]

³„Das Dazwischentreten eines dritten Körpers muß die gegenseitige Anziehung der beiden anderen beeinflussen und erzeugt Abweichungen von der Newtonschen Formel, die man vielleicht als „Absorption“ der Gravitation bezeichnen kann. Solche Abweichungen, die an sich recht plausibel erscheinen, haben vielleicht noch am ehesten Aussicht, entdeckt zu werden. Sie würden eventuell in der Mondbewegung und wahrscheinlich nur hier bemerkbar sein können. Da es sich voraussichtlich nur um sehr kleine Abweichungen handeln kann, ist deren Feststellung bzw. der Nachweis ihres Fehlens mit einigen Schwierigkeiten verknüpft und dahingehende Versuche blieben bisher erfolglos.“ [Seeliger09, S. 12]

⁴[Bottlinger12, S. 4]

⁵ A_0 : Anziehungskraft nach Newton, λ : Absorptionskoeffizient, D : Länge des vom Gravitationsstrahl zurückgelegten Weges in der absorbierenden Materie, ρ : Dichte der Materie. Welche Annahme Bottlinger über die Dichteverteilung innerhalb der Erde tätigte siehe [Bottlinger12, S. 16].

⁶[Bottlinger12, S. 24]. Zum Vergleich: Majorana hatte 1920 als Wert $\lambda = 6,73 \cdot 10^{-12} / cm$ gemessen, siehe [Majorana20, S. 504].

Maxima und Minima stimmte qualitativ mit den Beobachteten überein¹, siehe Abbildung 2.4. Er folgerte aus seinen Untersuchungen, „daß wahrscheinlich eine Extinktion der Gravitation durch Materie existiert“.²

De Sitter war anscheinend der einzige Astronom, der sich die Mühe machte, Bottlingers Arbeit detailliert zu analysieren und zu besprechen.³ Dies geschah in seinem Artikel “Absorption of Gravitation”.⁴ Hier wiederholte er zunächst die Passage aus seiner Antrittsrede⁵ von 1908, in der er die Schwierigkeiten auf den Punkt gebracht hatte, die die Wissenschaft daran hinderten, hinter die Funktionsweise der Gravitation zu blicken:

Gravitation is not subject to absorption nor refraction, no velocity of propagation has been ascertained, it affects all bodies equally without any difference, always and everywhere we find it in the same simple and rigorous form, which defeats all attempts to penetrate into its inner mechanism.⁶

Er äußerte die Hoffnung, durch eine möglicherweise nachweisbare Absorption ein Stück näher an das Geheimnis der Gravitation zu gelangen:

These considerations show the utmost importance of any attempt to discover a deviation from the rigorous law of Newton, or an influence of outside circumstances on its action.

In seiner anschließenden Diskussion der Bottlingerschen Dissertation bestätigte er die prinzipielle Korrektheit von dessen Annahmen und Vorgehensweisen, wies aber darauf

¹Aus heutiger Sicht betrachtet wird dies als purer Zufall eingeschätzt, siehe [Andrade Martins99, S. 35].

²[Bottlinger12, S. 47]

³[Andrade Martins99, S. 29]

⁴[deSitter12c]. In dem Notizbuch S2 findet sich im Anschluss an die Berechnungen von 1909/10 auf S. 60 die Abschrift von S. 12 von Seeligers [Seeliger09]. Auf der folgenden Notizbuchseite (S. 61) existiert ein Eintrag datiert auf Dezember 1911, in dem de Sitter bemerkt, dass er die Rechnungen nach einem Brief von Kapteyn (Inhalt des Briefes unbekannt) wieder aufgenommen hatte. Interessant ist auch, dass de Sitter hier im Zusammenhang von Absorption auch von einer Konzentration/Verstärkung von Gravitation spricht, was er in seinen Artikeln nicht erwähnte. „Dec. 1911: Die Diskussion wieder aufgenommen nach Brief von Kapteyn. Ergebnis ist (siehe Blätter): Wenn die Näherung, die ich eingeführt habe (nur totale Finsternisse und nur Terme 1^e Ordnung) ausreichend ist: Dann ist nichts wahr d.h. es existiert weder messbare Absorption noch Konzentration. Am ehesten weist die Rechnung noch auf Konzentration hin. Wie auch immer: die Rechnung ist nicht ausreichend, erst recht im Falle der Konzentration, da dann auch partielle Finsternisse mit müssen Es ist somit nichts bewiesen, weder positiv noch negativ. Nur dieses: um etwas zu erhalten muss viel mehr gerechnet werden als ich getan habe“ (Meine Übersetzung von: „Dec. 1911: De discussie weer opgevat na brief van Kapteyn. Resultaat is (zie vellen): Als de benadering die ik ingevoerd heb (alleen totale eclipsen en alleen termen 1^e orde) voldoende is: dan is er niets van waar d.i. dan bestaat er geen meetbare absorbtie noch concentratie. Het meest echter wijst de rekening nog op concentratie. Evenwel: die benadering is niet voldoende, eerst recht in het geval van concentratie niet, daar dan ook bijna-eclipsen mee moeten. Er is dus niets bewezen, noch positief noch negatief. Alleen dit: om iets te krijgen moet veel meer gerekend worden dan ik gedaan heb.“)

⁵[deSitter08a]

⁶[deSitter12c, S. 387], vgl. meine Übersetzung ins Deutsche in Abschnitt 2.1. Siehe auch [deSitter32b, S. 106], wo er dies erneut betonte.

hin, dass die Genauigkeit¹ erhöht werden müsste, um sich kompensierende Effekte zu minimieren und genauere Aussagen zu ermöglichen.² Seine eigenen Berechnungen von Ende 1909, die er nicht veröffentlicht hatte, weil sie die Frage nicht geklärt hätten³, verglich er mit den Berechnungen Bottlingers sowie den Werten von Newcomb. Da er bei seiner Untersuchung eine geringere Genauigkeit als Bottlinger verwendet und auch bei den Mondfinsternissen lediglich die Totalen berücksichtigt hatte, war eine Übereinstimmung nicht zu erwarten gewesen.

Es zeigte sich dennoch eine gewisse qualitative Übereinstimmung bei den Ergebnissen, siehe Abbildung 2.4. Die Lage der Maxima und Minima der kurzen Oszillationen stimmten relativ gut überein, die langperiodische Schwankung jedoch zeigte bei de Sitter eine abweichende Tendenz. Dieser “slow undercurrent” sei nicht real sondern sei, so de Sitter, durch eine Überlagerung von Ungenauigkeiten bedingt. Als positives Ergebnis hielt er die Übereinstimmung bei den “minor fluctuations” fest und die Hoffnung,

that the slow “undercurrent” will not only prove to be not incompatible with the observation, but may even be the explanation of the great fluctuation of 273 years’ period.⁴

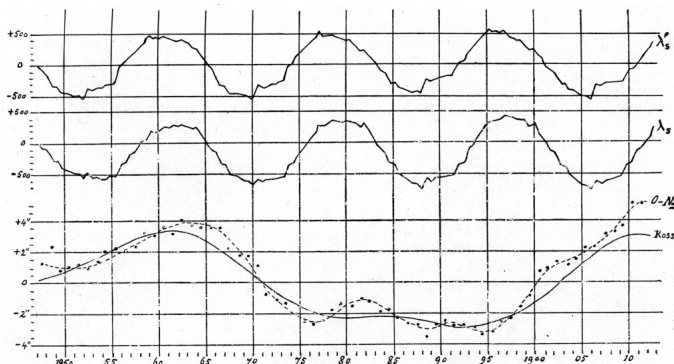


Abbildung 2.5. – Neue Berechnung der Fluktuationen für zwei verschiedene Modelle der Dichteverteilung innerhalb der Erde (obere zwei Kurven) im Vergleich zu den Werten von Newcomb/Ross (untere Kurve) (Quelle: [deSitter13f, S. 838])

Aber nur eine erneute Berechnung mit erhöhter Genauigkeit könne eine endgültigere Antwort liefern.

De Sitter führte diese Untersuchung noch im selben Jahr selbst durch und veröffentlichte sie in zwei Teilen.⁵ Er verglich dabei auch, welchen Einfluss unterschiedliche Annahmen über den Aufbau der Erde auf das Ergebnis haben in dem er die Berechnungen für zwei unterschiedliche Modelle der Erdstruktur durchführte (woran man sein

¹Zum Beispiel hängt die Dauer von den durch die Absorption verursachten Impulsen J von Tabellenwerten ab, die nur auf Minuten genau angegeben sind. Die Kraft der Sonne auf den Mond wurde von Bottlinger als konstant angesehen, die Exzentrizität der Erdbahn also nicht mit einkalkuliert.

²[deSitter12c, S. 389f]

³Sie hätten, so de Sitter, lediglich dazu dienen können, andere auf die Thematik aufmerksam zu machen was aber nicht nötig war, da er von Bottlingers Beschäftigung Ende 1911 erfahren hatte, siehe [deSitter12c, S. 392].

⁴[deSitter12c, S. 393]

⁵[deSitter13e] und [deSitter13f]. Niederländische Versionen: [deSitter12a] und [deSitter12b], letztere wurden im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* **43**, S. 1088 inhaltlich kurz angerissen (Rezensent: Dziobek).

Interesse an Geologie erahnen kann).¹ Dabei ergab sich ein “remarkable agreement” zwischen beiden Varianten (siehe Abbildung 2.5), worin er die Erwartung erfüllt sah, dass der generelle Charakter der Störung hervorgerufen durch AbsG sensitiv genug sei für jegliche Annahme über die Dichteverteilung innerhalb der Erde.² Seine Hoffnung indes, die er in einen möglichen Nachweis einer Absorption von Gravitation gesetzt hatte, musste er begraben, denn sein Fazit aus der Betrachtung lautete schließlich: “It appears to me [...] that so far we have no reason to consider the existence of a sensible absorption of gravitation as proved, or even as probable.”³

Auch Bottlinger kam 1914 zu dieser Ansicht, als er in einer erneuten Arbeit nochmals die Frage aufgriff.⁴ Hierbei berücksichtigte er nun auch den Einfluss von Sonnenfinsternissen (Mond absorbiert einen Teil der Gravitation auf die Erde), welcher sich in der Änderung der Rotationsgeschwindigkeit bemerkbar machen müsste. Ebenfalls untersuchte er, ob im Umlauf des Marsmondes Phobos ein Absorptionseffekt nachweisbar sei, kam aber in beiden Fällen zu demselben negativen Ergebnis:

Aus den Phobosbeobachtungen ist also das gleiche, wie jetzt aus der Mondbewegung zu schließen, daß auf das Vorhandensein einer Gravitationsabsorption im ungefähren Betrage des früher vermuteten Wertes nichts hindeutet.⁵

Reaktionen sowohl auf Bottlingers als auch auf de Sitters Arbeiten gab es anscheinend nicht sehr viele. Viele Astronomen lehnten die Theorie ohne genauere Analyse ab. Warum? Auf diese Frage gibt es neben einigen Spekulationen bislang noch keine befriedigende Antwort aus historischer Sicht.⁶

Exemplarisch greife ich nun noch einige Standpunkte heraus, um zumindest ein Gefühl für die Positionen anderer zur Thematik zu bekommen. De Sitters Freund Innes, der von de Sitter eine seiner Abhandlungen über AbsG erhalten hatte, schrieb dazu an diesen zurück:

I am not convinced about the absorption of gravitation. What happens after it is absorbed. Is it reflected or refracted or does it simply vanish so that there is no “action and reaction” axiom involved? Should not Jupiter’s No. 1 show this absorption very strongly?⁷

¹Eine aktuelle Untersuchung zur Erdstruktur hatte er über Bottlinger erhalten, siehe [deSitter13f, S. 824]. Später führte er auch eigene Untersuchungen zum Aufbau der Erde durch, etwa in [deSitter15j] oder [deSitter15j]. Er besuchte ebenfalls Kongresse der “International Geophysical and Geodetic Union”, z. B. in Prag, [deSitter28c, S. 129] oder 1930 die Tagung in Stockholm, [deSitter31f, S. 83].

²[deSitter13f, S. 826]

³[deSitter13e, S. 824]

⁴[Bottlinger14]

⁵[Bottlinger14, S. 238]

⁶So gab es als fehlerhaft überführte Untersuchungen oder solche, die zu keinem Ergebnis führten oder Autoren, die als “cranks” eingestuft wurden. Vielleicht sind sie deshalb einfach wenig beachtet worden oder auch, weil es inzwischen anspruchsvollere Theorien zur Gravitation gab, in deren Licht diese altmodischen Betrachtungen überholt wirkten, siehe [Andrade Martins99, 37f].

⁷Innes an de Sitter, 06.01.1913, CSIR

Jenseits des Atlantiks wurde 1913 von Campbell in einem zweiseitigen Artikel zusammenfassend und neutral darüber berichtet, worum es in Bottlingers Dissertation und de Sitters Veröffentlichung dazu ging und dass das Problem noch unentschieden sei.¹

Eddington, der in einem Artikel über Gravitation auch über die Probleme schrieb, hinter den Mechanismus zu blicken, war derselben grundsätzlichen Überzeugung wie de Sitter. Auch er sah das Problem in der Tatsache, dass das Newtonsche Gravitationsgesetz niemals von seiner einfachen Form abweiche.² Für war klar: “[T]he law of gravitation is at present theoretically incomplete.”³ Eine Erklärung von Abweichungen durch AbsG war für ihn schwer zu akzeptieren, da durch Abschirmungseffekte die Keplerschen Gesetze verletzt werden würden.⁴

In dem Encyklopädieartikel „Kritik des Newtonschen Gravitationsgesetzes“ von Oppenheim (1922) wurde die Absorptionshypothese kurz dargestellt und unter Bezug auf Bottlinger und de Sitters Arbeiten festgestellt, dass „Unstimmigkeiten zwischen Beobachtung und Rechnung [...] den Wert der Hypothese noch weiter in Frage stellen.“⁵

See widmete in seinem zweiten Artikel zu seiner “New Theory of the Aether”⁶ einen Abschnitt⁷ den Ursachen für die Fluktuationen in der Mondbewegung. Vor seiner eigenen Erklärung der Ursachen (Brechung der Gravitationswellen durch die verschiedenen Schalen der Erde) erwähnte er zwar Bottlingers Dissertation und einen Mangel in dessen Berechnungen⁸, de Sitters Arbeiten referenzierte er jedoch nicht (zu See siehe auch Abschnitt 4.1.2).

Einstein hat die Bottlingersche Untersuchung 1919 in seiner Abhandlung „Bemerkung über periodische Schwankungen der Mondlänge welche bisher nach der NEWTONSchen Mechanik nicht erklärbar schienen“⁹ erwähnt, de Sitters entsprechende Artikel jedoch nicht. Da AbsG und ART nicht kompatibel waren, hatte er nach einer „klassischen“ Erklärung gesucht. Obwohl seine Erklärung schon in die richtige Richtung der später akzeptierten (s.u.) ging und er auch recht gute Zahlenwerte hervorgebracht hatte, war sein Fehler gewesen, dass er bei der Berechnung der Unregelmäßigkeit der Erdrotation bedingt durch Gezeitenreibung an den Flutbergen, von einer unabhängig von der Erddrehung bestimmbar (absoluten) Zeit ausgegangen war, was er in einer kurzen Bemerkung¹⁰ zu dem korrigierenden Artikel hin auch eingestand.¹¹

Für de Sitter war die Möglichkeit einer Absorption von Gravitation nach seiner letzten Untersuchung nahezu ausgeschlossen. Erkennen kann man dies an der Tatsache, dass

¹[Campbell13a]. In einem weiteren Artikel ähnlicher Länge hatte er Bottlingers und de Sitters Arbeiten in einem Absatz kurz erwähnt, siehe [Campbell13b]. Campbell gehörte zu den wenigen Astronomen in Amerika, die sich überhaupt für die RT interessierten, siehe [Crelinsten84].

²[Eddington15, S. 96]

³[Eddington15, S. 95]

⁴[Eddington15, S. 95]

⁵[Oppenheim34, S. 150]

⁶[See20], erster Teil a.a.O., S. 49-86

⁷“5. Outline of the Cause of the Fluctuations of the Moon’s Mean Motion”, S. 153-61

⁸Unter Berufung auf E.W. Brown, siehe [See20, S. 153f].

⁹[Einstein19a]

¹⁰[Einstein19b]

¹¹Ausführlich erläutert in [Andrade Martins99, S. 33ff].

in seinem Artikel von 1915 über “The Motions of the Lunar Perigee and Node, and the Figure of the Moon”¹ die Thematik nicht mehr erwähnt wurde und durch seine diesbezüglichen Aussagen in einem Leserbrief an *The Observatory* vom 05.09.1920 (aus Arosa):

[...] I showed that this result [Bottlinger], as well as a similar one that I had found previously, is only spurious [...] This fixes the upper limit of the admissible absorption-coefficient at $4 \cdot 10^{-16}$, and probably this value is still rather too high.²

Gegenüber Einstein äußerte er sich 1920 ganz eindeutig:

Absorption von Gravitation gibt es nicht. Ich habe gezeigt (aus der Mondbewegung), dass der Absorptions-coefficient der Gravitation (C.G.S. Einheiten) sicher kleiner ist als $4 \cdot 10^{-16}$. Das würde für die Reise um die [Einstein-] Welt eine Absorption von 1/10000000 geben.³

Nach [Andrade Martins99, S. 37] geht man heutzutage davon aus, dass eine Absorption von Gravitation nicht existiert.⁴ Die Abweichungen in der Mondbewegung wurden, beginnend in den 1920er Jahren, als scheinbare Abweichungen verursacht durch eine aperiodische Erdbewegung identifiziert und durch eine neue Definition der Zeit, der sog. *Ephemeridenzeit* (ephemeris time), „wegdefiniert“.⁵ An dem Erkenntnisprozess, dass die Erdrotation nicht konstant ist, war auch de Sitter beteiligt, der in zwei Abhandlungen “On the secular accelerations and the fluctuations of the longitudes of the moon, the sun, Mercury and Venus” (1927) und “On the Rotation of the Earth and Astronomical Time” (1928) die Erkenntnisse beisteuerte, dass in den Bewegungen von Sonne, Merkur und Venus zu den Abweichungen des Mondes proportionale Abweichungen vorhanden seien, die die Erklärung nahelegten, dass es sich dabei um einen Effekt verursacht durch die Nichtkonstanz der Erdumdrehung handele.⁶

2.2. Die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit

2.2.1. Die „Debatte“ von 1913: *Experimentum crucis*?

Nach seiner Behandlung der Auswirkungen des Relativitätsprinzips auf astronomische Beobachtungen und den Untersuchungen zur Absorption von Gravitation wendete de Sitter sich einer Fragestellung zu, welche aus Sicht der Speziellen Relativitätstheorie von fundamentaler Bedeutung ist: Ist die Lichtgeschwindigkeit konstant?

¹[deSitter15k]

²[deSitter20a]

³de Sitter an Einstein, 04.11.1920, LEID

⁴[Andrade Martins99, S. 37]

⁵[Andrade Martins99, S. 36]. Newcomb hatte auch schon an eine Erklärung durch eine nicht konstante Erdrotation gedacht, diese aber wieder verworfen, siehe [Andrade Martins99, S. 25]

⁶Verursacht durch Änderungen im Trägheitsmoment der Erde sowie einer veränderlichen Gezeitenreibung, siehe [deSitter27e, S. 38]. Siehe auch [N.N.28].

Es ging ihm darum, experimentell festzustellen, ob die Geschwindigkeit des Lichtes unabhängig von der Geschwindigkeit der Quelle ist, so wie etwa durch die Einsteinsche Spezielle Relativitätstheorie postuliert (das sog. 2. Postulat der Relativitätstheorie¹, oder ob die Geschwindigkeit des Lichtes von der Geschwindigkeit der Quelle abhängt (sie aber konstant in Bezug auf die Quelle ist), so wie die Emissionstheorien (und hier speziell die Theorie von Walter Ritz²) es fordern.³ Diese berechnen die Geschwindigkeit eines von einer bewegten Quelle ausgesandten Lichtstrahles als Geschwindigkeit der Quelle u addiert zur Geschwindigkeit des Lichtes c (ausgesendet von einer ruhenden Quelle), also $c' = c + u$, analog zu der Geschwindigkeit eines Projektils, welches von einem fahrenden Zug abgefeuert wird.

Anmerkung: Norton weist darauf hin, dass die Theorie (eher ein “program of research”) von Ritz vielfach z. B. durch diese Reduktion auf die Emissionshypothese (und deren Überprüfung) nicht im Sinne von Ritz widergegeben wurde⁴. Die volle Theorie kann man der in Fußnote 2, S. 66 angegebenen Literatur entnehmen.

Wodurch kam es nun, dass de Sitter sich mit dieser Problematik auseinandersetzte? Da er dies selbst nicht angab kann man darüber nur spekulieren, allerdings scheint es recht offensichtlich mit der Antrittsrede von Paul Ehrenfest vom 04.12.1912 in Leiden zusammen zu hängen.⁵ In der Antrittsrede mit dem Titel „Zur Krise der Lichtaether-Hypothese“⁶ ging Ehrenfest der Frage nach, welche Aussagen die verschiedenen (Äther-)Theorien (Newton, Fresnel, Stokes, Maxwell/Hertz, Lorentz, Einstein, Ritz) über die

¹Nach [Ehrenfest12, S. 317] stammt diese Redeweise von Tolman, siehe [Lewis09] oder [Tolman10b].)

²Siehe “Recherches critiques sur l'électrodynamique générale”, *Annales de Chimie et de Physique* **13** (1908), S. 145-275, oder “Recherches Critiques sur les Théories Électrodynamiques de Cl. Maxwell and de H.-A. Lorentz”, *Archives des Sciences physique et naturelle* **26** (1908), S. 209-36, oder „Über die Grundlagen der Elektrodynamik und die Theorie der schwarzen Strahlung“, *Physikalische Zeitschrift* **9** (1908), S. 903-907 bzw. [Ritz63a] (Nachdruck der Antrittsrede von 1908) oder auch [Roseveare82, S. 131ff]. Einen umfangreichen Überblick über die Ritz'schen Konzepte bietet [Hovgaard32], in [Fox65] findet sich eine kompakte Zusammenfassung im Hinblick auf die Emissions-Theorie. Eine neuere Untersuchung zu Ritz, Einstein und der Emissionstheorie findet sich in [Martínez04]. Dort wird u.a. der Frage nachgegangen, warum die Theorie von Ritz so wenig Unterstützung fand, siehe S. 19-24. Siehe auch [Miller81, S. 280f]. Ebenso wird dort zusammenfassend geschildert, dass Einstein selbst vor 1905 an eine Emissionstheorie gedacht hatte, diese aber aufgrund verschiedener Probleme wieder fallen gelassen hatte, siehe [Martínez04, S. 9-11]. Einstein und Ritz hatten einmal kurz zusammengearbeitet, siehe [Pyenson85, S. 225ff]. Inwiefern dieser Austausch mit Ritz Einstein beeinflusst hat, bleibt unklar, *ibid.*, S. 228.

³Genauer und modern gesprochen: Es ging darum, die Unabhängigkeit der “one-way” Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle nachzuweisen, was möglich ist. Nicht möglich hingegen wäre es, den Wert der “one-way” Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen, da zur Messung in “coordinate time” eine Synchronisation der Uhren von Quelle und Beobachter durchgeführt werden müsste. Ebenso wäre es möglich die “two-way” Lichtgeschwindigkeit zu bestimmen, denn dazu muss das Licht einen geschlossenen Weg zurücklegen, Quelle und Beobachter befinden sich am selben Ort, und die Messung erfolgt in der Eigenzeit (proper time). Siehe dazu [Zhang97, S. 135].

⁴z. B. in [Pauli21], siehe [Norton04, S. 58ff], speziell der Abschnitt “How was Ritz's theory reported?”

⁵Siehe auch [Kerszberg89b, S. 138]. Das de Sitter anwesend war, erschließt sich aus seinem Nachruf auf Ehrenfest im *Leidsch Dagblad* [deSitter33].

⁶[Ehrenfest59]

Lichtausbreitung treffen und welche Experimente dafür bzw. dagegen sprechen.¹ Gegen Ende, als er die Theorien von Lorentz/Einstein und Ritz gegenüberstellte, sagte er:

Die Ritz'sche Theorie hingegen ist frei von jenen Contractionen der starren Körper, Gangaenderungen der Uhren u.s.w. eben weil sie die (aus der Aethertheorie stammende) Behauptung von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit verwirft und durch diejenige Behauptung ersetzt, welche der Newton'schen Emissionstheorie entspricht. Auch lassen sich dann experimenta crucis angeben, welche zwischen dem Standpunkt von Ritz einerseits und dem von Lorentz und Einstein andererseits entscheiden würden. Ein solches experimentum crucis würde vor allem das früher erwähnte Experiment mit den beiden Lichtquellen sein [eine stationäre, eine sich auf den Beobachter zu bewegende].

Dieses Experiment ist nicht ausgeführt, weil es eine Messgenauigkeit erfordert, die wir mit unseren gegenwärtigen Hilfsmitteln weitaus noch nicht erreichen können.²

De Sitter fand nun ein solches experimentum crucis, er war aber nicht der erste, der sich mit der Frage eines Experimentes für oder wider die ballistischen Theorien beschäftigt hat³ (oder allgemeiner ausgedrückt, nach einem experimentellen Nachweis für die Lorentz/Einsteinsche Theorie gesucht hat), aber sein Resultat hatte, wie es scheint, großen Einfluss auf viele, die vor der Frage standen, welche Theorie zu bevorzugen sei.⁴

Prior to de Sitter's work of 1913, the evidence bearing on Ritz's and Einstein's hypotheses did not tilt the balance one way or the other, since although criticisms were raised against Ritz's emission hypothesis, criticisms also were raised against Einstein's theory.⁵

Bereits 1909 hatte sich D.F. Comstock darüber Gedanken gemacht und darauf hingewiesen, dass unter der Annahme einer Emissions-Theorie sich bei spektroskopischen

¹Siehe auch [Klein85, S. 1-5]

²[Ehrenfest59, S. 18]. Interessanterweise war Ehrenfest (nacheinander) sowohl mit Ritz als auch mit Einstein sehr eng befreundet gewesen, siehe [Martínez04, S. 6] und [Forman75].

³In [Laub10] findet sich ein breiter Überblick über die Experimente, welche bis 1910 durchgeführt wurden und zur experimentellen Überprüfung der Grundlagen und Vorhersagen der SRT herangezogen wurden. Laub, Einsteins "first scientific collaborator" [Goldberg84, S. 200] (zur Zusammenarbeit von Laub und Einstein siehe [Pyenson85, S. 220], zu Laubs „Karriere“ *ibid.*, S. 231ff), hat dabei unterschieden zwischen Experimenten, welche sich auf Größen erster Ordnung und denen, welche sich auf Größen zweiter Ordnung in $\frac{v}{c}$ beziehen. Am Ende stellte er zwar fest, dass einiges für die Richtigkeit der Einsteinschen Theorie spreche, jedoch weitere und auch exaktere Experimente erforderlich seien, da man an eine Theorie, die „an den Grundlagen des gesamten physikalischen Wissens rüttelt, schärfere Anforderungen stellen“ müsse (siehe S. 461ff). Aber auch er scheint aufgrund ihrer „Schönheit“ von der Theorie überzeugt gewesen zu sein: „Denn wenn es auch wahr ist, daß über die Richtigkeit einer physikalischen Theorie nur das Experiment entscheiden kann, so muß doch hervorgehoben werden, daß zwischen Mathematik und ihren Anwendungen ein innerer harmonischer Zusammenhang besteht.“, S. 463.

⁴Die Ritzsche Theorie war zwar mit einigen Experimenten im Einklang (Lord Rayleigh, Frederick Trouton, Henry R. Noble), siehe [Martínez04, S. 12], mit ihrer Hilfe ließ sich aber etwa das Fizeausche Experiment zur Mitführung von Licht in Wasser⁶ nicht erklären, [Pauli21, S. 550]. Daher war es nicht nur eine prinzipielle Frage, experimentell zwischen Ritz und Einstein (Lorentz) entscheiden zu wollen.

⁵[Martínez04, S. 22]

Doppelsternen “characteristic peculiarities” im Spektrum zeigen müssten.¹ Wie man diese Anomalien feststellen könnte, hatte er kurze Zeit später in einem Artikel² dargelegt. Dort gab er ein Kriterium an, anhand welchem man scheinbare Anomalien in der Bewegung von Doppelsternen aufgrund der Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle aufspüren könne.³

Das Ergebnis dieser und auch jüngerer Überlegungen sei hier einmal vorweggenommen:

The considerations of Comstock (1910) and de Sitter (1913) concerning the orbits of close binary stars are the oldest and best known astronomical evidences for the independence of the light velocity of the motion of the light source.⁴

Auch Tolman hatte sich 1910 mit den Möglichkeiten einer experimentellen Entscheidung zwischen einer konstanten Lichtgeschwindigkeit und einer quellgeschwindigkeitsabhängigen Lichtgeschwindigkeit befasst.⁵ Er hat Licht vom linken und vom rechten Rand der Sonne betrachtet, welches nach den ballistischen Theorien einen Geschwindigkeitsunterschied hätte aufweisen müssen, weil durch die Rotation der Sonne sich eine Seite auf die Erde zu, die andere Seite von der Erde weg bewegt. Da er keinen Unterschied messen konnte folgerte er: “We conclude that the velocity of light from the two limbs of the sun is the same, which confirms the principle that has led to the second postulate of relativity.”⁶ Dies wurde von Oskar M. Stewart so nicht gelten gelassen, da Tolman seiner Meinung nach von falschen Annahmen⁷ ausgegangen war. Er kam zu dem Schluss:

¹Siehe [Comstock10a]. Hierbei handelt es sich um den Abstract eines Vortrages, welchen er am 23.10.1909 bei dem Meeting der American Physical Society in Princeton gehalten hatte. Bei dem nächsten Meeting in Boston war das Interesse am Relativitätsprinzip sehr groß gewesen, sodass Comstock eine kurze Einführung in [Comstock10c] veröffentlicht hatte. Dort nahm er den Standpunkt ein, dass “the principle [of relativity] is already in harmony with so many phenomena that the burden of proof lies with those who object to it” (S. 771). Als „Beweise“ führte er die Experimente von Bucherer sowie Hupka an.

²[Comstock10b]

³“This criterion is uniquely suited for the detection of any apparent anomaly in the motion of binary stars due to a possible dependence of the velocity of light on the velocity of the source. It was developed solely for this reason and the author is now using it with the purpose of detecting such an effect, does it exist.” [Comstock10b, S. 370]

⁴[Zhang97, S. 151]

⁵[Tolman10b]. In einem früheren Artikel zusammen mit G.N. Lewis, welcher die erste Veröffentlichung zur SRT in Amerika war (siehe [Goldberg84, S. 255], zu den darin enthaltenen Fehlern S. 256), hatte er noch davon gesprochen, dass eine ballistische Lichttheorie durch die Experimente von Bucherer bereits ausgeschlossen und das 2. Postulat dadurch bewiesen sei: “Indeed merely from the first postulate of relativity and these experiments of Bucherer we may deduce the second postulate and all the further conclusions obtained in this paper. This fact can hardly be emphasized too strongly.”, [Lewis09, S. 519]. Ebenso wie Tolman hatte Jacob Kunz in [Kunz10], der in seinem Artikel die Vor- und Nachteile der Emissions- bzw. Wellentheorien betrachtete, als Kandidat für ein *experimentum crucis* aber Kanalstrahlen in Erwägung gezogen.

⁶[Tolman10b, S. 40]

⁷Bei dieser Uneinigkeit ging es um die Frage, wie ein (bewegter) Spiegel die Geschwindigkeit des von ihm reflektierten Lichtes beeinflusst. Hier sei noch auf [Pauli21] hingewiesen, wo sich auf den Seiten 549-53 ein kurzer Überblick über diese und andere Fragen zur Konstanz der Lichtgeschwindigkeit bzw. der Nachweisbarkeit entweder der Einsteinsche oder der Ritzschen Theorie (besser: Emissionstheorien) befindet. Siehe auch [Tolman17], S.26.

“The electromagnetic emission theory seems so far to agree with observation in those cases where the present theory fails.”¹ Tolman gestand ein, dass seine Ableitung zwar eine Annahme² enthalte, welche die Verwendung des Dopplereffektes als allgemeines Entscheidungskriterium verhinderte, zeigte aber anhand von Messungen an konkaven Gittern, dass zwei der von ihm betrachteten Varianten der Emissionstheorien (er hatte sich nicht allein auf die Variante von Ritz beschränkt) durch diese widerlegt werden.³ Um die Ritzsche gegen die Einsteinsche Theorie zu prüfen, zeigte er, dass ein mit Sonnenlicht durchgeführter Michelson-Morley Versuch⁴ geeignet wäre, eine Entscheidung zwischen beiden zu fällen, was er für sehr wichtig erachtete:

Hence if the Ritz theory should be true, *using the sun as source of light* we should find on rotating the apparatus a shift in the fringes of the same magnitude as originally predicted for the Michelson-Morley apparatus where a terrestrial source was used. If the Einstein theory should be true, we should find no shift in the fringes using any source of light.[. . .] A definite experimental decision between the relativity theories of Ritz and Einstein is a matter of the highest importance.⁵

In seinem Lehrbuch zur Relativitätstheorie⁶, welches 1913 das erste Lehrbuch zur SRT in den USA war⁷ und welches die erste „ausgefeiltere Axiomatik der SRT“⁸ enthielt, hatte R.D. Carmichael⁹ das Interesse an einer experimentellen Entscheidung ebenfalls aufgeworfen, wobei er speziell Bezug zu Tolman und Stewart nahm:

So far as the writer is aware, there is no experimental evidence which is undoubtedly opposed to postulate M [“The unaccelerated motion of a system of reference S cannot be detected by observations made on S alone, the units of measurement being those belonging to S.”], while on the other hand there is direct experimental evidence which is believed by some to be definitely in its favor. Tolman, in particular has considered this matter in relation to the Doppler effect and to the velocity of light from the two limbs of the sun; and has concluded that experiment bears out the postulate. Stewart, on the other hand, has examined the same experiments

¹[Stewart11, S. 428]

²[Tolman12, S. 137, Fußnote 2]

³[Tolman12]. Die Theorien unterscheiden sich durch das Verhalten der Lichtgeschwindigkeit bei Reflexion an einem Spiegel, siehe Fußnote 7, Seite 68. Ein Experiment zur Feststellung, welchen Einfluss ein bewegter Spiegel auf die Lichtgeschwindigkeit hat, wurde 1913 von A.A. Michelson ausgeführt und in [Michelson13] beschrieben mit dem Ergebnis, dass innerhalb der Messgenauigkeit kein Einfluss feststellbar war.

⁴Ursprünglicher Versuch: Michelson, Albert A. and Morley, Edward W., “On the Relative Motion of the Earth and the Luminiferous Ether”. *American Journal of Science*, Third Series, **34** (1887), S. 203ff.

⁵[Tolman12, S. 143]. Am Ende dieses Aufsatzes bedankte Tolman sich für die Vorschläge und Kritik, welche P. Ehrenfest ihm hatte zuteil werden lassen.

⁶[Carmichael13d]

⁷[Goldberg84, S. 272]. Es war danach sogar das erste englischsprachige Lehrbuch überhaupt.

⁸[Hentschel90, S. 343]. Carmichael hatte untersucht, aus welchen Postulaten (er unterschied deren fünf) welche Theoreme ableitbar sind um Klarheit über die Abhängigkeitsverhältnisse herzustellen, siehe [Hentschel90, S. 343-8].

⁹Zu Carmichael siehe auch [Goldberg84, S. 277-9].

and has found an explanation for them in Thomson's electromagnetic emission theory of light. According to Stewart these experiments are in agreement with our postulate M but are opposed to our postulate R' ["The velocity of light in free space, measured on an unaccelerated system of reference S by means of units belonging to S, is independent of the unaccelerated velocity of the source of light."]. All other attempted proof or disproof of the postulate appears to be in the same state; it is capable of two interpretations which are directly opposed to each other with respect to their conclusions as to the validity of R'. Thus at present there is no undoubted experimental evidence for or against postulate R'. If the assumption is to be proved at all, either new experiments must be devised or it must be proved by indirect means showing that it is a consequence of experiment and accepted laws.¹

Interessant ist hier noch zu bemerken, dass sich der gerade dargestellte Abschnitt in den USA abgespielt hat, wo bis 1908 praktisch keine Rezeption der Speziellen Relativitätstheorie stattgefunden hatte.² Durch den dort im Gegensatz zu Europa höheren Stellenwert des experimentellen Charakters der Physik verwundert es nicht, dass diese Gedanken zu einer Überprüfung dort früher auftraten. Von Gegnern und Befürwortern der SRT wurden ihre Postulate als experimentell überprüfbar betrachtet und die Wahl der Postulate an ihre Überprüfung gekoppelt.³

Kurz nach Comstock und Tolman (auf die er verwies) hatte sich Guido Castelnuovo 1911 in Rom unter anderem ebenfalls mit der Problematik, 2. Postulat versus ballistische Hypothese, beschäftigt. Er sah wie Comstock in Doppelsternbeobachtungen eine Möglichkeit, zwischen beiden Alternativen zu unterscheiden.⁴

Auch Ehrenfest hatte sich 1912 bereits vor seiner Antrittsvorlesung in einem Artikel damit auseinandergesetzt, wie es sich nachweisen ließe, welche der beiden Möglichkeiten (Ritz/Einstein) in Betracht zu ziehen sei.⁵ Er gab jedoch kein konkretes Experiment an, welches die Entscheidung herbeiführen könnte⁶, sondern seine „Ausführungen zeigen zumindest die prinzipielle Möglichkeit einer experimentellen Entscheidung zwischen dem Einsteinschen Postulat (D) und der Ritzschen Annahme (B)“.⁷ In dem Artikel wahrte er seine Objektivität und wies lediglich in einer Fußnote auf die möglichen Folgen für die Einsteinsche Theorie im Falle eines für diese ungünstigen Ergebnisses hin.⁸

¹[Carmichael13d, S. 18f]

²[Goldberg84, S. 251]. Zur Rezeption der SRT in den USA siehe darin Kapitel 9 und 10.

³[Goldberg84, S. 263]

⁴Siehe [Castelnuovo11, S. 70-3]. Mangelnde Italienischkenntnisse machten mir leider eine detaillierte Analyse des Artikels unmöglich.

⁵[Ehrenfest12]

⁶Er verwies auf die Schwierigkeiten, welche durch die Verwendung von Spiegeln bereits bei Tolman und Stewart aufgetreten waren.

⁷[Ehrenfest12, S. 319]

⁸“In der Tat, man bedenke, was es für die Einsteinsche Relativitätstheorie bedeuten würde, wenn sich plötzlich (D) als unrichtig und (B) als richtig erweisen sollte! Es würde bedeuten, daß die ganze Lehre von der Kontraktion der starren Körper, der Gangordnung der Uhren usw. usw. nichts anderes ist, als eine Kompensation für einen Fehler: eine Kompensation dafür, daß man trotz

Als Vorgriff auf die später in dieser Arbeit betrachtete „Reprise“ des Themas durch M. La Rosa sei hier der Vollständigkeit halber noch erwähnt, dass er sich schon 1912 zu Wort gemeldet hatte und in der *Physikalischen Zeitschrift*¹ auf einen Artikel von sich hinwies², in welchem er ähnliche Gedanken wie Tolman entwickelt habe, von diesem aber nicht erwähnt worden sei.³

Die Frage eines experimentellen Nachweises war natürlich auch für Einstein von großer Bedeutung (da seine Theorie als „Prinziptheorie“ mit den Axiomen steht und fällt⁴). Nach dem Erscheinen des Artikels von Ehrenfest schrieb er diesem unter anderem Bezug nehmend darauf einen Brief, und die beiden verfolgten das Thema noch über einige weitere Briefe hinweg.⁵

De Sitter setzte also mit seinem Artikel⁶ thematisch an die zuvor erwähnten Untersuchungen an. Allerdings ist nicht klar, ob und welche vorhergehenden Arbeiten er kannte⁷, da er *keine* von ihnen zitiert hat.⁸

Um nun entscheiden zu können, ob die durch die Lorentz/Einsteinsche Theorie (er nannte beide Namen gemeinsam)⁹ angenommene Konstanz der Lichtgeschwindigkeit bestand hat oder ob die Lichtgeschwindigkeit „variabel“ ist, so wie es die Ritz'sche Theorie verlangt, zog er, wie schon von Comstock vorgeschlagen¹⁰, die Beobachtung von Doppelsternen zu Rate.¹¹

Er betrachtet dazu zunächst theoretisch einen Doppelstern¹², welcher Licht zu einem

des Michelsonschen Versuches an der aus der Äthertheorie stammenden Annahme (D) festhielt.“ [Ehrenfest12, S. 319]

¹[La Rosa12b]

²[La Rosa12a]. Ein weiterer Artikel wird noch in [Sellerio34, S. 436] aufgeführt: “Sopra un’esperienza di confronto fra lateoria della relatività e le concezioni meccaniche sulla emissione della luce” *Gior. di Scienze Naturali ed Economiche* (1912).

³[Tolman12]

⁴[Hentschel97, S. 19]

⁵Siehe Doc. 384, Doc. 390, Doc. 394, Doc. 404 und Doc. 409 aus [Einstein93]. In Doc. 384 schrieb Einstein, dass er vor der Relativitätstheorie auch der Ritz'schen Auffassung war, siehe auch [Einstein89, S. 263f], [Martínez04, S. 9-11].

⁶[deSitter13d]. Auf diesen und weitere hier betrachtete Artikel trifft die Anmerkung von Norton (siehe Fußnote 4, S. 66) natürlich ebenfalls zu.

⁷Da de Sitter [Freundlich13], worin [Comstock10b] zitiert wurde, in [deSitter13] zitiert hat, kann man frühestens ab diesem Artikel eine mögliche Kenntnisnahme annehmen. In der wieder aufgeflamnten Debatte 1924/25 wurde von La Rosa in [La Rosa24a], den de Sitter kannte, auf [Comstock10a] verwiesen. Aber auch in den darauf folgenden Artikeln hatte de Sitter keinen der Autoren, die vor 1913 zu dieser Frage etwas publiziert hatten, erwähnt.

⁸Auch in seinem Notizbuch S2, Box 21C, wo er auf den Seiten 110-11 Notizen zum Thema „Lichttheorien relativität“ gemacht hat, gibt es keine Hinweise auf Quellen.

⁹Um es ganz deutlich zu machen: Er sprach weder davon, dass Einstein die Konstanz *postuliert* hatte noch dass er dieses Postulat beweisen wolle!

¹⁰[Comstock10a]

¹¹Siehe auch [Roseveare82, S. 135]. Er erdachte hier kein neues Experiment, sondern er betrachtete bereits getätigte Beobachtungen unter einem anderen Blickwinkel – “[T]he experiment had already been made hundreds of times.” [deSitter33j, S. 145], wie er später schrieb.

¹²Genauer: Eine Komponente, siehe auch den englischsprachigen Artikel [deSitter13a].

im Abstand Δ befindlichen Beobachter sendet (siehe Abbildung 2.6).¹

In den Punkten A und B sende er Licht aus. Bestimmt man nun als Beobachter die Zeitintervalle, welche zwischen den Durchgängen A→B bzw. B→A vergehen, so wären diese

$$A \rightarrow B : T + \frac{2u\Delta}{c^2} \quad (2.1)$$

bzw.

$$B \rightarrow A : T - \frac{2u\Delta}{c^2}, \quad (2.2)$$

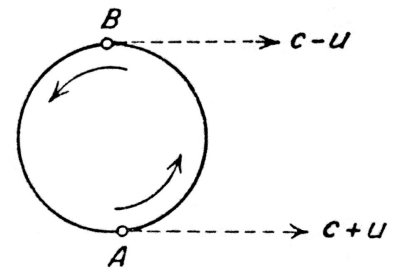


Abbildung 2.6. – Lichtaussendung eines Doppelsterns (Quelle: [deSitter13d, S. 429])

wobei T die halbe Umlaufzeit bedeutet und die Bahn der Einfachheit halber als Kreisbahn angenommen ist. In „der gewöhnlichen Theorie“, so de Sitter, seien beide Intervalle gleich T . Ihm kam es nun darauf an, die Größenordnung des Terms $\frac{2u\Delta}{c^2}$ zu bestimmen. Läge diese in derselben Größenordnung wie T , so sei es unmöglich, „die Beobachtungen mit den Keplerschen Gesetzen in Einklang zu bringen“. Er setzte Werte² für u usw. ein, welche für die bestbekanntesten spektroskopischen Doppelsterne recht häufig seien, mit dem Ergebnis, dass annähernd $T - \frac{2u\Delta}{c^2} = 0$, und damit die Größenordnungen gleich waren. Daraus folgerte er:

Die Existenz der spektroskopischen Doppelsterne und der Umstand, daß in weitaus den meisten Fällen die beobachteten Radialgeschwindigkeit vollständig durch die Keplersche Bewegung repräsentiert wird, ist also ein kräftiger Beweis für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit.³

Damit kam für ihn die Ritzsche Theorie nicht in Frage.⁴ Zu dieser Argumentation bemerkte Waldron 1977 sehr treffend (obwohl er zu zeigen versuchte, dass das Argument eigentlich *nicht* funktioniert⁵):

¹In R.T.A. Innes kannte de Sitter (ihre Anwesenheiten am Royal Observatory, Cape of Good Hope, haben sich überschritten, siehe [Gill13, S. clxx u. clxxi]) einen Experten ([Aitken18, S. 37]) auf dem Gebiet der Doppelsternforschung, siehe auch [Moore77, S. 92-106].

² $u = 100 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $T = 8$ Tage und $\frac{\Delta}{c} = 33$ Jahre, was einer Parallaxe von 0,1" entspricht.

³[deSitter13d]. Zu den Argumenten siehe auch [Waldron77, S. 55f,59]

⁴In dem ähnlichen englischsprachigen Artikel schrieb er: "We can thus not avoid the conclusion $a = 0$, i.e. the velocity of light is independent of the motion of the source. RITZ's theory would force us to assume that the motion of the double stars is governed not by NEWTON's law, but by a much more complicated law, depending on the star's distance from the earth, which is evidently absurd.", [deSitter13a, S. 1298].

In seinen Notizen in S2, Box 21C, datiert beginnend mit 20.01.1913, findet sich neben wieder durchgestrichenen Überlegungen zum Dopplereffekt (Vergleich übliche Theorie mit Ritz, Betrachtung bei Reflexion) auch die „Urversion“ seiner Doppelsternbetrachtung. Hier berechnete er eine negative Zeitdifferenz bei den Empfangszeiten für Licht, welches von Position B, dann von Position A ausgesendet wurde. Sein Kommentar dazu: „Das ist absurd(meine Übersetzung von: „Dit is absurd“).

⁵Im Prinzip basierte seine Kritik darauf, dass es auch 1977 noch nicht trivial sei, die komplette Bahn eines Doppelsterns so genau zu bestimmen um an ihr die Keplerschen Gesetze zu überprüfen, siehe [Waldron77, S. 98-103]. Man muss Waldron zu den Antirelativisten zählen, denn er brachte bereits im Vorwort zu diesem Buch seine Position sehr deutlich zum Ausdruck: "Physics started to go wrong in 1905 when Einstein published his relativity theory." [Waldron77, S. xii]

If de Sitter were right, this point would be compelling evidence in favour of Einstein's theory. A demonstration that a basic assumption is correct is much more satisfactory than obtaining experimental results in agreement with prediction, for no matter how many agreements are found, there is always the possibility of alternative explanation. Thus de Sitter's argument has a strong emotional appeal, and is regarded by many people as decisive.¹

De Sitters erste beiden Veröffentlichungen (siehe Tabelle 2.3) blieben nicht unbeachtet. Einstein nahm in einem Brief an Paul Ehrenfest Bezug darauf² (vermutlich hatte Ehrenfest ihm darüber berichtet, ein Brief dazu existiert leider nicht) und schrieb:

Die Sache mit den Doppelsternen ist sehr hübsch, vorausgesetzt, dass die Linienwanderungen wirklich exakt genug gemessen sind, um einigermaßen die Keplersche Bewegung nachzuprüfen.³

Veröffentlichte Reaktionen auf de Sitters Argumentation gab es in Form von Zeitschriftenaufsätzen von P. Guthnick und E. Freundlich.⁴ Freundlich betonte, dass „ein astronomischer Beweis für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“ [...] von außerordentlicher Tragweite wäre“⁵. Er bestätigte die Argumentation de Sitters, welche die vollständige Superposition der Quellengeschwindigkeit mit der herkömmlichen Lichtgeschwindigkeit voraussetzt, gibt aber zu bedenken, dass es sich in dem betrachteten Fall um einen Grenzfall handle, sodass „von einem „Beweis“ [...] eigentlich nicht recht gesprochen werden kann“.⁶

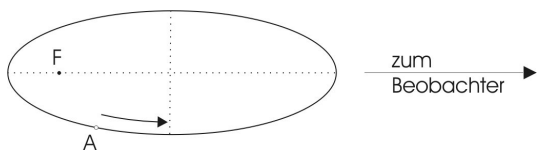


Abbildung 2.7. – Ausrichtung der „scheinbaren Ellipse

Damit zielte er auf eine Überlagerung ab, in der die Geschwindigkeit der Lichtquelle nicht mit ihrem vollen Betrag eingeht. Zudem gelte das Argument nicht für alle Bewegungsformen, „denn die Bewegung in einer Kreisbahn bei variabler Geschwindigkeit [...] ist in erster Ordnung identisch mit einer Keplerschen Bahnbe-

wegung in einer Ellipse, deren Apsidenlinie auf uns zu gerichtet ist, während das Periastron auf der von uns abgewandten Seite liegt“.⁷ Er gab dazu die Geschwindigkeiten in Richtung der Visionlinie an:

$$\rho = u \cos(l - k \cos l) \tag{2.3}$$

¹[Waldron77, S. 56]

²[deSitter13d]

³Einstein an Ehrenfest, 28.05.1913, [Einstein93, Doc 441], EA 9-340. In diesem Brief berichtete Einstein auch über seine Fortschritte bei der Gravitationstheorie.

⁴[Guthnick13], welcher der detailliertere und technischere Artikel ist und [Freundlich13], welcher hier betrachtet wird. Beide verwiesen in ihren Artikeln jeweils auf den anderen Artikel. Freundlich war zu dieser Zeit Assistent an der Königlichen Sternwarte in Berlin (siehe [Forbes72, S. 181]), Guthnick war dort als Observator beschäftigt (siehe [Kienle47, S. 268]). Guthnick, ein Schüler Küstners, war später Direktor der Sternwarte Berlin-Babelsberg, siehe [Stein28, S. 326/330].

⁵[Freundlich13, S. 835]

⁶[Freundlich13, S. 835]

⁷siehe Abbildung 2.7

für den Fall der Kreisbewegung und

$$\varrho = u \cos \left(l + 2e \sin(l - \omega) + \frac{5}{4}e^2 \sin 2(l - \omega \dots) \right) \quad (2.4)$$

für die scheinbare Ellipse, wobei e die Exzentrizität, l die Länge in der Bahn (Winkel) und ω die Knotenlänge¹ (hier 90°) bedeuten. In der Konstanten k geht der Anteil der Quellengeschwindigkeit auf die variable Lichtgeschwindigkeit ein. Im de Sitterschen Fall ist

$$k = \frac{\mu}{86400} \frac{u\Delta}{c^2}, \quad (2.5)$$

Freundlich dagegen führte noch einen Proportionalitätsfaktor \varkappa ein, den er durch

$$\varkappa \frac{\mu}{86400} \frac{u\Delta}{c^2} = k < 2, \quad (2.6)$$

nach oben beschränkte² „für den Entfernungsbereich, den die uns genauer bekannten Doppelsterne überstreichen“³. Um nun zu sehen, wie dicht die beiden Kurven ϱ beieinanderliegen, betrachtete er die Kurven für die Werte $e = 0,25, k = 0,5, u = 100$ km (siehe Abbildung 2.8) bzw. $e = 0,5, k = 0,5, u = 45$ km.

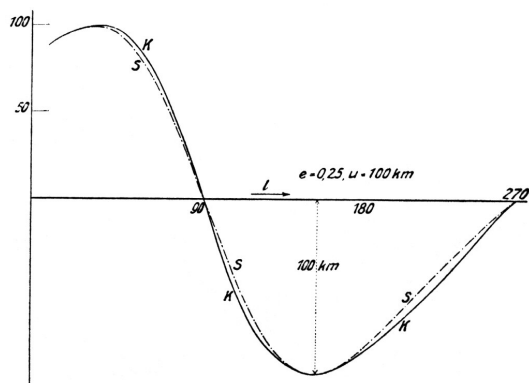


Abbildung 2.8. – Doppelsterngeschwindigkeiten; Kreisbahn bei variabler Lichtgeschwindigkeit (S) vs. vorgetäuschte Exzentrizität (K) (Quelle: [Freundlich13, S. 837])

Für die ersten Werte ergab sich eine maximale Abweichung von 6km, für die letzteren ein Maximum von 10km. Daraus folgerte er, dass es für $e < 0,5$ nicht leicht sei, die beiden Möglichkeiten sauber zu trennen – also eine wirkliche Exzentrizität von einer vorgetäuschten (scheinbaren) zu unterscheiden. Um nun festzustellen, ob bereits scheinbare Exzentrizitäten beobachtet worden waren, führte er mehrere Überlegungen auf. Da Bahnen mit $e > 0,5$ seltener seien als Bahnen mit $e < 0,5$, das Auftreten von scheinbaren Exzentrizitäten aber für beide Möglichkeiten gleich wahrscheinlich sei, so Freundlich, müsse unter Bahnen mit $e > 0,5$ ein größerer Prozentsatz mit vorgetäuschten Exzentrizitäten beobachtbar sein. Auf je-

dem Fall müsse aber die spezielle Orientierung der vorgetäuschten Ellipsen (Apsidenlinie zum Beobachter gerichtet, Periastron auf der vom Beobachter abgewandten Seite) auffallen. Tatsächlich berichtete Freundlich von Untersuchungen, die die ungewöhnliche

¹Zu Knotenlänge siehe Anhang B

²Im zweiten Falle ist für $\omega=90^\circ$

$$\varrho = u \cos \left(l - 2e \cos(l) + \frac{5}{4}e^2 \sin 2(l - 90^\circ) \right) \quad (2.7)$$

³[Freundlich13, S. 836]

Häufung der genannten Orientierungsrichtung bestätigten. In einem der von ihm zitierten Artikel¹ etwa wiesen 23 von 28 Systemen diese auf, der Anteil unter den großen Exzentrizitäten $e > 0,5$ betrug sogar $7/8$.² Somit ließe sich die bisher unverständliche Ausrichtung von Apsidenlinie und Periastron mit Hilfe der Ritzschen Theorie erklären.³ Freundlich hob aber dennoch hervor:

Eindeutige Kriterien gegen die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit sind diese Erscheinungen natürlich keinesfalls, solange wir für die Konstante \varkappa keine Deutung haben und nur über ihre Größenordnung etwas aussagen können.⁴

Im letzten Absatz des Artikels ging Freundlich darauf ein, welche Messungen durchgeführt und welche Voraussetzungen dafür erfüllt sein müssten um die Frage zu klären, welche Hypothese über die Lichtgeschwindigkeit bestätigt werden kann. Im Moment könne man „auf Grund unserer heutigen Kenntnisse eindeutige Folgerungen zugunsten einer der beiden Hypothesen [...] noch nicht ziehen“.⁵ Aber: „In der Tat liegen auffallende Symptome vor, die bisher durch die Veränderlichkeit der Lichtgeschwindigkeit sich erklären lassen.“⁶

In einem Brief an Freundlich im Hinblick auf den – zu diesem Zeitpunkt noch nicht erschienenen – soeben zitierten Artikel wies Einstein sehr klar darauf hin, wie entscheidend ein experimenteller Nachweis über die Art der Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle für seine Theorien wäre:

Sehr neugierig bin ich auch auf die Ergebnisse Ihrer Untersuchung⁷ über die Doppelsterne. Wenn die Lichtgeschwindigkeit auch nur im Geringsten von der Geschwindigkeit der Lichtquelle abhängt, dann ist meine ganze Relativitätstheorie inklusive Gravitationstheorie falsch.⁸

¹Miller Barr, „The Orbits and 'Velocity Curves' of Spectroscopic Binaries“. *Journal of the Royal Astronomical Society of Canada* **2** (1908), S. 70-81.

²[Freundlich13, S. 837]. Ein weiteres, weniger betontes Argument Freundlichs (überlagerte Schwingung/sekundäre Oszillation) wurde hier nicht wiedergegeben. Für eine detailliertere Untersuchung der auftretenden Effekte bei variabler Lichtgeschwindigkeit siehe [Guthnick13]. Dort finden sich auf S. 269f auch weitere Angaben zu beobachteten Lagen von Periastron. Ihre ungewöhnliche Verteilung wurde 1918 von Aitken erklärt als „extraordinary coincidence“, welche bei einer Verdopplung der Anzahl der bekannten Doppelsternbahnen wieder verschwinden würde, siehe [Aitken18, S. 201f]. Guthnick beschrieb auf S. 268 auch die später von La Rosa etwa in [La Rosa24a] hervorgehobenen Intensitätsschwankungen unter Annahme der Ritzschen Theorie.

³Die ungewöhnliche Bevorzugung einer Orientierung wurde von R.S. Capon noch vor Freundlich (Capon: April, Freundlich: Juli) in [Capon14b] untersucht, was Freundlich scheinbar nicht bekannt war, da er diesen Artikel nicht angegeben hatte. Capon kam zu dem Schluss „that any effect of the velocity of the source on the velocity of light is certainly very small; so small as definitely to disprove the Ritz emission theory“, S. 512.

⁴[Freundlich13, S. 838]. Hervorhebung im Original, dort aber nicht kursiv sondern durch leicht gesperrten Satz.

⁵[Freundlich13, S. 838]

⁶[Freundlich13, S. 838]

⁷[Freundlich13]

⁸Einstein an Freundlich, vor dem 26.08.1913, [Einstein93, Doc 472], EA 11-204.

Auf die Kritik Freundlichs reagierte de Sitter mit zwei (einander ähnlichen) Artikeln ([deSitter13l], [deSitter13h]). In dem Journal *Physikalische Zeitschrift* betrachtete er die verallgemeinerte Form der Formel für die Berechnung der Lichtgeschwindigkeiten

$$v = c + ku \tag{2.8}$$

und versuchte, experimentell eine obere Grenze für k zu bestimmen, denn „[m]an kann ja experimentell niemals die Konstanz irgendeiner Größe behaupten, sondern nur die Konstanz innerhalb gewisser Grenzen.“¹ Um eine Abschätzung zu finden, betrachtete er den „gut bekannten Stern β Aurigae“, durch den er eine Abschätzung für k ,

$$k < 0,002 \tag{2.9}$$

gewann. Dass diese Abschätzung durch weitere Beobachtungen nicht nach oben, sondern nach unten verändert würde, begründete er damit, dass eine große Anzahl spektroskopischer Doppelsterne große Geschwindigkeiten und sehr kleine Exzentrizitäten aufwiesen und die Mehrzahl dieser Sterne zweifelsfrei kleine Parallaxen hätten. Er stellte weiterhin fest, dass die scheinbar bevorzugte Ausrichtung der Apsidenlinie in Richtung Sonne für einen von Null verschiedenen Wert von k sprechen würde. Allerdings (dies habe bereits Guthnick hervorgehoben²):

Die spektroskopischen Doppelsterne mit kurzer Periode, also großem u , haben kleine oder verschwindende Exzentrizitäten, während diejenigen mit langen Perioden und die visuellen Doppelsterne im allgemeinen größere Exzentrizitäten haben. Wenn k einen beträchtlichen Wert hätte, müßte das natürlich gerade umgekehrt sein.³

Also schlussfolgerte er: "Der oben gefundene kleine Wert der oberen Grenze für k scheint jedoch alle ferneren Betrachtungen dieser Art überflüssig zu machen."⁴

Der auf Englisch publizierte „Schwesterartikel“ hatte noch ein Postscriptum⁵ welches dem auf Deutsch verfassten Artikel fehlte. In diesem erwähnte de Sitter den Einwand, den Prof. Korteweg bei der Diskussion des Artikels vorgebracht hatte, nämlich dass es ja sein könne, dass β Aurigae eine echte Exzentrizität besitze, welche gerade so groß sei, um die scheinbare Exzentrizität aufzuheben. Wenn nun die wahre Exzentrizität $e = 0,90$ wäre, so de Sitter, dann würde die Abschätzung $k < 0,12$ liefern. Bei Kenntnis nur dieses einen Sterns müsste man diesen Wert als obere Schranke annehmen. Da es aber eine Vielzahl von Sternen gebe, deren Exzentrizität sehr klein oder verschwindend sei, so de Sitter, wäre es absurd anzunehmen, dass bei all diesen die echte Exzentrizität genau so ausgerichtet sei, um die Scheinbare zu kompensieren.

¹[deSitter13l, S. 1267]

²[Guthnick13, S. 270]

³[deSitter13l, S. 1267]

⁴[deSitter13l]

⁵[deSitter13h, S. 396]

Der letzte zu diesem Komplex gehörende Artikel stammt von W. Zurhellen.¹ In diesem stellte er eine weitere Möglichkeit vor, die obere Grenze für k zu bestimmen.² Er verwendete nicht die (scheinbare) Exzentrizität als Entscheidungsmerkmal sondern er bemerkte,

daß gerade in den Ordinaten g [Radialgeschwindigkeit] ein sekundärer Dopplereffekt auftrete, der sehr viel leichter nachweisbar wäre als die Veränderungen der Abszissen t , und daß hierdurch ein hundert- bis tausendfach empfindlicheres Kriterium geboten wird als die bisher erörterten.³

Für seine Überlegung müssen drei Voraussetzungen erfüllt sein: (1.) Der Ort einer Linie im Spektrum hängt eindeutig von der ankommenden Frequenz ab, (2.) die Zahl der Schwingungen des Lichtes ist in korrespondierenden Intervallen in Quelle und Empfänger⁴ identisch und (3.) gelte

$$t_e - t_a = \frac{\Delta}{c - kv}, \quad (2.10)$$

wobei Δ die Entfernung von Quelle (Index a) im Moment der Emission bei Geschwindigkeit v und Empfänger (Index e) im Moment des Empfangs bedeutet. Um die von ihm angeführten Absurditäten⁵ zu umgehen, ging er auf eine differenzielle Betrachtungsweise über. Zurhellen betrachtete zwei Lichtemissionen zu den Zeiten t_a und $t_a + 1s$, welche zu den Zeiten t_e bei der Entfernung Δ und $t_e + dt_e$ bei der Entfernung $\Delta + v$ empfangen werden. Nach Einsetzen in (2.10) sowie Umformen und vernachlässigen kleiner Glieder erhielt er

$$\frac{1}{\nu_e} = \frac{1}{\nu_a} \left(1 + \frac{1}{c} \left(v + \frac{k\Delta dv}{c} \right) \right). \quad (2.11)$$

Dies verglich er mit dem gewöhnlichen Dopplerprinzip und unter der Voraussetzung $k \neq 0$ „wird die als Radialgeschwindigkeit aufgefasste Größe in Wirklichkeit gleich“⁶

$$v' = \left(v + \frac{k\Delta dv}{c} \right). \quad (2.12)$$

Diese von der Bahnform unabhängige Gleichung untersuchte er nun zunächst für den Fall einer Kreisbahn. Nach einigen Schritten resultierte eine Gleichung, in welche man nach dem Einsetzen von Messwerten eines Doppelsternes einen Wert für k erhielt. Wie bereits de Sitter verwendete er β Aurigae als Testobjekt (er gab $e = 0$ an) und erhielt den Wert

$$k = 2,5 \cdot 10^{-7}. \quad (2.13)$$

¹[Zurhellen14]. De Sitter an Kottler, 29.07.1922: „Auch die schöne Arbeit von Zurhellen Astr. Nachr. 198, sollte [in [Kottler22]] nicht unerwähnt bleiben.“

²Bei ihm \varkappa statt k , g statt v . Generell wird versucht, Parameter hier einheitlich zu verwenden, wenn auch in den Quellen teilweise unterschiedliche Buchstaben verwendet werden.

³[Zurhellen14, S. 1]

⁴Bei ihm ist der Empfänger ein Prisma.

⁵[Zurhellen14, S.3]

⁶[Zurhellen14, S.4]

Auch für den komplexeren Fall der elliptischen Bahn gelangte Zurhellen nach einigen Betrachtungen auf einen Wert für k (am Beispiel Algol):

$$k = 8,5 \cdot 10^{-7}. \quad (2.14)$$

Er gab zu, dass die Werte¹ sehr unsicher seien, schloss aber dennoch daraus:

Der Bruchteil, mit dem die Geschwindigkeit einer Lichtquelle in die Lichtgeschwindigkeit eingeht, ist kleiner als 1 : 1 Million.

Selbstverständlich betrachte ich dies Resultat nicht als abschließend; die vorstehenden Überlegungen geben aber, sofern sich kein physikalischer Einwand gegen sie erhebt, ein Mittel an, die Größe $\varkappa [k]$ mit jeder wünschenswerten Schärfe zu bestimmen, sobald nur genauere, insbesondere in demselben Spektralbereich ange stellte Korrespondenzbeobachtungen vorliegen.²

Mit Zurhellens Beitrag wurde die Diskussion vorerst beendet, und es stellt sich nun die Frage, ob, wo und wie die erzielten Resultate (und damit auch verbunden die Ritzsche Emissionstheorie) rezipiert wurden.

Einstein:

In einem unveröffentlichten Manuskript³ von Einstein über die Spezielle Relativitätstheorie von 1912/13⁴ erwähnte er das de Sittersche Ergebnis⁵ mit folgendem Resultat: „Die Unhaltbarkeit dieser Auffassung [ballistische Hypothese] kann wohl als endgültig erwiesen betrachtet werden.“⁶ In seinem Kolloquium am 14.01.1914 hatte Einstein auf das Resultat von de Sitter Bezug genommen.⁷ Dort hatte er den wesentlichen Gedankengang de Sitters aus [deSitter13d] wiedergegeben: Die Unmöglichkeit der Konstatierung einer Keplerschen Bewegung eines Doppelsterns unter der Annahme einer von der Geschwindigkeit der Quelle abhängigen Lichtgeschwindigkeit.

1917 schrieb Einstein in seinem Buch *Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie* in diesem Zusammenhang:

¹R.S. Capon kam in [Capon14a, S. 659] auf eine Obergrenze von $4 \cdot 10^{-6}$.

²[Zurhellen14, S. 10]

³Doc. 1 aus [Einstein95]

⁴Siehe editorial note “Einstein’s manuscript on the special theory of relativity” in [Einstein95].

⁵Hier nahm Einstein wohl Bezug auf [deSitter13d], was er zu diesem Zeitpunkt offensichtlich selbst noch nicht gesehen hatte, was man aus der Tatsache schließen kann, dass er statt „de Sitter“ „Pexider“ schrieb, siehe dazu auch die ‘editorial note’, [Einstein95, S. 5f] bzw. [Martínez04, S. 20].

⁶Doc. 1 aus [Einstein95, S. 35]

⁷Nachgewiesen durch eine stenografische Mitschrift durch Eduard Sidler von der Vorlesung Einsteins „Elektrizität und Magnetismus“ an der ETH im Wintersemester 1913/14 (ETH-Bibliothek Zürich (<http://www.ethbib.ethz.ch>), Hs. 1067:14 und 1067:15). In [Einstein95, S. 6. Fußnote 22] ist als Datum der 15.02.1914 angegeben. Dies scheint aber ein Fehler zu sein, denn in der Umschrift/Transkription das Mittwochs-Kolloquium betreffend (HS 1067:15a, S. 57ff) ist als Datum der 14.01.1914 angegeben (ein Mittwoch, wohingegen der 15.02.1914 ein Sonntag war). Diese Information erhielt ich von Frau Evelyn Boesch Trüeb (Archiv der ETH Zürich), die die ungewöhnliche Notation des Datums interpretieren konnte und mich in unserer E-Mail Korrespondenz darüber in Kenntnis gesetzt hat. Ihrer Einschätzung nach fand das betreffende Kolloquium am 14.01.1914 statt.

Durch eine ähnliche, an die Beobachtung der Doppelsterne sich knüpfende Überlegung konnte der holländische Astronom De Sitter auch zeigen, daß die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von der Bewegungsgeschwindigkeit des das Licht emittierenden Körpers nicht abhängen kann.¹

In *The Meaning of Relativity*, welches aus Vorlesungen Einsteins in Princeton 1921 hervorging, führte er aus, dass bislang keine Theorie die Aberration, die Lichtausbreitung in bewegten Medien und die an Doppelsternen beobachteten Phänomene so zufriedenstellend erklären könne wie die SRT.²

Im April 1922 schrieb er in einem Brief an Mario Viscardini, dass de Sitter mit seinen Überlegungen zu Doppelsternen die ballistische Theorie widerlegt habe.³ Auch 1952 führte Einstein diese Widerlegung noch an⁴, sodass man wohl sagen kann, dass für Einstein der de Sittersche Nachweis der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit eine wichtige Rolle gespielt hatte.

Sonstige Veröffentlichungen:

Lorentz war in seinem Vortrag „Het Relativiteitsbeginsel“ (Das Relativitätsprinzip) vom März 1913 auf die Frage eingegangen, ob die Ritzsche Annahme Gültigkeit besitze. Er verneinte dies mit einer schematischen Darlegung der de Sitterschen Doppelsternbetrachtung⁵ und folgerte wie dieser daraus, dass das Licht sich im Äther stets mit der Geschwindigkeit c fortbewege.⁶

Sehr knapp wurde von Max Laue die Ritzsche Theorie in seinem Lehrbuch *Das Relativitätsprinzip* (2. Auflage, 1913) abgehandelt:

Sehr einfach würde dieser Sachverhalt [Michelson-Morley Experiment] erklärt durch die Idee von Ritz, daß die Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle abhängt, wie die Geschwindigkeit des Geschosses von der des Geschützes. Doch verstößt die Durchführung dieses Gedankens sonst so ziemlich gegen die gesamte optische Erfahrung.⁷

Mit welchen optischen Erfahrungen die Emissionstheorie in Widerspruch stehe führte er allerdings nicht weiter aus.

¹[Einstein17, S. 11f]. Bei der ähnlichen Überlegung wies Einstein darauf hin, dass anhand von Fixsternbedeckungen mit großer Exaktheit bekannt sei, dass c für alle Farben gleich ist.

²“No other theory [than STR] has satisfactorily explained the facts of aberration, the propagation of light in moving bodies (Fizeau), and phenomena observed in double stars (De Sitter).” [Einstein22b, S. 29]

³„Die ueberzeugendste Widerlegung dieser Hypothese hat aber der hollaendische Astronom De Sitter gegeben, indem er darauf aufmerksam machte, dass das Licht von einer Komponente eines Doppelsternes mit einer zeitlich veraenderten Geschwindigkeit emittiert werden muesste, aber mit den Ergebnissen der Beobachtung absolut nicht in Einklang ist“, Einstein an Viscardini, 28.04.1922, EA 25-302, siehe [Norton04, S. 71].

⁴Siehe Dokumente EA 20-046 und EA 12-250, siehe auch [Norton04, S. 72].

⁵[deSitter13c]

⁶„Het postulaat van RITZ kan echter, gelijk DE SITTER heeft opgemerkt, niet aangenomen worden. [...] Wij moten wel aannemen dat het licht in den aether steeds voortgaat met de snelheid c .“ [Lorentz14b, S. 5f]. Siehe auch Abschnitt 3.1.1.

⁷[Laue13, S. 16]

Ludwik Silberstein erwähnte in seinem Lehrbuch zur Relativitätstheorie von 1914 die ballistische Theorie nur ganz nebenbei bei der Behandlung des Michelson-Morley Experimentes: “Newton’s corpuscular theory, revived in a more elaborate form in the writings of the late Dr. Ritz, need not detain us here.”¹

Tolman hingegen widmete der Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit in seinem Lehrbuch *The theory of the relativity of motion* zur (speziellen) Relativitätstheorie von 1917 ein eigenes, wenn auch kurzes Kapitel.² In diesem erwähnt er auch die Problematik der Lichtgeschwindigkeit nach der Reflexion an einem (bewegten) Spiegel, welche die verschiedenen Emissionstheorien unterscheidet.³ Für den Nachweis der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit folgte er der de Sitterschen Argumentation von 1913, bei der, wie zuvor geschildert, die beobachtbaren Keplerschen Bewegungen als Nachweis für die Konstanz herangezogen wurden: “This is certainly very strong evidence against any form of emission theory.”⁴

In *The binary stars* von Aitken (1918) hätte man vermuten können, einen Verweis auf die Diskussion über den Nachweis der Abhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Lichtquelle zu finden, da in dem Buch einige Aspekte der Debatte angesprochen wurden.⁵ Allerdings findet sich nichts, vielleicht weil davon ausgegangen wurde, dass “[Light] is propagated as a wave motion, and with a definite and finite velocity.”⁶ Eine Begründung oder Rechtfertigung wurde für diese Prämisse allerdings nicht gegeben.⁷

In *Die Relativitätstheorie Einsteins* von Max Born (1920) wurde sehr kurz auf die ballistische Hypothese von Ritz eingegangen⁸ und schließlich unter Verweis auf de Sitter plausibel gemacht, dass diese keinen Bestand hatte, denn:

Neuerdings hat de Sitter (1913) durch eine ausführliche Untersuchung bewiesen, daß die Geschwindigkeit des von den Fixsternen kommenden Lichtes von der Bewegung dieser Gestirne unabhängig ist.⁹

Pauli hatte, wie eingangs dieses Abschnittes bereits erwähnt¹⁰, 1921 in seinem Encyclopädie-Artikel „Relativitätstheorie“ einige Aspekte¹¹ zur Frage Einstein vs. Ritz beleuchtet. Abschließend berichtete er dort über die in diesem Abschnitt dargelegte Debatte (und

¹[Silberstein14, S. 73]

²Siehe Kapitel II in [Tolman17, S. 20-27]. Zu dem Buch siehe auch [Goldberg84, S. 271].

³[Tolman17, S. 26]

⁴[Tolman17, S. 25]

⁵Etwa die Verteilung der Periastron [Aitken18, S. 201f], oder die sekundären Oszillationen [Aitken18, S. 162ff]. Siehe auch Fußnote 2, Seite 75.

⁶[Aitken18, S. 107]

⁷Möglicherweise liegt die Begründung in seiner zunächst skeptischen Haltung der ART gegenüber, vgl. [Brush99, S. 198].

⁸In der 5. Auflage ist diese Passage inklusive dem Verweis auf de Sitter aus dem Abschnitt „15. Die Kontraktionshypothese“ nicht mehr vorhanden, siehe [Born69, S. 188ff]. Da ich die 2.-4. Auflage nicht angeschaut habe, kann ich darüber keine Aussage treffen.

⁹[Born20, S. 159]

¹⁰siehe auch Fußnote 7, S. 68

¹¹u.a. Reflexion, Brechung, Interferenz, Fizeaus Strömungsversuch, Dopplereffekt

einige zeitlich danach ausgeführte Experimente und Überlegungen) und resümierte wie folgt:

Hält man dieses Ergebnis [$k < 0,002$, siehe Gleichung (2.9)] mit den erwähnten Schwierigkeiten der Emissionstheorien bei der Erklärung des *Fizeauschen* Versuches und bei der atomistischen Deutung der Brechung zusammen, so kann man wohl mit Sicherheit sagen, daß sich das Postulat von der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit als richtig, der von *Ritz* und anderen eingeschlagene Weg, den *Michelsonschen* Versuch zu erklären, als ungangbar erwiesen hat.¹

In einem weiteren Encyklopädieartikel „Gravitation und Relativitätstheorie“ (1922) von F. Kottler, wurde kurz die de Sittersche Idee zur Widerlegung der Ritzsschen Theorie erörtert, er sprach in diesem aber nicht wie Pauli (auf den er verwies) von einem sicheren Beweis, sondern er begnügte sich mit einer Darstellung der Argumente.²

Spätestens³ in der 5. Auflage von Weyls *Raum-Zeit-Materie*, wo auch auf Paulis Encyklopädieartikel verwiesen wurde, wurde de Sitters Nachweis erwähnt:

Aus der Beobachtung von Doppelsternen [...] hat de Sitter schließen können, daß die durch die Geschwindigkeit v der Lichtquelle bewirkte Änderung der Lichtgeschwindigkeit kleiner sein muß als der tausendste Teil von v .⁴

Das *Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung* von Arnold Berliner erwähnte die de Sittersche Überlegung in der 3. Auflage⁵ (1924) noch nicht, aber ab⁶ der 4. Auflage (1928) wurde unter der Überschrift „Unabhängigkeit der Vakuumlichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle“ unter Verweis auf de Sitter dessen Argumentation von 1913⁷ dargelegt, mündend in der Feststellung: „[D]ie Lichtgeschwindigkeit ist von der Bewegung der Lichtquelle unabhängig. Diese Tatsache heißt das *Prinzip der Unabhängigkeit der Vakuumlichtgeschwindigkeit* von der Bewegung der Lichtquelle. Sie bildet einen der Grundpfeiler der Relativitätstheorie.“⁸

In Fokkers Lehrbuch „Relativitätstheorie“ von 1929 wurde ebenfalls die de Sittersche Doppelsternbetrachtung angeführt zum Nachweis, dass es keinen Zusammenhang zwischen der Quellgeschwindigkeit und der des von ihr ausgesandten Lichtes gibt.⁹

Wie man durch diese kleine Betrachtung sehen kann, wurde der de Sittersche Nachweis sowohl von Einstein selbst aber auch von weiteren Autoren aufgenommen und wiedergegeben. Natürlich kann man durch die relativ geringe Anzahl der betrachteten

¹[Pauli21, S. 553]

²[Kottler22, S. 187f]

³Ich habe nur in der 1. und 5. Auflage nachgeschaut. In der 1. Auflage hatte Weyl von „Entdeckung der *endlichen Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes*“ gesprochen, ohne einen Bezug zu de Sitter herzustellen, siehe [Weyl18, S. 123].

⁴[Weyl23b, S. 161]

⁵[Berliner24]

⁶Geprüft habe ich dies nur in der 4. und 5. Auflage, [Berliner28] bzw. [Berliner34].

⁷[deSitter13d]

⁸[Berliner28, S. 485]

⁹[Fokker29, S. 194]

Werke keine größeren Rückschlüsse auf die „Beweiskraft“ ziehen, dennoch kann man eine Tendenz ableiten, da einige der Lehrbücher als “well-known monographies” einzustufen sind.¹

Autor	Titel
de Sitter, W.	„Ein astronomischer Beweis für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“ ^a
de Sitter, W.	“A proof of the constancy of the velocity of light” ^b
Guthnick, P.	„Astronomische Kriterien für die Unabhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von der Bewegung der Lichtquelle“ ^c
Freundlich, E.	„Zur Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“ ^d
de Sitter, W.	“On the constancy of the velocity of light” ^e
de Sitter, W.	„Über die Genauigkeit, innerhalb welcher die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Quelle behauptet werden kann“ ^f
Zurhellen, W.	„Zur Frage der astronomischen Kriterien für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit“ ^g

^a[deSitter13d]

^b[deSitter13a], für den zugehörigen Artikel in niederländischer Sprache siehe Anhang C.1. Dieser Artikel wurde auch in einer russischen Übersetzung veröffentlicht, siehe ebenfalls Anhang C.1. Ob es Reaktionen auf diese Veröffentlichung gab, wurde nicht weiter untersucht.

^c[Guthnick13]

^d[Freundlich13]

^e[deSitter13h], für den zugehörigen Artikel in niederländischer Sprache siehe Anhang C.1.

^f[deSitter13l]

^g*Astronomische Nachrichten* **198** (1914), 1-10

Tabelle 2.3. – Artikelabfolge in der Debatte um die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit von 1913/14

¹Darunter fallen nach [Goenner92, S. 20] die hier betrachteten Werke [Einstein22c] und [Laue13].

Notitie — — — p. 2 Oct. 1902

Vergelijking van Andromeda noord en zuidwaarts	p. 46	Julij '09
Opmerkingen bij Struvers Études d'astro. Hellain	40.	Aug '09
Kronenstaal van van van van van	42	Jan '10
+ Relativiteits-principe en gravitatie	44	Dec '09
Kan Andromeda's kern. uitl. 4. sub. bepaald worden?	52	Jan '10.
+ Relativiteits-principe en gravitatie	58	Jan '10
Recensie Wohlwill-Galilei	70	Feb '10
Disaanie stuk van Dr. Cohen	74	Feb '10
Opmerkingen over Kapteyn's studie Aph. J. Apr. 1910	80	Mit '10
+ Relativiteits-principe en Gravitatie	86	Sept - Dec '10 - Jan '11
Principes van Doppler	137	158
Ernesto M. Wright		
Tinctor van de hoede	140	
Evenwichts-principe	142	
III	156	

Abbildung 2.1. – Inhaltsverzeichnis des Notizbuches S8 „Varia“ (Quelle: de Sitter Archiv, Leiden, Box 21C)

2.2.2. Das Wiederaufleben von 1924

Anfang der 1920er Jahre waren Einsteins Theorien trotz des Erfolgs der Sonnenfinsternisexpeditionen von 1919 keinesfalls überall etabliert. Aus unterschiedlichsten Beweggründen wurde dagegen argumentiert¹, und auch der Äther wurde immer noch „am Leben erhalten“, z. B. durch Philip Lenard, der sich bei der Versammlung Deutsche Naturforscher und Ärzte im September 1920 in Bad Nauheim eine berühmte Debatte mit Einstein geliefert hatte.²

Lenard, als ein Verteidiger des Äthers und späterer (beginnend 1920) erbitterter Gegner Einsteins und der RT³, konnte de Sitters Argumentation *für* die SRT durch die dazu instrumentalisierten Doppelsternbeobachtungen nicht akzeptieren und schrieb wiederholt, dass seine Theorie (Äther/Uräther⁴) nicht im Widerspruch zur Beobachtung stünde: Da die Geschwindigkeit des Fixsternlichts in genügendem Abstand vom Stern von der Lichtgeschwindigkeit in Bezug auf den Äther des Sterns in die Lichtgeschwindigkeit gegenüber dem Uräther übergehe und der Gesamtabstand Stern–Erde sehr groß gegenüber dem Einflussbereich des Äthers des Doppelsterns sei, war für ihn die Beobachtung (keine Anomalien z. B. in Spektren von Doppelsternen) dadurch genügend erklärt.⁵

Um weitere Erkenntnisse zu erhalten müsse, so Lenard, der Michelson-Versuch mit Sternenlicht ausgeführt werden. Dies wurde 1923 von Rudolf Tomaschek, einem Schüler⁶ von ihm, durchgeführt⁷ und lieferte ebenfalls ein negatives Ergebnis, welches er im Rahmen der Lenardschen Theorie deutete.⁸ 1924 wurde der Versuch von Dayton C.

¹Siehe dazu etwa [Hentschel90].

²„Allgemeine Diskussion über Relativitätstheorie“ *Physikalische Zeitschrift* 21 (1921), S. 666-8. Siehe dazu z. B. [Kostro00, S. 85ff], [Lenard03, S. 351ff], [Beyerchen77, S. 85-91] (worin nach [Lenard03, S. 352] die Atmosphäre in Bad Nauheim nicht richtig wiedergegeben wurde) oder [Rowe06].

³Um der tragischen Figur Lenards gerecht zu werden muss ich hier auf das von C. Schönbeck herausgegebene [Lenard03] verweisen. In Ihrer Einleitung und auch in dem Abschnitt „Philipp Lenard und die frühe Geschichte der Relativitätstheorien“ stellt sie dar, wie sich Lenards Einstellung zu den Relativitätstheorien in der Zeit wandelte. Anfangend mit der Akzeptanz der SRT und Wertschätzung Einsteins hin zu sachlicher Kritik (auch der ART) hin zu unsachlicher und polemischer Agitation, Plagiatsvorwürfen und Antisemitismus zeigt sie die ganze Bandbreite auf. Lenards Wandel war demnach bedingt durch eine Mischung verschiedener, z.T. unglücklicher Umstände (z. B. mangelnde Anerkennung der Leistungen durch seine Fachkollegen, seine mit dem ersten Weltkrieg abnehmende Offenheit für die aktuellen Entwicklungen in der Physik oder Einsteins überhastete Veröffentlichung „Meine Antwort über die antirelativistische G.m.b.H.“ vom 27.08.1920, in der er Lenard zu Unrecht angegriffen hatte), was letztendlich in die wenig rühmliche „Deutsche Physik“ während des Dritten Reiches mündete.

⁴„Äther und Uräther“ [Lenard22] bzw. [Lenard03, S. 470-532], [Lenard21] oder [Lenard24]

⁵Sinngemäß nach [Lenard21, S. 305], siehe auch [Lenard03, S. 501]. Zu Lenards Einwand bzw. seiner Theorie gab es in den 1960er Jahren eine erstaunliche Parallele, das „extinction theorem“, siehe S. 287. NB: Auch 2006 gibt es noch Veröffentlichungen, die für den Äther argumentieren (aber nicht notwendigerweise gleichzeitig antirelativistisch), siehe etwa [Deutsch06].

⁶[Beyerchen77, S. 127]

⁷[Lenard21, S. 305], [Lenard03, S. 527], [Tomaschek23a] bzw. [Tomaschek23b]. Er hatte gleichfalls Sonnenlicht verwendet, aber auch dieses zeigte keinen Effekt in der erwarteten Größenordnung.

⁸Das Licht der Sterne hatte demnach die Lichtgeschwindigkeit des Erdäthers angenommen, [Tomaschek23a, S. 305], womit das Nichtauftreten einer Linienverschiebung erklärt sei. Siehe auch

Miller mit Sonnenlicht wiederholt – abermals mit negativem Ergebnis.¹

Neben diesen späteren Experimenten waren zuvor bereits weitere, den Problembereich betreffende Experimente² durchgeführt worden, z. B. zur Änderung der Lichtgeschwindigkeit nach Reflexion an einem bewegten Spiegel (1909/18)³ oder der Lichtgeschwindigkeit bei einer bewegten Quelle (1919)⁴ (bei diesen wurde die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit festgestellt⁵).

Ebenso waren weitere Untersuchungen zur ungewöhnlichen Verteilung der Periastronlängen vorgenommen worden, wobei auch eine Verbindung zur Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit hergestellt und zum Teil auf de Sitters Arbeiten von 1913 verwiesen wurde.⁶

Die Frage eines Beweises der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit durch Doppelsternbeobachtungen war noch nicht für alle entschieden und so wurde sie Anfang der 1920er erneuert resp. bezweifelt. Neben Sagnac⁷ war es vor allem der Experimentalphysiker Michele La Rosa in Italien, der auf diesem Gebiet aktiv wurde.

La Rosa, zunächst ein Anhänger⁸ der Speziellen Relativitätstheorie, änderte seine Einstellung gegen Ende 1911 und wurde ein Gegner der Relativität.⁹ Er verfasste Entwürfe und Artikel antirelativistischen Inhalts, welche er an Max Abraham, einem ausgewiesenen Antirelativisten, schickte und von diesem im Gegenzug Erklärungen und Korrektu-

[Lenard03, S. 372]. Siehe dazu auch einen Brief von Tomascheck an de Sitter vom 02.11.19?? (Datum beim Scannen leider abgeschnitten), Box 40.

¹In [Miller25, S. 311] gab es lediglich eine kurze Anmerkung zu diesem Experiment. Eine Analyse der Millerschen Versuche findet sich in [Shankland55], siehe dort die Tabelle zu bisher durchgeführten Michelson-Morley Experimenten (S. 168) und die Bemerkungen zu dem Versuch mit Sonnenlicht (S. 177). Solch ein Experiment hatte Tolman bereits 1912 in [Tolman12] „gefordert“, vgl. S. 69, ebenso La Rosa in [La Rosa12b, S. 1130] bzw. [La Rosa12a, S. 365].

²Sagnac, Georges, „L'éther lumineux démontré par l'effet du vent relatif d'éther dans un interféromètre en rotation uniforme“. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* **157** (1913), S. 708-10. „Sur la preuve de la réalité de l'éther lumineux par l'expérience de l'interferographe tournant“. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* **157** (1913), S. 1410-13. Zu bewegten Spiegeln (Licht): Fabry, C., Buisson, H., „Vérification expérimentale du principe de Doppler-Fizeau“. *Comptes rendus hebdomadaires des séances de l'Académie des Sciences* **158** (1914), S. 1498-?. Harnack, *Annalen der Physik* **39** (1912), S. 1053. Harnack, *Annalen der Physik* **46** (1915), S. 547.

³(Kanalstrahlen) Stark, *Annalen der Physik* **28** (1909), S. 974, [Majorana18], siehe dazu auch [Pauli21, S. 551]. Dies wurde bereits 1907 untersucht, siehe [Galitzin07].

⁴[Majorana19]

⁵In [Majorana19, S. 149f] äußerte sich Quirino Majorana zwar so, dass im Rahmen des Versuches und der Messgenauigkeit die Konstanz nachgewiesen werden konnte, dass Experiment aber nicht als *sicherer* Beweis gelten könne. Dies begründete er damit, dass in dem Experiment erstens Licht durch verschiedene Materialien (Luft, Glas, Metall) hindurchtrete und zweitens sich die Versuchsanordnung im Schwerfeld der Erde befindet. Diese Einwände verwundern nicht, da Majorana Anti-Relativist war. Zu den Experimenten von Majorana siehe auch [Dragoni86].

⁶[Kounitzky23], [Hellerich23] (Verweis auf [deSitter13d], [deSitter13l])

⁷Sagnac, Georges, „La projection de la lumière des étoiles doubles périodiques et les oscillations des raies spectrales“. *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences* **174** (1922), S. 376-?.

⁸[Reeves87, S. 193]

⁹siehe [Hentschel90, S. 112f], [Reeves87, S. 195]

ren erhielt sowie dessen Unterstützung erfuhr.¹

Nach dem Ersten Weltkrieg war La Rosa einer derjenigen, die in sarkastischer Polemik² gegen die neue Einsteinsche Theorie vorgingen.³ Durch die von ihm vertretene ballistische Emissionstheorie hatte er eine Alternative zu Einstein gefunden, die er zu propagieren versuchte.⁴ Ein Aufhänger dafür waren die de Sitterschen Doppelsternbetrachtungen von 1913, an denen er Kritik übte (s.u.). Bereits 1912 hatte La Rosa sich mit der Theorie von Ritz und einer Möglichkeit zur Unterscheidung zwischen den konkurrierenden Theorien beschäftigt (er schlug den Michelsonversuch mit Licht einer nicht-terrestrischen Lichtquelle wie etwa der Sonne vor), an der im vorherigen Abschnitt behandelten Debatte von 1913 war er noch nicht beteiligt gewesen.⁵ Jedoch war *er* es, der 1924 eine Diskussion darüber anstrebte.

Eine erweiterte Diskussion über La Rosas Theorie ist hier nicht vorgesehen. Sie wäre aber nötig, um seine Opposition gegen die RT sowohl in wissenschaftlicher (international) als auch in polemischer Hinsicht (Italienische Community) zu kontextualisieren.⁶ Dies wurde 1987 von Barbara Reeves gefordert unter Einbeziehung der damals noch unveröffentlichten Korrespondenz.⁷ Die Korrespondenz ist inzwischen teilweise⁸ in [Nastasi91] veröffentlicht worden. Auf dieser Basis möchte ich zumindest noch einige Anmerkungen machen.⁹

La Rosa hatte anscheinend versucht, neben seinen Veröffentlichungen in Italien und den weiter unten ausgeführten in den *Astronomischen Nachrichten* weitere Artikel zu seiner Theorie, auch in englischsprachigen Zeitschriften zu platzieren. Dabei war er aber nicht immer erfolgreich, denn wie Briefe von A. Carruthers an La Rosa vom 16.01.1926 bzw. vom Herausgeber von *Nature* an Erstgenannten vom 06.01.1926 beweisen.¹⁰ Hier wurde ein Artikel mit der Begründung abgelehnt, La Rosa habe bereits in einer vorhergehenden Veröffentlichung¹¹ in *Nature* das Wesentliche seines neuerlichen Manuskripts¹² dargelegt, weiterhin seien zusätzlich Anmerkungen¹³ zu seiner Theorie abgedruckt wor-

¹[Reeves87, S. 195]. Siehe dazu Briefe von Abraham an La Rosa in [Nastasi91, S. 37-40]. Zur Rezeption durch Abraham siehe [Cattani89b] bzw. [Cattani89c, S. 183f].

²Beispiele für seine Überheblichkeit kann man, wie ich finde, etwa in [La Rosa24d], z. B. S. 196 od. 197 finden.

³[Reeves87, S. 203]

⁴Zu La Rosa und dessen Werk siehe z. B. [Sellerio34] oder [Nastasi91]. In den dort aufgeführten Bibliografien ist erkennbar, dass er in den 1920er Jahren viel zur ballistischen Lichttheorie veröffentlicht hat.

⁵[La Rosa12a] und [La Rosa12b], siehe [Pauli21, S. 552].

⁶Zur Rezeption der RT in Italien siehe auch [Maiocchi85], was ich aber aufgrund mangelnder Italienischkenntnisse nicht extensiv zu Rate ziehen konnte.

⁷[Reeves87, S. 226]

⁸In [Reeves87, S. 223] werden z. B. zwei Briefe von Max Abraham an La Rosa angegeben (13.03.1912, 27.11.1911), welche nicht in [Nastasi91] abgedruckt sind.

⁹Ich greife dabei aus erwähntem Grund nur auf die relevanten nicht-italienischen Briefe aus [Nastasi91] zurück.

¹⁰[Nastasi91, S. 97f]

¹¹[La Rosa24c]

¹²“Quantum and Electromagnetic Theories of Light”

¹³Eine davon erschien als kurze Zusammenfassung von La Rosas Theorie (basierend auf zwei Artikeln)

den, sodass es keinen wissenschaftlichen Grund für den Abdruck des Manuskripts gebe.¹

Auch im *Astrophysical Journal* hatte er keinen Erfolg. Am 27.03.1924 hatte Edwin B. Frost ihm geschrieben, dass sie zwar ebenfalls Fehler in einer Veröffentlichung de Sitters sähen², aber in La Rosas Argumentation würden einige Behauptungen *nicht der Beobachtung entsprechen*, weiterhin sei seine Behandlung nicht angemessen für das *Astrophysical Journal* und außerdem seien bereits Kernaspekte von ihm anderswo abgedruckt worden, sodass diese Dinge ihm bereits zuzuerkennen wären.³

Bezüglich seiner ersten Veröffentlichung in den *Astronomischen Nachrichten* zur nachfolgend dargelegten Debatte gab es zunächst von Hermann Kobold Vorbehalte, da er durch briefliche Diskussion von La Rosas Theorie mit Kohlschütter von diesem auf Bedenken hingewiesen wurde, die ebenfalls auf nicht den Beobachtungen entsprechenden Konsequenzen der Theorie fußten.⁴ Schließlich wurde der Artikel abgedruckt⁵ und „[d]ie Diskussion, die Herr Prof. La Rosa wünschte, ist also im Gange.“⁶ Diese Diskussion wurde von Kobold unterstützt, in dem der La Rosa die Entgegnung Gramatzkis (s.u.) zuschickte und im Interesse der Leser um eine Reaktion darauf bat.⁷

Den veröffentlichten Briefen kann man weiterhin entnehmen, dass La Rosa Separata seiner Artikel (unaufgefordert?) an andere Wissenschaftler verschickt hat, so etwa an P. Guthnick, J. Larmor, A. O’Rahilly oder J.D. van der Waals, die sich dafür dann bei ihm bedankten.⁸

Nebenbemerkung: Interessanterweise begann der erste hier betrachtete Artikel von La Rosa⁹ genau eine Seite nach dem später erst weiter bekannt gewordenen Artikel von Alexander Friedmann „Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung“¹⁰. Da de Sitter den Artikel von La Rosa kannte, könnte man vermuten, dass er bereits zu diesem Zeitpunkt die vorgenannte Arbeit von Friedmann kennengelernt hatte(?).

unter der Rubrik “Our Astronomical Column”. Dort erfuhr die Theorie folgende Einschätzung: “Few are likely to to accept the author’s suggestions as a *vera causa*, but the articles are worth reading as a study of the consequences that would follow from his assumptions as to the laws governing the speed of light.”, [N.N.24a], Hervorhebung im Original. Die andere war [N.N.24b].

¹Außerdem wurden noch Platzprobleme angeführt.

²vermutlich [deSitter13d]

³Frost hatte ihm daraufhin Beobachtungsmaterial zugesendet, um La Rosas Theorie damit weiter zu helfen und ihm für den Fall, dass sich Theorie und Beobachtungen in Einklang bringen ließen, einen Abdruck im *Astrophysical Journal* angekündigt, siehe Frost an La Rosa, 24.06.1924 [Nastasi91, S. 135].

⁴Kobold an La Rosa, 13.08.1924, [Nastasi91, S. 150]

⁵[La Rosa24b]

⁶Kobold an Muth, 24.10.1924, [Nastasi91, S. 151]

⁷Kobold an La Rosa, 03.12.1924, [Nastasi91, S. 152].

⁸Guthnick an La Rosa, 12.01.1925 [Nastasi91, S. 149]; Larmor an La Rosa, 17.07.1925, [Nastasi91, S. 156]; Alfred O’Rahilly an La Rosa, 14.01.1931 [Nastasi91, S. 166]; Johannes Diderik van der Waals an La Rosa, 05.04.1924, [Nastasi91, S. 196]. Nach [Norton04, S. 61] hat O’Rahilly sich in seinem Lehrbuch [O’Rahilly38] als einziger detaillierter mit der wirklichen Theorie von Ritz auseinandergesetzt, siehe meine Bemerkung auf S. 66.

⁹[La Rosa24a], siehe auch Tabelle 2.4

¹⁰[Friedmann24]. Zu Friedmann und zur Rezeption seiner Arbeiten siehe z. B. [Tropp93], [Kragh03], [Ellis90], [Ellis89], [Kerszberg89b, S. 13ff], [Hetherington73] und [North67, S. 13ff]

Doch nun zu der kurzen Schilderung der bereits angekündigten Diskussion. La Rosa hielt den Beweis de Sitters für die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle für unvollständig. So werfe dieser Fälle, für die die Folgerung ($c' = c$) stimme mit Fällen zusammen, wo sie nicht gültig sei¹. Er unternahm daher eine „vollständigere Analyse dessen, was der Beobachter M bei der ballistischen Theorie sehen müßte“.² Dazu untersuchte er die Ankunftszeiten von Lichtstrahlen ausgesendet von einem kreisförmig um ein Zentrum rotierenden Stern bei einem Beobachter M.³ Er verwendete dazu eine vereinfachte Formel für die Ankunftszeit von Lichtstrahlen:

$$T = t + K\tau_0 + Kb \cos \omega t. \quad (2.18)$$

Die dadurch definierten Kurvenscharen (siehe etwa Abbildung 2.9) für verschiedene Werte von Kb unterzog er nun der Diskussion, wobei er zunächst $Kb = 1$ betrachtete. Er stellte dabei fest:

Wenn ein Stern um ein Zentrum rotiert und der von uns angenommenen Bedingung ($Kb = 1$) genügt, so müßte er Helligkeitswechsel aufweisen, die sich uns als eine periodische Veränderung seiner scheinbaren Größe zu erkennen geben würden, d.h. der Stern muß uns „veränderlich“ (mit doppelter Periodizität) erscheinen.⁴

Die Helligkeitsschwankungen⁵ rührten daher, dass Licht aus verschiedenen Bahnpunkten simultan beim Beobachter eintreffe, wobei die Anzahl der sich überlagernden „Bahnpunkte“ für verschiedene T variere (man betrachte dazu Parallelen zur x-Achse). Analoge, wenn auch leicht abweichende Ergebnisse erhielt er ebenso für $Kb = 0,5$ bzw. $Kb = 0,16$. Für Werte $Kb > 1$ stellte er fest, dass bei wachsendem Kb die Schwankungen in den Helligkeiten immer kleiner, und für $Kb > 10$ schließlich nicht mehr wahrzunehmen sein würden.

¹[La Rosa24a, S. 334]

²[La Rosa24a, S. 334]

³Ausgehend von

$$T = t + \frac{d}{c - v \cos \omega t} = t + \frac{a}{1 - b \cos \omega t}, \omega = 2\pi/\tau_0, a = d/c, b = v/c \quad (2.15)$$

(dabei τ_0 Umlaufzeit, d Abstand zum Beobachter) gelangt er über $a = K\tau_0$ zu

$$T = t + \tau_0 [K + Kb \cos \omega t - Kb^2 \cos^2 \omega t + Kb^3 \cos^3 \omega t (-\dots)]. \quad (2.16)$$

Wegen der Kleinheit von b und für kleine K vernachlässigte er noch die Glieder zweiter Ordnung und gelangte somit zu

$$T = t + K\tau_0 + Kb \cos \omega t. \quad (2.17)$$

⁴[La Rosa24a, S. 340].

⁵Auf diese hatten bereits R.S. Capon in [Capon14a, S. 659] und P. Guthnick in [Guthnick13, S. 268] hingewiesen.

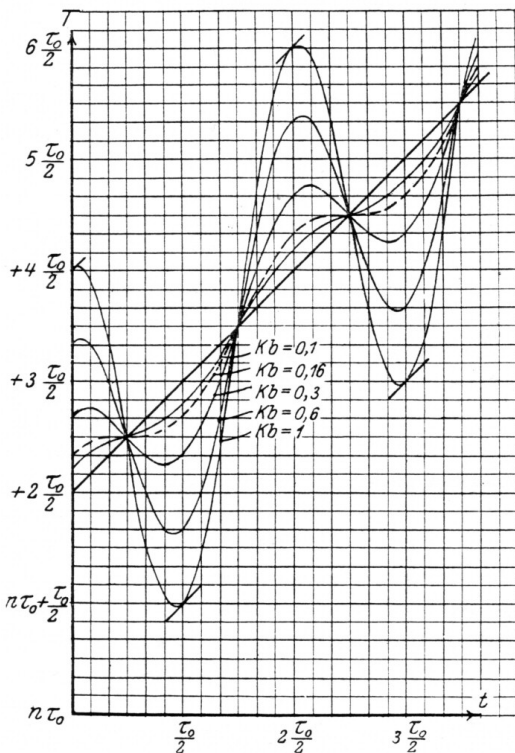


Abbildung 2.9. – Ankunftszeiten von Licht ausgesandt von Doppelsternen nach Ritzscher Theorie (Quelle: [La Rosa24a, S. 337])

teilung nicht symmetrisch um die normale Lage erfolge,

so daß wir dahin geführt sein werden, der Geschwindigkeit der Lichtquelle zwei verschiedene Werte beizumessen; Werte, die, bei der gegenwärtig üblichen Weise das Phänomen zu erklären, zwei verschiedenen Körpern zugeschrieben werden [...] während bei der von uns vorgeschlagenen Erklärungsweise die zwei Werte verschiedenen Momenten desselben und einzigen (um ein großes und wenig bewegliches Zentrum) kreisenden Körpers angehören würden.³

Wenn für wachsendes Kb die Zahl der sich überlagernden „Bahnpunkte“ zunimmt⁴ und dadurch die Linien nicht mehr periodisch, sondern konstant verbreitert sind

erlaubt die auf das Studium der periodischen Änderungen gegründete spektroskopische Beobachtung uns nicht mehr, die „Doppelstern“natur der Sterne zu konstatieren.

¹[La Rosa24a, S. 343]

²Zur Aufspaltung und möglicher Deutung siehe auch [Waldron77, S. 101].

³[La Rosa24a, S. 344].

⁴Als Grenze nannte er $Kb = 10$.

Seine Frage „Ist die Hypothese der Addition der Geschwindigkeiten des Lichtes und derjenigen der Lichtquelle mit den an den Doppelsternen angestellten Untersuchungen vereinbar oder nicht?“¹ beantwortete er für visuelle Doppelsterne und unter der Bedingung $Kb = 0,1$ mit „Ja“. Für die spektroskopisch trennbaren Fälle präziserte er die Frage zu: „Werden die Messungen dieser Verschiebungen [der Spektrallinien] durch die Lichtüberlagerungen, die unsere Hypothese voraussieht, gestört oder nicht?“.

Um diese Frage zu beantworten betrachtete er den Effekt, dass Licht, welches zu unterschiedlichen Bahnpunkten ausgesendet wurde, beim Beobachter simultan eintrifft (Parallele zur x-Achse in Abbildung 2.9). Da an den verschiedenen Bahnpunkten unterschiedliche Radialgeschwindigkeiten bestehen, resultiere daraus je nach dem Wert von Kb eine periodische Verbreiterung der Linien (Bahnpunkte überlagerter Lichtstrahlen nahe beieinander) bzw. eine Aufspaltung der Linien (Bahnpunkte weiter voneinander entfernt).² Aufgrund der Asymmetrie der Kurve für T in Bezug auf Parallelen zur y-Achse folgte La Rosa, dass die Aufspaltung

Nur für diese Fälle also würden die Befürchtungen De Sitters begründet sein!¹

Somit hatte de Sitter in La Rosas Augen mit seinen Betrachtungen von 1913 lediglich diese Fälle berücksichtigt. Um seine Ergebnisse zu stützen betrachtete er schließlich noch die Zahl der bekannten Doppelsterne in Relation zu ihrer scheinbare Größe.² Die auftretende Ungleichmäßigkeit setzte er in Bezug zu den letzteren Betrachtungen.

Sein Fazit bestand aus den folgenden drei Punkten: 1. Die Beobachtungen der Doppelsterne sprechen weder gegen die ballistische Lichttheorie noch verifizieren sie die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit. 2. Die ballistische Theorie erklärt das Überwiegen der 4. und 5. Größenklasse bei Doppelsternen. 3. Die ballistische Theorie bietet Erklärungen für die Phänomene der veränderlichen sowie der neuen Sterne.

Seine Antwort auf diese Arbeit veröffentlichte de Sitter gleich in zwei Zeitschriften.³ Er bestätigte, dass La Rosa auf eine bemerkenswerte Konsequenz aus der ballistischen Lichttheorie hingewiesen habe.⁴ Es sei völlig korrekt, dass ein sich periodisch zum Beobachter bewegendes Stern variabel erscheinen würde. Darin sah de Sitter aber kein Argument *für* sondern *gegen* diese Theorie. Er leitete für kleine $q = \frac{v}{c}$ eine genäherte Beziehung zwischen der Änderung der Magnitude (Größenklasse, also die Intensität der Lichtquelle) und der Radialgeschwindigkeit her. Wellen, welche die Quelle während der Zeit dt aussendet, würden bei dem Beobachter (gestrichene Größen) im Intervall

$$dt' = dt(1 + q) \quad (2.19)$$

ankommen. Die beobachtete Intensität werde $i = i_0/(1 + q)$ sein und der Beobachter werde dem Stern die Geschwindigkeit $v = cq$ gemäß dem klassischen Dopplereffekt für einen ruhenden Beobachter zuschreiben. Da sowohl Geschwindigkeit als auch die Intensität vom gleichen Faktor q abhängen (an dieser Stelle wird La Rosa in seiner Antwort einhaken), kam de Sitter unter Vernachlässigung der Quadrate von q zu $-\frac{\Delta i}{i_0} = q = \frac{v}{c}$ und schließlich zu

$$v = 277000\Delta m. \quad (2.20)$$

Damit werde die per Dopplereffekt bestimmte Geschwindigkeit bei einer Änderung der Größenklasse um wenige Zehntel in der Größenordnung der Lichtgeschwindigkeit liegen. Andererseits läge selbst bei der Größten bei Doppelsternen beobachteten Geschwindigkeit von $300 \frac{km}{s}$ die Änderung der Helligkeit nur bei 0,001 Größenklassen und wäre somit nicht messbar.

Anhand des Beispiels eines auf einer Kreisbahn umlaufenden Sterns gelangte de Sitter u.a. zu der Gleichung

$$q = -\frac{an}{c} \left[\cos nt - \varkappa \frac{n\Delta}{c} \sin nt \right]. \quad (2.21)$$

¹[La Rosa24a, S. 345].

²[La Rosa24a, S. 346].

³Bei dieser Zählung wird die Niederländische und die Englische Version in den Organen der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam als eine gezählt, siehe auch Tabelle 2.4.

⁴[deSitter24k, S. 121].

Er argumentierte folgendermaßen: Der zweite Term (der Δ enthaltende) werde für weit entfernte Sterne sehr groß, sofern nicht \varkappa sehr klein sei. La Rosa vernachlässige in seiner Betrachtung den ersten Term¹, welcher für $\varkappa = 1$ und große Entfernungen natürlich erheblich kleiner als der zweite Term sei. Wenn aber der zweite Term für die Bestimmung der Größenklasse überwiege, dann auch beim Dopplereffekt, wo er enorme Radialgeschwindigkeiten bewirke. Da keine solchen riesigen Geschwindigkeiten beobachtet würden, so de Sitter, könne der Effekt auf die Größenklasse ebenfalls nur sehr gering sein und man könne daraus schließen, dass der zweite Term nicht überwiege.²

Anscheinend hatte La Rosa u.a. zu dieser Arbeit de Sitters³ an Kornel Lanczos, der zu dieser Zeit in Frankfurt arbeitete, geschrieben und sich bei ihm beklagt, was man indirekt der Antwort von Lanczos entnehmen kann.⁴ Es wäre interessant zu erfahren, was genau La Rosa geschrieben hatte, denn Lanczos antwortet relativ entschieden.⁵

In der Tat folge aus dieser Gleichung [(1) aus [deSitter24h]], dass Ihr Gedankengang quantitativ undurchführbar ist. [...] Was die Freiheit und Vorurteilslosigkeit der Wissenschaftlichen Forschung anbelangt, so glaube ich nicht, dass dieselbe in der Weise missbraucht werden dürfte, dass man jede offensichtlich und allgemein als irrtümlich erkannte und der Logik der Tatsachen widersprechende Theorie jedesmal von neue[m] in aller Breite diskutieren müsste. Die Entwicklung der Wissenschaft bringt notwendigerweise eine gewisse Wertung und eine Kritik mit sich, ohne die ein wissenschaftlicher Fortschritt gar nicht denkbar wäre.

Um dem Vorwurf einer relativistischen Voreingenommenheit zu begegnen, habe ich versucht, die eingesandten Separata an Herrn Prof. Bucherer zu schicken, der die antirelativistische Literatur für die „Berichte“ bearbeitet und selber gern gegen die Einsteinsche Theorie Stellung nimmt. Er hat jedoch leider das Referat auch nicht übernehmen wollen, indem er mir schreibt, dass auch er die „ballistische Hypothese“ für endgültig widerlegt und unhaltbar erachtet. Derselben Meinung dürften wohl auch die sämtlichen übrigen Physiker Deutschlands sein, sodass es sich hier kaum um ein bestimmtes „Vorurteil“ handeln kann.⁶

Ich denke, Lanczos hat hier gegenüber La Rosa seinen Standpunkt mehr als deutlich gemacht...

Zurück zur eigentlichen Diskussion: In seiner Erwiderung auf de Sitter stellte La Rosa fest, dass wenn die Änderung der Größenklasse (von ihm als „photometrischer Effekt“

¹siehe [La Rosa24a, S. 336], Gleichung (2)

²[deSitter24k, S. 122]. De Sitter verwies hier des Weiteren noch auf [Zurhellen14] und darauf, dass er im Gegensatz zu La Rosa der Meinung sei, dass auch durch die Beobachtung von spektroskopischen Doppelsternen die Keplerschen Gesetze bestätigt werden, was letzterer nur für visuelle Doppelsterne anerkannte.

³[deSitter24h]. In de Sitters S25 (Box 21C) finden sich auf S. 2-3 Notizen, die de Sitter vermutlich im Vorfeld zu diesem Artikel niedergeschrieben hatte. Er kam hier zum Schluss: „Die ganze Geschichte von La Rosa ist falsch.“ (meine Übersetzung von: „De heele geschiedenis van La Rosa is fout.“)

⁴Lanczos an La Rosa, 07.07.1925, [Nastasi91, S. 153f]

⁵Zu Lanczos siehe etwa [Butler75], [Gellai75], [McConnell75] oder [Ortiz75].

⁶Zitiert nach [Nastasi91, S. 153f].

bezeichnet) und die Dopplerverschiebung von derselben Größe q abhängen, so wie de Sitter es angebe, dann „stände selbstverständlich die ballistische Hypothese in vollem Widerspruch mit den Ergebnissen der astronomischen Beobachtungen“.¹ Da de Sitter bei seiner Ableitung, die in Gleichung (2.20) mündete, keine Fehler begangen habe, könne ein Irrtum nur bei den Voraussetzungen vorliegen. La Rosa hinterfragte dabei speziell die Berechnung des Dopplereffektes. Dieser werde – sowohl klassisch als auch in der Relativität – über das einfache Verhältnis dt'/dt in Gleichung (2.19) berechnet und man müsse sich fragen, ob „bei der Berechnungsart dieses Effektes die tiefgreifende Änderung, die die ballistische Hypothese durch die von ihr zugrunde gelegte Veränderlichkeit der Geschwindigkeit des Lichtes mit sich bringt, keinerlei Einfluß“ habe.² Er vermutete, dass in die Berechnung des Dopplereffektes unter Annahme der ballistischen Hypothese nicht nur die Relativgeschwindigkeit von Quelle und Beobachter eingehe, sondern auch der Abstand, den diese voneinander haben.³ Durch grundlegende Überlegungen stellte er fest, dass sich sowohl für die klassische als auch die ballistische Theorie das Verhältnis der Wellenzahlen (in 1. Ordnung) ergibt zu⁴

$$n' = n \left(1 - \frac{v}{c}\right). \quad (2.22)$$

Der Übergang zu den Aussende- und Empfangszeiten jedoch sei hier nur für den klassischen Fall gestattet, denn nur bei diesem könne die Konstanz der Fortpflanzungsgeschwindigkeit

die i n t a k t e E r h a l t u n g d e r z e i t l i c h e n u n d r ä u m l i c h e n A u f e i n a n d e r f o l g e d e r l a u f e n d e n W e l l e n g e w ä h r l e i s t e n, d i e e i n e n o t w e n d i g e V o r a u s s e t z u n g i s t, u m v o n d e r A n n a h m e ü b e r d i e Z a h l d e r W e l l e n z u d e r Z e i t ü b e r g e h e n z u k ö n n e n.⁵

Bei der ballistischen Theorie sei „die A u f e i n a n d e r f o l g e, m i t d e r d i e W e l l e n b e i m B e o b a c h t e r a n k o m m e n, n i c h t d i e s e l b e [i s t] w i e b e i d e r E m i s s i o n.“⁶

La Rosa betonte, dass es im ballistischen Falle „nicht mehr möglich ist, hier von »Wellen« in demselben Sinne zu sprechen, in dem dies in der klassischen Theorie geschieht, sondern von Stößen, Geschossen usw.“⁷

Im nächsten Schritt zeigte er, dass die Lage der Linien im Spektrum nicht von der Anzahl der Wellen abhängt, welche in einem Zeitintervall ΔT auf das Spektrometer treffen, sondern „von dem *Rhythmus*, mit dem dieselben aufeinander folgen.“⁸ Mit an-

¹[La Rosa24b, S. 249]

²[La Rosa24b, S. 249]

³H.C. Plummer hatte 1914 ebenfalls untersucht, wie sich die Ritzsche Hypothese auf den Dopplereffekt auswirkt. Er hatte eine Art „Vergrößerungseffekt“ hergeleitet, welcher eine enorme, gegenüber der wirklichen Geschwindigkeit vergrößerte, scheinbare Bahngeschwindigkeit hervorrufen würde, siehe [Plummer14].

⁴Dies hatte Tolman bereits 1910 gezeigt, siehe [Tolman10b, S. 31f].

⁵[La Rosa24b, S. 250]

⁶[La Rosa24b, S. 250]

⁷[La Rosa24b, S. 251]

⁸[La Rosa24b, S. 251]

deren Worten könne die Intensität keinen Einfluss auf die Lage der Linien haben. Sein Zwischenergebnis lautete:

Es ist danach die Unrichtigkeit vollständig klar gestellt, in die man verfällt, wenn man den Dopplereffekt auf dem Boden der ballistischen Theorie auf Grund des Verhältnisses $\Delta T/\Delta t$ berechnet, und es sind deshalb die zuerst von Dr. *Zurhellen* und jetzt von Prof. *de Sitter* erhobenen Einwände vollständig hinfällig.¹

Er nutzte die Gelegenheit, einen weiteren Einwand (der nicht von de Sitter stammte) gegen die ballistische Theorie aufzugreifen. Dabei ging es im Wesentlichen um die Frage, ob die *Wellenlänge* oder die *Frequenz* für die Lage der Spektrallinien verantwortlich sei.² Dieser Aspekt wurde später zwischen ihm und Gramatzki noch weiter diskutiert (s.u.).

Anschließend klärte er noch darüber auf, wie er seine Bemerkung zur Bestätigung der Keplerschen Gesetze an visuellen Doppelsternen verstanden haben wollte (dies hatte de Sitter zuvor kritisiert, siehe Fußnote 2 auf Seite 91).

Zu guter Letzt sprach er noch sein Vertrauen aus,

daß diese meine Erklärungen genügen werden, um jeden Zweifel zu heben und hoffe andererseits, daß dieselben den Astronomen Gelegenheit geben möchten, meine Anschauungen kennen zu lernen und sich mit ihnen zwecks scharfer Nachprüfung zu beschäftigen, um so meinen Versuch, den Abstraktionen der »Relativität« kräftige Tatsachenbeweise entgegenzusetzen und den großartigen und dunklen Erscheinungen der »veränderlichen Sterne« eine Koordination zu geben, entweder zu unterstützen oder zurückzuweisen.³

Über die Kritik de Sitters⁴ und die gerade geschilderte Antwort La Rosas⁵ wurde in *Nature* knapp berichtet. Abschließend hieß es dort:

Probably most astronomers will consider that Prof. La Rosa's theory is difficult of acceptance on other grounds (notably the Michelson-Morley experiment)⁶ but that possibly the particular objection raised by Prof. de Sitter is not decisive.⁷

¹[La Rosa24b, S. 252]

²Siehe dazu [La Rosa24b, S. 252], ab zweitem Absatz.

³[La Rosa24b, S. 254]

⁴[deSitter24k]

⁵[La Rosa24b]

⁶Auf diesen Einwand, dass der Ausgang des Michelson-Morley Experiments gegen die ballistische Theorie spreche, antwortet La Rosa kurze Zeit später ebenfalls in *Nature*, siehe [La Rosa24c]. Er argumentierte, dass nur in dem Falle, dass nicht von der Erde stammendes Licht (also von einer gegen das Interferometer bewegten Quelle) ebenfalls ein negatives Resultat ergeben würde, dies seine Theorie vor ein Problem stellen würde, ansonsten der Ausgang des Experiments aber im Einklang mit der ballistischen Theorie stünde. Das Experiment von Tomaschek (etwa [Tomaschek23a]) könne in dieser Frage nicht entscheiden, da bei diesem Probleme durch Lichtreflexionen an bewegten Spiegeln ins Spiel kämen. Siehe dazu auch [La Rosa24d], wo er dies weiter ausführte. Die Problematik der bewegten Spiegel tauchte hier also erneut auf, siehe Fußnote 7 auf Seite 68.

⁷[N.N.24b]

La Rosas Hoffnung, „jeden Zweifel zu heben“¹ erfüllte sich insofern nicht, als dass de Sitter abermals mit einem, wenn auch nicht allzu langen Artikel Stellung bezog.² Darin ging er zunächst darauf ein, dass nach La Rosa für die ballistische Theorie die Abhängigkeit von Dopplereffekt und Intensität vom selben Faktor q nicht gegeben sei (sehr wohl aber für die Wellentheorie). Er schrieb:

As I am not acquainted with the details of Prof. PROF. LA ROSA's theory, and the freedom cannot be denied him to construct whatever theory he likes, it may be as well to restate briefly my objections, so that he may know exactly which difficulties his theory has to meet.³

Zunächst wies er nach, dass aufgrund seiner Voraussetzungen⁴ Intensität und Frequenz über die Beziehung

$$i = I_0\nu \tag{2.23}$$

verknüpft sind. Daher müsse, egal wodurch bedingt, eine Änderung auf der linken Seite eine proportionale Änderung auf der rechten Seite der Gleichung zufolge haben und umgekehrt, solange die Energiemenge I_0 eines Impulses konstant bleibe. Bei Preisgabe der Definition entweder der Frequenz oder des Impulses (siehe vorherige Fußnote), dann und nur dann breche die Proportionalität zusammen.⁵ Ob seine Annahmen korrekt seien, hänge daher nicht von der Theorie der Lichtausbreitung, sondern von der Emissionstheorie ab.⁶ De Sitter stimmte zu, dass wenn die gewöhnliche Formel für den Dopplereffekt sowohl im klassischen als auch im ballistischen Fall anwendbar sei – so wie La Rosa es nachgewiesen habe – die Einwände von Zurhellen⁷, welche er wiederholt habe⁸, ihre Kraft verlieren würden, jedoch: “My original objections [from 1913] [. . .] however, are not affected, and I still maintain that these objections are decisive against that theory.”⁹ Anhand der spektroskopischen Doppelsterne stellte er im Folgenden eine weitere Argumentation auf, die sich erneut gegen die ballistische Theorie richtete. Danach ließen sich die beobachteten Radialgeschwindigkeiten von spektroskopischen Doppelsternen in der großen Mehrheit durch eine orbitale Bewegung unter dem Einfluss von Gravitation vollständig erklären. Diese Bewegung sei teilweise sogar durch visuelle Beobachtungen oder auch dadurch verifiziert, dass es sich um Bedeckungsveränderliche handelt. Wäre nun die Zeit,

¹[La Rosa24b, S. 254]

²[deSitter24b]. In dieser „Auseinandersetzung“ war dies der letzte Beitrag von de Sitter. Möglicherweise (und das ist nur eine nicht bewiesene Vermutung) hat de Sitter ähnlich gedacht wie Lanczos (siehe S. 91) und daher keine Erwiderung mehr geschrieben.

³[deSitter24b, S. 163]

⁴Er ging hier aus von der Frequenz $\nu = \frac{n}{\Delta t}$ und der Intensität $i = \frac{I}{\Delta t}$, wobei n die Wellenzahl/Impulszahl und I die Gesamtenergie während des Intervalls Δt darstellt. Wenn jeder Impuls die Energie I_0 trägt, dann gilt $I = nI_0$ und die angegebene Gleichung folgt.

⁵[deSitter24b, S. 164]

⁶Er verwies noch darauf, dass seine Definition der Frequenz für moderne Theorien wie die Bohr'sche möglicherweise nicht zu halten sei, und er auch nicht kompetent sei zu entscheiden, welchen Einfluss die Bewegung der Quelle auf die beobachtete Frequenz habe, siehe [deSitter24b, S. 164].

⁷[Zurhellen14]

⁸[deSitter24k]

⁹[deSitter24b, S. 164]

welche das Licht von verschiedenen Punkten der Bahn aus zum Beobachter benötigt, merklich unterschiedlich, so wäre die vorgenannte Erklärung der Linienverschiebungen unmöglich.

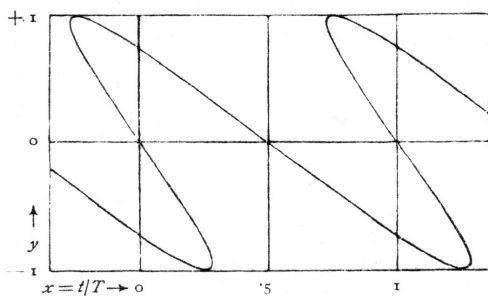


Abbildung 2.10. – Kurve der Sternengeschwindigkeit (Quelle: [deSitter24b, S. 164])

Dies verdeutlichte er an einer Beispielrechnung, bei der er von einer beobachteten, sinusförmigen Variation

$$v = K \sin \frac{2\pi(t' - t'_0)}{T} + v_0 \quad (2.24)$$

(t' ist die Zeit für den Beobachter) der Radialgeschwindigkeit eines Sterns ausging. Unter Annahme der Ritz'schen Theorie transformierte er nun zu den Radialgeschwindigkeiten im System des Sterns zurück:

$$y = \sin 2\pi(x + \alpha y) \quad (2.25)$$

dabei $t' = t + \frac{\Delta}{c-v}$, $y = \frac{v-v_0}{K}$, $x = \frac{t-t_0}{T}$ und $\alpha = 0,0039 \frac{\Delta K}{T}$.¹ Nach dem Einsetzen realistischer Werte für die Parameter² gelangte er so zu einer Geschwindigkeitskurve, welche für einige Zeitpunkte (Positionen im Orbit) dem Stern drei verschiedene Geschwindigkeiten zuweist (siehe Abbildung 2.10). Dies, so de Sitter, sei absurd.³ Da für viele Sterne Werte ganz ähnlich seiner angenommenen zutreffen, müsse

a satisfactory explanation of these spectral shifts, i.e. variations of frequency of the observed light, must be given, since that theory makes the evident explanation by orbital motion under the action of gravity impossible. We look forward to Prof. LA ROSA for this explanation, but until it is forthcoming, I maintain my conclusion of 1913, that the ballistic theory is unacceptable.⁴

Die von de Sitter erwartete Antwort La Rosas blieb dieser dann auch nicht schuldig.⁵ Dabei ging er vor allem auf die Beispielrechnung ein, mit der „de Sitter glaubt, geradezu die Absurdität der Theorie nachweisen zu können“⁶. La Rosa erkannte nur die formale Richtigkeit der Rechnung an. Sachlich sei sie, wie die ganze Argumentation, falsch. Den Grund sah er in der Unmöglichkeit des Zusammenführens von vier unvereinbaren Hypothesen⁷, was de Sitter aber versucht habe. La Rosa zeigte deshalb, dass

¹Die transformierte Gleichung folge „very approximately“, wobei t die Zeit der Emission, Δ der Abstand in parsec, K die „semi-amplitude“ in km/s und T die Umlaufzeit in Tagen ist. Das α entspricht Kb aus [La Rosa24a, S. 336].

² $T = 4\text{d}$, $K = 100 \frac{\text{km}}{\text{s}}$, $\Delta = 5\text{parsec}$, also $\alpha = 1/2$

³[deSitter24b, S. 164]

⁴[deSitter24b, S. 164]

⁵[La Rosa25b]

⁶[La Rosa25b, S. 359]

⁷Diese waren (siehe [La Rosa25b, S. 360f]):

1. daß das Licht dem ballistischen Prinzip gehorcht [...]

man unter Annahme der 1. und 4. Hypothese (siehe Fußnote) einen Widerspruch zur 2. Hypothese erzeugen könne: Das Gesetz der beobachteten Radialgeschwindigkeiten eines Doppelsterns sei nicht wie von de Sitter angegeben (2. Hypothese)

$$V = V_0 + v \sin[2\pi(t - t_0)/\tau] \quad (2.26)$$

sondern es laute (aus 1. und 4. hergeleitet)

$$y = \sin[2\pi(x - \alpha y)], \quad (2.27)$$

dabei $y = (V - V_0)/v$, $x = (T - T_0)/\tau$ und $\alpha = v\Delta/\tau c^2$.¹

Diese Gleichungen traten bei de Sitter *in umgekehrter* Bedeutung auf, da er von einer beobachteten Radialgeschwindigkeit von (2.24) ausging und dann für die Geschwindigkeiten im Quellsystem (2.25) erhielt, wohingegen La Rosa mit den Geschwindigkeiten der Quelle in (2.26) startete und dann für die beobachteten Geschwindigkeiten (2.27) herausbekam. Nach dieser Erkenntnis verwundert es nicht, dass ihre Interpretationen so konträr ausfielen!

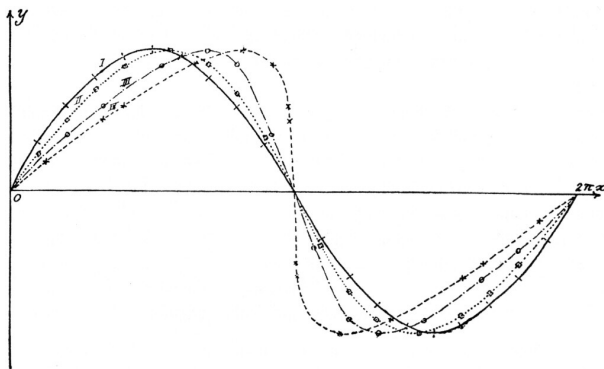


Abbildung 2.11. – Beobachtete Radialgeschwindigkeit nach ballistischer Theorie für verschiedene Werte des Parameters α (Quelle: [La Rosa25b, S. 363])

Seine Gleichung (2.27) für die beobachteten Geschwindigkeiten diskutierte La Rosa dann für verschiedene Werte des Parameters α .² Für $\alpha < 0,03$ seien das reine Sinusgesetz und (2.27) im Rahmen der Messgenauigkeit nicht unterscheidbar, ein Widerspruch zwischen Theorie und Beobachtung also nicht vorhanden. Für $\alpha > 0,03$ wachse die Abweichung zwar ins Merkwürdige, die Kurve behalte aber dennoch den Charakter einer Sinuskurve bei (siehe Abbildung 2.11). Ab dem Fall $\alpha > 1/2\pi \approx 0,16$ (Typ IV) sei die Kurve dann nicht mehr einwertig und weise schon gar keinen sinusoidalen Charakter mehr auf.

Da nun de Sitter in seiner Beispielrechnung für $\alpha = 1/2$ angenommen hatte, sei es ob der Betrachtungen offensichtlich, dass die 3. Hypothese nicht mit den anderen vereinbar gewesen sein konnte.

La Rosa bemerkte, dass reine Sinuskurven bei den Geschwindigkeitskurven sehr selten beobachtet würden - dass vielmehr Kurven vom Typ III und IV vorherrschen würden.

2. daß die an den veränderlichen Sternen beobachteten radialen Geschwindigkeiten dargestellt werden durch das Gesetz: $V = V_0 + v \sin[2\pi(t - t_0)/\tau]$.
3. daß in dem besonderen Fall, auf den er [de Sitter] die 2. Hypothese anwendet, auch angenommen werden kann, daß die von ihm eingeführte Konstante α (kb meiner Arbeit) gleich $1/2$ ist.
4. daß die Veränderlichen einen Begleiter besitzen, der sich um das zentrale Gestirn in einer Bahn bewegt, die in einer durch die Visionsebene gehende Ebene liegt.

¹[La Rosa25b, S. 362]

²I,II,III,IV entsprechen $\alpha = 0$, $\alpha = 0,032$, $\alpha = 0,1$ und $\alpha = 0,16 \approx 1/2\pi$, siehe [La Rosa25b, S. 363].

Die Abweichung habe man bislang als Exzentrizität gedeutet, was nun in einem neuen Licht erscheine.¹ Weiterhin wiesen fast alle „neuen Sterne“ multiple Linien auf, was seine Theorie voraussehe und diese daher „weit davon entfernt [sei], mit den Tatsachen in Widerstreit zu geraten“².

De Sitters „schwere Beschuldigung“, die ballistische Theorie stehe „im Gegensatz zu der allgemeinen Theorie der Gravitation“³ sah er als Missverständnis an, denn

[e]in Gegensatz dieser Art ist nicht nur nicht vorhanden, sondern kann nicht vorhanden sein, weil der ausdrückliche und direkte Zweck des ballistischen Postulates der ist, das ganze Gebäude der klassischen Mechanik intakt zu erhalten [...].⁴

Er wolle „jedoch von diesen allgemeinen Betrachtungen absehen und auf dem bescheidenen Boden“⁵ des ihn angehenden Falles bleiben, weshalb er auf seine Theorie bezogen die „erste wesentliche Hypothese“ formulierte:

[D]aß die »veränderlichen Sterne« aus zwei oder mehr Gestirnen bestehen, die um das gemeinsame Massenzentrum kreisen, den Gesetzen der Mechanik, d.h. dem *Newtonschen* Gesetze, gehorchend.⁶

Am Ende der Arbeit kam er schließlich noch auf die von de Sitter aufgestellte Proportionalität zwischen Frequenz und Intensität $i = I_0\nu$ zu sprechen. Obwohl er gegenüber diesem Gesetz die „ausgiebigsten Vorbehalte“ habe, führte er seine Kritik nicht weiter aus, da es ihm genüge

den ausdrücklichen Verzicht zu verzeichnen, zu dem er [de Sitter] bei seiner Kritik an dem Grundproblem der Erneuerung unserer Vorstellungen auf diesem Gebiet kommt.⁷

Dabei spielte er auf folgende Aussage de Sitters aus dem zuvor dargelegten Aufsatz an:

I am not competent to decide whether this is so or not, nor to say what in that case the effect of a relative motion of the source and the observer on the observed frequency will be.⁸

Man kann sich beim Lesen der drei letzten Absätze des Eindrucks nicht erwehren, dass La Rosa dieses scheinbare Eingeständnis einer „Schwäche“ (wohl eher als Stärke einzustufen) de Sitters ein wenig genossen hat, zumal er die Problematik der Strahlung zum Anlass nahm, in philosophischer Art über das Wesen des Lichtes und unserer Vorstellung davon zu reflektieren. Die ballistische Theorie sei mit der „klassischen Vorstellung einer

¹[La Rosa25b, S. 365f]

²[La Rosa25b, S. 366]

³[La Rosa25b, S. 366]

⁴[La Rosa25b, S. 366]

⁵[La Rosa25b, S. 367]

⁶[La Rosa25b, S. 367], Hervorhebung im Original

⁷[La Rosa25b, S. 367]

⁸[deSitter24b, S. 164]. De Sitter schränkte seine Kompetenz hier in Bezug auf die Strahlungstheorie innerhalb der Bohrschen Theorie ein.

Perturbation »sui generis« eines Universal-Mediums unvereinbar“ und dränge uns hin zu jenem „diskontinuierlichen Mechanismus der Emission, einer quantenartigen Konstitution der strahlenden Urenergie“.¹

Ein weiterer Aufsatz, diesmal von H.J. Gramatzki², wandte sich auf anderer Basis als de Sitter gegen die Theorie von La Rosa, welcher auch auf diesen „neuen Angriff“ einging und ihn zurückwies.³ Es ging in diesen Artikeln im Wesentlichen um die Frage, ob für die Linienverschiebung im Spektrum die Frequenz oder die Wellenlänge verantwortlich sei und ob der Nachweis von Linienverschiebungen durch ein Gitterspektrometer die ballistische Theorie widerlege, da dann die Wellenlänge nicht konstant sein könne. Für diese Argumentation hatte Gramatzki sich erstens auf ebendiese von La Rosa angeführte Konstanz der Wellenlänge gestützt sowie zweitens verwendet, dass ein Gitterspektrometer *nur die Wellenlängen und nicht die Frequenz* misst.⁴

In der abschließend hier betrachtete Arbeit antwortete Gramatzki auf La Rosas Kritik und Einwände.⁵ Zunächst ging er auf ein - seiner Meinung nach - „offensichtliches Mißverständnis“ ein, auf welchem der „Angriff“ La Rosas beruhte: In seiner vorausgegangenen Veröffentlichung⁶ war er stillschweigend davon ausgegangen, dass die Messungen von Sternenlicht mit einem Gitterspektroskop in einem homogenen und isotropen Medium erfolgen. La Rosa hatte, da diese Angabe nicht explizit aufgeführt war, bemängelt, dass die Argumente nur für diesen Spezialfall gelten würden⁷, von dem Gramatzki implizit aber ohnehin nur gesprochen hatte, wie er hier klarstellte.

Sodann wies Gramatzki auf einen Widerspruch in La Rosas Theorie hin: Einerseits hatte La Rosa festgestellt, dass die Wellenlänge in der ballistischen Theorie unverändert bliebe, unabhängig von der Bewegung der Quelle⁸, andererseits aber behauptet, man könne nicht von einer Konstanz der Wellenlänge in der ballistischen Theorie sprechen.⁹ Um diesen Widerspruch aufzulösen, so Gramatzki, müsse die Wellenlänge für ballistische Theorien mathematisch definiert werden um eine mathematische Diskussion zu ermöglichen.¹⁰

Im restlichen Teil der Arbeit ging Gramatzki schließlich auf eine „außerordentliche Schwierigkeit für die ballistische Theorie“¹¹ ein. Er wies darauf hin, dass die

¹[La Rosa25b, S. 368]

²Einige, spärliche Informationen über ihn kann man [Wattenberg58] entnehmen.

³[Gramatzki25a] und [La Rosa25a]

⁴Auf diesen Aspekt war bereits Tolman 1910 in [Tolman10b, S. 32] eingegangen, siehe auch [Majorana18, S. 412f].

⁵[Gramatzki25b]

⁶[Gramatzki25a]

⁷[La Rosa25a, S. 296]

⁸„Mit anderen Worten, nach der ballistischen Hypothese muß die Wellenlänge unabhängig bleiben von der Geschwindigkeit der Lichtquelle, und deshalb – schließen die Gegner – müßte der Dopplereffekt ausbleiben.“ [La Rosa24b, S. 252], Absatz 4

⁹„Es hat also keinen Sinn, von Konstanz der Wellenlänge auf den Boden der ballistischen Theorien zu sprechen[...].“ [La Rosa24b, S. 253], Absatz 2

¹⁰[Gramatzki25b, S. 249]

¹¹[Gramatzki25b, S. 252]

ballistische Theorie nicht mit r e l a t i v e n Geschwindigkeiten arbeitet, sondern mit einer quasi-absoluten, nämlich »relativ« zu einem ausgezeichneten System (»Äther«).¹

Dazu bemerkte er, dass für nahe der Ekliptik gelegene Sterne bisher keine synchron zum Umlauf der Erde auftretenden Helligkeitsschwankungen (photometrischer Effekt) beobachtet worden sind, was aufgrund der Exaktheit der Methoden nicht unbemerkt hätte bleiben können. Er behauptete, dass *dieser Effekt streng genommen überhaupt nicht nach der ballistischen Theorie auftreten könne*, was er im Folgenden begründete.² Er zeigte, dass in der ballistischen Theorie die Aufeinanderfolge von Wellen, wie sie beim Beobachter ankommen, abhängig davon ist, auf welches Koordinatensystem man sich bezieht. Wähle man etwa das Ruhesystem des Beobachters aus, so sei die Reihenfolge (und auch die Geschwindigkeiten) der beim Beobachter eintreffenden Wellen für jeden Beobachter unterschiedlich. Wähle man das Ruhesystem des Fixsterns (Quelle) hingegen als Bezugssystem aus, so sei es sogar unsinnig „von einer ballistischen Emission des Lichtes vom Fixstern zu sprechen, da die Radialgeschwindigkeit des Beobachters relativ zum Fixstern die Emissionsgeschwindigkeit des Lichtes [...] nicht verändern kann“.³ Er schloss daraus, dass es nur ein einziges bevorzugtes System geben könne, auf welches man alle Bewegungen beziehen müsse, um keine Widersprüche zu erhalten, denn die Vorgänge, die aus der ballistischen Emissionstheorie sich ergeben, seien nicht invariant gegenüber der Wahl des Koordinatensystems: „In jenem bevorzugten System allein lassen sich die Widersprüche beseitigen.“⁴ Man könne die Geschwindigkeit v nicht als Geschwindigkeit der Quelle in Bezug auf den Beobachter definieren, sondern man müsse diese in Bezug zu dem bevorzugten System setzen. Um Überlagerungen von Wellenzügen zu bestimmen könne also nicht ohne weiteres die aus Linienverschiebungen bestimmte Radialgeschwindigkeit verwendet werden. Da also die Frage des Bezugssystems in der ballistischen Theorie nicht gelöst sei, seien auch die von de Sitter erhobenen Einwände nicht ohne weiteres zulässig.⁵ Zusammenfassend beschloss er seine kritische Analyse mit folgenden Worten:

In der Notwendigkeit, ein bevorzugtes System annehmen zu müssen und die relative Bewegung der Erde in bezug auf dieses System festzustellen und eliminieren zu müssen, sehe ich eine außerordentliche Schwierigkeit für die ballistische Theorie, ganz abgesehen von der durch das Gitterspektroskop zweifelsfrei nachgewiesenen Änderung der Wellenlängen in Abhängigkeit von der relativen Geschwindigkeit des Beobachters zur Lichtquelle in der Gesichtslinie.⁶

¹[Gramatzki25b, S. 249], 4. Absatz

²[Gramatzki25b, S. 249ff]

³[Gramatzki25b, S. 250]

⁴[Gramatzki25b, S. 250]

⁵Gramatzki verwies hier irrtümlicherweise auf AN 5350 ([La Rosa25b]), meinte vermutlich aber [deSitter24b].

⁶[Gramatzki25b, S. 252]

Nr	Autor	Titel	Bezug
1	La Rosa, M.	„Addiert sich die Geschwindigkeit des Lichtes zu derjenigen der Lichtquelle? Dafür sprechende Beweise aus den Phänomenen der „veränderlichen Sterne““ ^a	
2	de Sitter, W.	“On the parallelism between radial velocity and intensity of light.” ^b	zu 1
3	de Sitter, W.	“Radial velocity and intensity of light” ^c	zu 1
4	La Rosa, M.	„Der Dopplereffekt und das ballistische Prinzip über die Geschwindigkeit des Lichtes“ ^d	zu 3
5	de Sitter, W.	“Doppler’s principle and the ballistic theory of light” ^e	zu 4
6	Gramatzki, H.I.	„Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes“ ^f	zu 4
7	La Rosa, M.	„Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes“ ^g	zu 6
8	La Rosa, M.	„Radiale Geschwindigkeiten und ballistische Theorie der veränderlichen Sterne“ ^h	zu 5
9	Gramatzki, H.I.	„Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes“ ⁱ	zu 7

^a[La Rosa24a]

^b[deSitter24h]

^c[deSitter24k]

^d[La Rosa24b]

^e[deSitter24b], für den zugehörigen Artikel in niederländischer Sprache siehe Anhang C.1. Die Existenz dieses Artikels scheint von der üblichen Praxis abzuweichen, da normalerweise keine im Niederländischen verfasste Parallelartikel zu *B.A.N.* Veröffentlichungen de Sitters existieren.

^f[Gramatzki25a]

^g[La Rosa25a]

^h[La Rosa25b]

ⁱ[Gramatzki25b]

Tabelle 2.4. – Artikelabfolge in der wieder aufgeflamten Debatte um die ballistische Theorie des Lichtes 1924/25 und ihre Bezüge zueinander

3. Der Weg der allgemeinen Relativitätstheorie

3.1. Leiden als Ort der Rezeption

Einstweilen freilich ist das Interesse an dem Gegenstande [Entwurftheorie] ein überaus bescheidenes.

(Einstein an Levi-Civita, 14.04.1915, [Einstein98, Doc 75], EA 16-244)

Ganz so dramatisch, wie Einstein es hier schildert, war es zum Glück nicht.¹ Einsteins neue Ideen und Konzepte, welche schließlich in seine ART mündeten, wurden in ihrem Entwicklungsstadium und in der Anfangszeit nach Ihrer Fertigstellung an einigen Orten mitverfolgt oder konstruktiv unterstützt. Zu diesen zählten weniger das unmittelbare Einsteinsche Umfeld (1911-12 Prag; 1912-14 Zürich; 1914-32 Berlin) als hauptsächlich die Zentren Göttingen und Leiden, wo der Großteil der Rezeption in der Anfangszeit stattfand, und das meist in diesem Zusammenhang vergessene Wien – ausgerechnet der Ort, an dem Einstein 1913 den wichtigen Vortrag vor der GDNÄ gehalten, in dem er seine Entwurftheorie der Nordströmschen vergleichend gegenübergestellt, und nach welchem überhaupt erst eine Rezeption seiner Theorie begonnen hatte (s.u.). Dass zu Anfang erst allmählich eine Rezeption einsetzte, war sicherlich zu einem Teil durch den ersten Weltkrieg bedingt, durch den sowohl die Kontakte der deutschen Wissenschaftler ins Ausland als auch allgemein der Austausch untereinander stark behindert wurden.² Aber auch Ausbildung, Ausrichtung, persönliche Interessen und Kontakt mit Einstein spielten dabei eine Rolle, ob die neuen Ideen eher auf Interesse, Ablehnung oder Skepsis stießen. Dies kann man sehr gut an den Ländern Frankreich und England sehen, wo aufgrund nationaler Eigenheiten die Rezeptionen sehr unterschiedlich verlaufen waren.

Um die weiter unten betrachtete Rezeption in Leiden besser einordnen zu können möchte ich kurz skizzieren, wie es um die Aufnahme der ART und ihrer ersten Version, der Entwurftheorie an anderen Orten stand.

¹In einem anderen Brief hatte Einstein sogar behauptet, dass nur Levi-Civita die Entwurftheorie verstanden habe, was man so wörtlich nicht nehmen sollte, siehe Einstein an Zangger, ca. 10.04.1915, [Einstein98, Doc 73], EA 39-662 und EA 39-662.1

²Daher fällt es heute schwer herauszufinden, wann jemand von den Ergebnissen anderer erfuhr bzw. ob man überhaupt Kenntnis darüber erlangte, [Havas93, S. 89].

Berlin

In Berlin war man zunächst skeptisch in Bezug auf die allgemeine Relativität – im Gegensatz zur SRT, welche in mehr als einem Dutzend Dissertationen unter Plancks Anleitung thematisiert worden war.¹

Die allgemeine Theorie war aber für den Berliner Astronomen Freundlich ein Thema, denn er hatte sich bereits recht früh darum bemüht, Einsteins Vorhersagen durch Beobachtungen zu überprüfen.² Freundlich hatte ab 1911 – dem Jahr, in dem er Einsteins neuen Ideen kennenlernte³ – zunächst versucht, auf Platten von alten Sonnenfinsternissen die Lichtablenkung nachzuweisen. Den sog. „halben Wert“, den Einstein aufgrund des Äquivalenzprinzips 1911 vorhergesagt hatte, konnte er aber nicht verifizieren, weil die Aufnahmen sich als ungeeignet erwiesen, da sie für andere Zwecke angefertigt worden waren.⁴ Obwohl nicht erfolgreich in seinen Bemühungen, waren die Veröffentlichungen Freundlichs – zu diesem Zeitpunkt und auch später – wichtig, denn sie informierten die Astronomen über die Relevanz von Einsteins Theorien in ihrem Arbeitsgebiet.⁵ Auch für Einstein war Freundlich wichtig, denn er war der einzige Astronom in Deutschland, der sich aktiv für einen Nachweis von seinen Vorhersagen interessierte.⁶ Für die Sonnenfinsternis im Oktober 1912 in Brasilien konnte er zwar Perrine gewinnen, neue Aufnahmen speziell für diese Zwecke anfertigen zu wollen, doch leider fiel dies sprichwörtlich in Wasser, da Aufnahmen aufgrund von Regen unmöglich waren.⁷ Den nächsten Versuch, neue Fotos zu machen wollte Freundlich persönlich bei einer Sonnenfinsternis 1914 in Russland unternehmen. Dabei kam ihm der erste Weltkrieg dazwischen, er wurde in Russland festgenommen und konnte seine Pläne nicht umsetzen.⁸ Bekanntermaßen waren erst 1919

¹[Pyenson85, S. 202]. Zu Plancks Beitrag siehe auch [Goldberg84, S. 189f].

²Zum Werdegang Freundlichs siehe etwa [Hentschel97, S. 5ff]. Wenn man zwischen „aktiver“ (eigene Beiträge zur Theorie) und „passiver“ (Prüfung oder reine Anwendung der Theorie) Rezeption unterscheiden möchte, dann würde Freundlich zur Passiven zählen, während de Sitter zu den Aktiven gehörte.

³[Pyenson85, S. 228ff]. Der Prager Astronom Leo Wenzel Pollak hatte Anfragen seines neuen Kollegen Einstein weitergeleitet, [Hentschel97, S. 6]. Siehe dazu Einstein an Freundlich, 01.09.1911, [Einstein93, Doc 281], EA 11-199, worin Einstein sein Interesse an einer Prüfung bekundet, ebenso etwa 08.01.1912, [Einstein93, Doc 336], EA 11-202 oder 27.10.1912, [Einstein93, Doc 420], EA 11-205 worin er schrieb: „Ich danke Ihnen herzlich für Ihre ausführlichen Nachrichten und für das ungemein lebhaftes Interesse, das Sie unserm Problem entgegenbringen.“

⁴Freundlich hatte sich dazu Platten von Campbell aus Amerika schicken lassen, mit dem Einstein auch über Hale zur Prüfung der Lichtablenkung in Kontakt getreten war, siehe [Einstein93, Doc 477, 483]. Für Einzelheiten siehe [Crelinsten84, S. 11-21] bzw. [Crelinsten06]. Freundlich, Erwin, „Über einen Versuch, die von A. Einstein vermutete Ablenkung des Lichtes in Gravitationsfeldern zu prüfen.“ *Astronomische Nachrichten* **193** (1913), 369-72.

⁵Vgl. [Hentschel97, S. 14], wo er diesbezüglich mit de Sitter und seinen Veröffentlichungen in den *MNRAS* verglichen wird.

⁶[Crelinsten06, S. 93]

⁷[Crelinsten84, S. 14]

⁸Auch die amerikanische Expedition um Curtis und Campbell in Russland hatte Pech – zwar wurde hier niemand festgenommen, aber die Bewölkung machte Fotoaufnahmen unmöglich, siehe [Crelinsten84, S. 20]. Mehr Details zu Freundlich und seiner Zusammenarbeit mit Einstein sind in [Hentschel97, S. 12ff] zu finden. Siehe auch [Crelinsten06, S. 85-94/119-224], wo Einsteins Versuche beschrieben sind Freundlich den nötigen Freiraum zu schaffen, sich ausschließlich um den Nachweis seiner Vorhersagen

die britischen Expeditionen erfolgreich, Einsteins Vorhersagen nachzuweisen.¹ Vielleicht war dies auch gut so, denn einmal angenommen, Einsteins prä-ART Vorhersagen wären z. B. durch Messfehler „nachgewiesen“ worden – ob Einstein dann die ART in ihrer Form von 1915/16 entwickelt hätte?²

Bei der Erwiderung zu Einsteins Antrittsrede 1914 hatte Planck seine Gedanken zu Einsteins Konzeption einer Ausweitung des Relativitätsprinzips auf beliebige Koordinatensysteme geäußert und seinen „Einspruch“ deutlich gemacht.³ Für ihn war Einsteins Theorie nicht unbedingt ein Schritt in die richtige Richtung (nebenbei: die Ritzsche Emissionstheorie hatte Planck zwar für interessant, aber auch nicht für glaubhaft befunden).⁴

Einstein wusste jedoch bereits vor seinem Umzug nach Berlin⁵, dass der Boden dort für seine Gravitationsideen eher steinig war:

Laue ist den prinzipiellen Erwägungen nicht zugänglich, Planck auch nicht, eher Sommerfeld. Der freie, unbefangene Blick ist dem (erwachsenen) Deutschen überhaupt nicht eigen (Scheuleder!).⁶

Im Sommer 1915 schien die Haltung sich noch nicht geändert zu haben, denn Einstein schrieb an Heinrich Zangger:

Ich schrieb Ihnen wohl schon, daß ich in Göttingen 6 Vorträge gehalten habe, in denen ich Hilbert von der allgemeinen Relativität überzeugen konnte. Von letzterem bin ich ganz entzückt, ein Mann von wunderbarer Kraft und Selbständigkeit in allen Dingen. Sommerfeld fängt auch an, zuzustimmen; Planck und Laue bleiben fern.⁷

Im Winter kommentierte er die Reaktionen wie folgt:

Effekte zu kümmern.

¹Für weitere Details siehe auch [Earman80b].

²Vermutlich eher nicht – denn er hatte im Vorgriff auf die geplante Expedition zur Sonnenfinsternis in Russland an Freundlich geschrieben: „In dieser Sache [Entscheidung, welche Gravitationstheorie den Tatsachen entspricht] könnt Ihr Astronomen nächstes Jahr der theor. Physik einen geradezu unschätzbaren Dienst leisten. Wir werden eine sichere Auskunft erlangen darüber, ob es richtig ist, die Relativitätstheorie weiter zu verallgemeinern, oder ob wir bei dem ersten Schritt stehen bleiben müssen.“, Einstein an Freundlich, Mitte August 1913, [Einstein93, Doc 468], EA 11-203.

³Er sah es nicht als problematisch an, wenn gewisse Bezugssysteme gegenüber anderen ausgezeichnet seien, siehe [Planck14, S. 743f]. Siehe auch [Fölsing95, S. 284f]. 1913 hatten Planck, Nernst, Rubens und Warburg im Wahlvorschlag für die Akademiemitgliedschaft Einsteins Versuche zur Verallgemeinerung nahezu als entschuldbaren Fehltritt betrachtet, so jedenfalls wird es in [Renn98, S. 7] eingeschätzt.

⁴[Pyenson85, S. 206]

⁵Wie Einstein nach Berlin geholt wurde, dazu siehe etwa [Goenner05, S. 37ff].

⁶Einstein an Besso, nach dem 01.01.1914, [Einstein93, Doc 499], EA 7-261, Scheuleder = Scheuklappe. Auch in einem Brief an Ernst Mach vom Dezember 1913, [Einstein93, Doc 495] hatte Einstein über Plancks ablehnende Haltung berichtet. Fußnote 5 zu diesem Brief beweist, dass Planck die Theorie „garnicht recht zusagt“ (aus einem Brief von Planck an Wien vom 29.06.1913).

⁷Einstein an Heinrich Zangger, zwischen dem 24.7.-07.08.1915, [Einstein98, Doc 101], EA 39-670

Ich mache gegenwärtig auch recht kuriose Erfahrungen mit den lieben Kollegen. Alle bis auf einen versuchen an meiner Entdeckung herumzunörgeln, oder wenn auch noch so oberflächlich die Sache zu widerlegen; nur einer [Hilbert] erkennt sie dadurch an, dass er sie mit grossem Tamtam zu „nostrifizieren“ sucht, nachdem ich ihn mit vieler Mühe in den Geist der Theorie eingeweiht habe. Die Astronomen¹ aber benehmen sich wie ein Ameisenhaufen, der durch einen unbedachten Schritt des Wanderers in seinem stumpfsinnigen Einerlei gestört worden ist; sie beissen auf den Wanderer los, ohne auch nur auf dessen Schuhe Eindruck zu machen.²

aber schon gegen Ende des Jahres schrieb er an Michele Besso: „Nun fängt auch Planck an, die Sache ernster zu nehmen; er wehrt sich allerdings noch etwas.“³ Alles in allem konnte Einstein Anfangs in Berlin⁴ wenig Begeisterung für die ART erzeugen⁵, und im Wesentlichen bestand die einzige Unterstützung⁶ die er erhielt aus 2000 Mark, die die Akademie für die Expedition zur Sonnenfinsternis 1914 in Russland zur Überprüfung der Lichtablenkungsvorhersage durch Freundlich bewilligte.⁷ Später wandelte sich die Einstellung von Planck und auch von Laue, der 1921 und 1923 seine bekannten Lehrbücher „Die Relativitätstheorie“ veröffentlichte.⁸

Göttingen

Im Gegensatz zu Berlin fiel die ART in der Göttinger community auf fruchtbareren Boden:⁹ „Berlin kann sich, was Lebhaftigkeit des wissenschaftlichen Interesses anbelangt, wenigstens auf diesem Gebiete mit Göttingen nicht messen.“¹⁰ Hier wurden Einsteins neue Ideen aber auch erst richtig wahrgenommen (worüber Einstein sehr erfreut war¹¹), *nachdem* er im Sommer 1915 über den Stand seiner Forschungen in sechs Vorlesungen

¹Vermutlich waren Hugo von Seeliger oder Johannes Hartmann gemeint, siehe [Einstein06, Doc Vol. 8, 159a, Fn 5].

²Einstein an Zangger, <04.12.1915, [Einstein06, Doc Vol. 8, 159a], EA 86-453

³Einstein an Besso, 21.12.1915, [Einstein98, Doc 168], EA 7-270

⁴Zu Einsteins Berliner Zeit (1914-33) siehe auch [Goenner05]. Darin wird ein sehr lebhaftes Bild von Berlin (politisch, kulturell etc.) während dieser Zeit gezeichnet, sodass man sich ein wenig in diese Zeit hineinversetzen kann.

⁵Siehe dazu Fußnote 37 in [Renn98, S. 11].

⁶Wenn man die passive Unterstützung durch seine Verpflichtungsfreiheit nicht berücksichtigt.

⁷Der Direktor der Sternwarte in Potsdam, Hermann Struve, war ebenfalls skeptisch was das Ergebnis einer solchen Expedition sein würde, [Renn98, S. 11]. Siehe auch Einstein an Freundlich, 07.12.1913, [Einstein93, Doc 492] oder Einstein an Freundlich, ca. 20.01.1914, [Einstein93, Doc 506], [Pyenson85, S. 231]. Daran, dass Einstein im Falle einer Nichtbewilligung die Summe aus eigener Tasche hätte beisteuern wollen kann man recht deutlich sehen, wie wichtig ihm eine experimentelle Überprüfung war, siehe [Hentschel97, S. 36].

⁸[Laue21] resp. [Laue23]

⁹Zur dortigen Rezeption der SRT (aber auch ART) siehe [Pyenson85, S. 183ff/219], zur Rezeption der ART siehe [Corry04], Kapitel 6-8 oder auch Rowe, David, „The Göttingen Response to General Relativity and Emmy Noether’s Theorems“. In Gray, Jeremy, *The Symbolic Universe. Geometry and Physics, 1890-1930*. Oxford, Oxford University Press, S. 189-234.

¹⁰Einstein an Zangger, 07.07.1915, [Einstein98, Doc 94], EA 39-668

¹¹Siehe [Rowe04, S. 106] bzw. Einstein an Sommerfeld, [Einstein98, Doc 96].

(Wolfskehl Vorlesungen, hier inhaltlich noch über die Entwurftheorie¹) referiert hatte.² Er schrieb dazu an Wander de Haas: „Es gelang mir, Hilbert und Klein vollständig zu überzeugen, zu meiner grossen Freude.“³ Zuvor, im Dezember 1913 war zwar durch F. Böhm, einem Mathematiker aus München bei einem Treffen der Göttinger Mathematischen Gesellschaft über die Entwurftheorie berichtet⁴ worden, was aber keinen Widerhall fand. Hilbert beispielsweise, der nach Einsteins Vorlesungen mit diesem in eine Art „Wettstreit“ getreten war, hatte zuvor in Vorlesungen weder Einstein erwähnt noch die Notwendigkeit einer Erweiterung des Relativitätsprinzips unterstrichen.⁵

Der Wettstreit – bekannt als „Prioritätenstreit“ – im November 1915 begann mit einem Brief an Hilbert vom 07.11., in dem Einstein darüber berichtete, dass er nun die Gravitationsgleichungen geändert habe und ihm die Korrekturbogen seiner ersten Arbeit zur endgültigen ART schickte.⁶ Hilbert, der an einer vereinigten Feldtheorie (Elektrodynamik und Gravitation) arbeitete und versuchte, Mies und Einsteins Theorien zusammenzuführen, antwortete und es ergab sich ein Briefwechsel⁷, in dessen Verlauf Einstein fürchtete, dass Hilbert Einsteins Ergebnis (die Feldgleichungen) als sein eigenes ausgeben wolle.⁸ Die sich dadurch ergebende Verstimmung in ihrer Beziehung war aber schnell überwunden und Hilbert wurde zu einem Verbreiter von Einsteins Theorie.⁹ Einsteins Kontakt zu Hilbert markierte damit einen Wendepunkt für die Rezeption der ART.¹⁰

Die Göttinger Rezeption war aber nicht auf Hilbert allein beschränkt, seine Autorität brachte weitere Personen in Kontakt mit der ART, die wichtige Beiträge dazu lieferten oder zur Verbreitung beitrugen. In Auswahl möchte ich hier Karl Schwarzschild (dann in Potsdam) nennen, der die nach ihm benannten Lösungen der Feldgleichungen fand¹¹, Emmy Noether, die mit den später nach ihr benannten Theoremen einen wichtigen Beitrag zum Verständnis von Erhaltungsgrößen beisteuerte, Felix Klein, der in der Einstein – de Sitter Kontroverse zeigte, dass de Sitters Weltmodell mathematisch korrekt war¹²

¹[Corry99a, S. 33]

²Zu Einsteins Aufenthalt, während dessen er bei Hilbert gewohnt hatte, siehe [Fölsing95, S. 947] bzw. [Corry04, S. 320ff].

³Einstein an Wander de Haas, [16.08.1915], [Einstein98, Doc 110], EA 70-420

⁴Dies geschah am 09.12.1913, siehe *Jahresbericht der Deutschen Mathematiker-Vereinigung* **22** (1913), S. 207. Dort heißt es „Sitzung vom 9. Dezember. [...] ferner bespricht B ö h m die Arbeit von E i n s t e i n und G r o ß m a n n über Gravitationstheorie.“, mehr Information gibt es nicht. Siehe auch [Corry99a, S. 34], bzw. [Corry04, S. 323].

⁵[Corry99a, S. 33]

⁶Auf die Einzelheiten des Prioritätenstreits möchte ich hier ebenso wenig eingehen wie auf Hilberts Programm, in dessen Kontext er die ART verwendete, da dies hinreichend untersucht worden ist. Siehe etwa [Rowe04, S. 107-10], [Rowe01], [Corry99b], [Corry99a], [Corry04, S. 330ff/345ff], [Stachel02a], [Stachel02c], [Ren], Earman, John und Glymour, Clark, “Einstein and Hilbert: Two Months in the History of General Relativity”, *Archive for History of Exact Sciences* **19** (1978), S. 291-308, [Goenner05, S. 90ff].

⁷Der Briefwechsel bestand wenigstens aus den Dokumenten 136, 139, 140, 144, 148 und 149, veröffentlicht in [Einstein98]. Zum Briefwechsel siehe [Corry04, S. 345ff].

⁸Siehe [Einstein98, Doc 148] bzw. Einstein an Zangger, [Einstein98, Doc 152].

⁹[Rowe04, S. 110/120]

¹⁰[Rowe04, S. 120]

¹¹[Schwarzschild16b], [Schwarzschild16a]

¹²[Röhle02]

oder Vsevolod Frederiks, der nach seiner Rückkehr nach Russland über Einsteins Theorien las und Alexander Friedmann dadurch dafür interessierte.¹

Wien

Auch in Wien wurden SRT und ART rezipiert. Dies wurde jedoch meist übersehen – nach Havas vor allem, weil dort keine fundamentalen Ergebnisse erzielt worden waren.² Aber auch ohne solche Ergebnisse war die Wiener Rezeption nicht unwichtig, da sie sich vor allem in Standard- und Lehrwerken ihrer Zeit niedergeschlagen hatte. Schon vor Einsteins SRT hatte sich Fritz Hasenöhl auf dem „vorbereitenden“ Gebiet betätigt, sich später auch mit der fertigen Theorie befasst.³ Hauptfiguren für die SRT waren jedoch Philipp Frank und Friedrich Kottler, die zu dieser Zeit beide Privatdozenten an der Wiener Universität waren, aber auch Ehrenfest hatte während seiner Wiener Zeit (kritisches) dazu beigetragen (z. B. Ehrenfestsches Paradoxon).⁴ Frank, der 1912 Einsteins Nachfolger in Prag wurde, hatte beispielsweise in Analogie zur Lorentz-Gruppe die Galilei-Gruppe eingeführt (dabei den Begriff geprägt) und gezeigt, dass man die relativistische Mechanik vollkommen analog zur Newtonschen ableiten kann, wenn man nur statt der Galilei- die Lorentz-Transformationen verwendet.⁵ Kottler hatte 1912(!) bereits in seiner Dissertation „Über die Raumzeitlinien der Minkowski’schen Welt“⁶ den absoluten Differentialkalkül verwendet, damit 1914 die Lorentz-Gruppe um beschleunigte Bewegungen⁷ erweitert und dann auf starre Elektronen angewendet.⁸

Nachdem Einstein 1913 bei der Versammlung der GDNÄ in Wien seinen Vortrag „Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems“⁹ gehalten und dabei Kottlers Dissertation erwähnt hatte¹⁰, verstärkte sich dort das Interesse an Gravitation.¹¹ Eine intensive Verarbeitung der frischen Einsteinschen Theorie wurde jedoch zunächst durch den Ausbruch des 1. Weltkrieges verhindert, da fast alle jungen Physiker ihren Dienst in der Armee antraten.¹² Obwohl noch in der Armee, konnte Kottler 1916 seine Arbeit

¹Weitere Personen waren Max Born, Hermann Weyl oder Jakob Grommer, siehe z. B. [Rowe04, S. 110-20] oder [Corry04], Kapitel 6-8.

²[Havas99]. Dies scheint meines Wissens der einzige aktuelle Artikel zur Wiener Rezeption zu sein. Dieser Abschnitt dazu beruft sich daher ausschließlich auf ihn, wobei viele Details nicht berücksichtigt werden konnten.

³[Havas99, S. 168f]

⁴[Havas99, S. 169]

⁵Für Franks Beiträge siehe [Havas99, S. 169-71].

⁶*Sitzungsberichte der kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abteilung IIa* **121** (1912), S. 1659-1750

⁷gradlinig oder rotierend

⁸[Havas99, S. 172]

⁹[Einstein13]

¹⁰[Einstein13, S. 1257]. Da Einstein ihn noch nicht kannte, hatte er Kottler gebeten einmal aufzustehen, [Havas99, S. 174].

¹¹Es hatte bereits Interesse daran gegeben: Johann Sahulka's Gravitationstheorie von 1907/9 hatte auf atomaren Kollisionsprozessen basiert, Gustav Jaumann hatte 1911/12 eine eigene skalare Feldtheorie entwickelt, und Max Behacker hatte sich 1913 mit der Theorie von Nordström befasst, siehe [Havas99, S. 173f].

¹²[Havas99, S. 174]

an beschleunigten Bezugssystemen fortsetzen, eine „provisorische“ Kritik an Einsteins Behandlung des Äquivalenzprinzips verfassen¹ und 1918 in einer grundlegenden Analyse eine alternative Ableitung der Feldgleichungen der Gravitation angeben.² Neben seinem Artikel „Gravitation und Relativitätstheorie“³ für die *Encyklopädie* (in dessen Vorbereitung er mit de Sitter korrespondierte, siehe Abschnitt 3.1.2) beschäftigte er sich Anfang der 1920er Jahre noch weiter mit dem Themenbereich.

Zur ART gab es darüber hinaus Beiträge von Ludwig Flamm, Erwin Schrödinger, Josef Lense und Hans Thirring⁴ (Thirring-Lense Effekt), Wolfgang Pauli und Arthur Haas, um nur die prominentesten Vertreter zu nennen.⁵ Nicht vergessen werden darf schließlich der Wiener Kreis um Moritz Schlick, der sich auf philosophischer Ebene auch mit der RT auseinandersetzte.

Bis Hitler im März 1938 Österreich „heim ins Reich“ holte gab es in Wien Wissenschaftler, die sich mit RT beschäftigten. Als Schrödinger einige Monate später das Land verließ, war seine im Februar begonnene Vorlesung über „Das kosmische Problem in der Quantenmechanik“ „the last gasp of relativity in Austria“.⁶

Italien

Die Rezeption von Einsteins prä-ART Konzepten scheint in Italien im Wesentlichen durch zwei Personen erfolgt zu sein. Zum einen gab es eine „partielle“ Rezeption durch Tullio Levi-Civita und zum anderen eine kritische Rezeption durch Max Abraham.⁷ Levi-Civita hatte Abraham, der in Deutschland aufgrund seiner schwierigen Persönlichkeit keine Chance auf eine Position hatte, im Jahre 1909 nach Mailand geholt. In Italien traf dieser auf eine Community, die wie er selbst der SRT ablehnend gegenüberstand und der Äthertheorie verhaftet war.⁸ 1912 hatte Abraham zunächst eine Gravitationstheorie veröffentlicht, die auf einer vom skalaren Gravitationspotenzial abhängigen, variablen Lichtgeschwindigkeit (von Einstein 1911 ins Spiel gebracht) beruhte. Diese Theorie war jedoch nicht mit dem Äquivalenzprinzip verträglich und ebenfalls nicht unter infinitesimalen Lorentztransformationen invariant, was Einstein in einem Artikel zur Weiterentwicklung seiner eigenen Theorie anmerkte.⁹ Durch diese Kritik wurde eine erste Kon-

¹Kottler, Friedrich, „Über Einsteins Äquivalenzhypothese und Gravitation“. *Annalen der Physik* **50** (1916), S. 955-72

²Kottler, Friedrich, „Über die physikalischen Grundlagen der Einsteinschen Gravitationstheorie“. *Annalen der Physik* **56** (1916), S. 401-62. Zu dieser alternativen Ableitung, die Einstein schwer verständlich fand, ist leider nur noch Kottlers Antwort [Einstein98, Doc 495] auf einen Brief von Einstein erhalten, weitere Veröffentlichungen dazu gab es nicht, [Havas99, S. 175].

³[Kottler22]

⁴Thirring hatte nach dem Aufkommen der ART auch noch zur SRT publiziert, siehe [Havas99, S. 172].

⁵Für eine Übersicht über ihre Beiträge siehe [Havas99, S. 175-8].

⁶[Havas99, S. 190]

⁷Dabei beziehe ich mich auf [Cattani89b] und [Cattani89c]. Aufgrund mangelnder Italienischkenntnisse konnte ich [Maiocchi85] nicht für eine ggf. differenziertere Aussage heranziehen. Zur Rezeption in Italien siehe auch [Reeves87].

⁸[Cattani89b, S. 161]

⁹Abrahams Theorie ließe sich „schon vom rein mathematisch formalen Standpunkte aus nicht aufrecht erhalten“, [Einstein12a, S. 355].

troverse zwischen Abraham und Einstein ausgelöst, die sich in den *Annalen der Physik* abspielte und durch Abrahams hitziges Gemüt gekennzeichnet war. Dieser kritisierte nun seinerseits Einsteins Gravitationstheorie (durchaus auch begründet, da Einstein selbst das Äquivalenzprinzip nicht konsequent in seiner Theorie angewendet hatte) und die Relativitätstheorie im Allgemeinen.¹ Nach dem Austausch einiger Argumente in diversen Notizen in den *Annalen* wurde die Diskussion von Einstein beendet, da beide Parteien nun ihre Standpunkte deutlich gemacht hätten und weitere Diskussion unnötig wäre.²

Die zweite Kontroverse wurde 1914 durch einen Artikel Abrahams in *Scientia* ausgelöst, in dem er zunächst die SRT, dann die Entwurftheorie kritisierte³, wobei er den Finger in deren Wunde legte: Obwohl allgemeine Invarianz das Ziel war, waren die Feldgleichungen der Entwurftheorie *eben nicht* unter allgemeinen Transformationen invariant. Auf Einsteins besonnene Antwort folgte eine ärgerliche Erwiderung Abrahams, auf die Einstein aber nicht mehr einging.⁴

Trotz ihrer Auseinandersetzungen wertschätzte Einstein Abraham weiterhin, wie man nicht nur seinem Brief Einsteins an Besso von 1914 entnehmen kann (in demselben Brief hatte er über Plancks und Laues Unzugänglichkeit berichtet, s.o.):

Zur Gravitationsarbeit verhält sich die physikalische Menschheit ziemlich passiv. Das meiste Verständnis hat wohl Abraham dafür. Er schimpft zwar in der „Scienza“ [sic] kräftig über alle Relativität, aber mit Verstand.⁵

Auch an der Tatsache, dass er Abraham weiter um dessen Meinung zu seinen Arbeiten bat, kann man es erkennen.

Auf diesem Wege war die Diskussion mit Levi-Civita ins Rollen gekommen, denn Einstein hatte Abraham nach dessen Meinung zu seiner Arbeit „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“⁶ gebeten, welche dieser an Levi-Civita ausgeliehen hatte. Offenbar wurde das Interesse Levi-Civitas dann durch den Brief Abrahams an ihn vom 23.02.1915 ausgelöst, in dem er Einsteins Wahl von H kritisiert hatte.⁷ Vom März bis Anfang Mai 1915 führten er und Einstein dann eine postalische „Auseinandersetzung“. Einstein war sehr erfreut darüber, dass Levi-Civita sich für seine Theorie interessierte:

Sie erweisen mir damit, dass Sie sich so genau mit meiner Arbeit befassen, eine grosse Freude. Sie können sich denken, wie selten sich jemand eingehend mit dieser Sache beschäftigt, der ihr selbständig und kritisch gegenübersteht.⁸

In der genannten Arbeit hatte Einstein die Feldgleichungen der Entwurftheorie aus einem Variationsprinzip neu abgeleitet. Die Kritik Levi-Civitas hob dabei nie auf die unvollkommenen Kovarianz der Feldgleichungen ab, sondern war auf rein mathematischer Ebene

¹Der genaue Inhalt der Debatte findet sich in [Cattani89b, S. 162-6] dargestellt.

²[Einstein95, Doc 9], [Cattani89b, S. 164]

³Daneben hatte er seine Gravitationstheorie mit den Theorien von Mie und Nordström verglichen, [Cattani89b, S. 167]. Diese Kontroverse ist im Anschluss an die erste in [Cattani89b, S. 166-71] beschrieben.

⁴[Cattani89b]

⁵Einstein an Besso, nach 01.01.1914, [Einstein93, Doc 499], EA 7-261

⁶[Einstein14b]

⁷[Cattani89c, S. 184f].

⁸Einstein an Levi-Civita, 05.03.1915, [Einstein98, Doc 60], EA 16-228

angesiedelt. Er verneinte den tensoriellen Charakter einer Größe¹ in der Herleitung, welche Einstein vermeintlich bewiesen hatte.² Nach einigen Briefen³ musste Einstein die Schwäche seines Beweises schließlich eingestehen.⁴ Levi-Civitas Interesse an Relativität war nun jedenfalls geweckt und er verfasste von 1915 bis 1918 insgesamt 14 Abhandlungen darüber.⁵

Die frühe Rezeption in Italien hatte nach dem beschriebenen einen anderen Charakter als an anderen Orten, da sie vor allem durch (größtenteils berechtigte!) Kritik geprägt war. Sie war aber nichts desto trotz wichtig, da hierdurch Einsteins Unzufriedenheit mit der Entwurftheorie wuchs⁶, was seine Motivation erhöht haben muss, zu einer befriedigenderen Lösung zu kommen.

Neben dem bereits erwähnten Abraham gab es in Italien noch weitere Gegner der Relativität. Da war wie in Abschnitt 2.2.2 bereits ausführlich berichtet M. La Rosa, der ab Ende 1911 gegen die RT argumentierte und der auch mit Abraham in Kontakt stand.⁷ Allgemein standen die Experimentalphysiker und Astronomen der Theorie ablehnend gegenüber⁸, es gab aber auch weitere Unterstützer neben Levi-Civita, die aber meist erst in den 1920er Jahren aktiv wurden. Zu diesen zählten Marcolongo, Guido Castelnuovo, Guido Fubini oder Gino Fano.⁹

Leiden

Im Vergleich mit der kaum vorhandenen Berliner „Rezeption“ und der in Göttingen erst ab Mitte 1915 einsetzenden Beschäftigung mit allgemeiner Relativitätstheorie reichen die Wurzeln der Auseinandersetzung damit in Leiden (wie auch in Wien) *weiter* zurück, worauf ich im folgenden Abschnitt detaillierter eingehen werde. Da die dortige Rezeption, insbesondere die Achse Einstein – Lorentz, bereits mehrfach Gegenstand von Studien war¹⁰, werde ich möglichst darauf verweisen und nicht alle Details wiedergeben.

Einstein war – wie im Falle von Levi-Civita und Göttingen– sehr erfreut darüber, dass man in Leiden seine Konzepte verstand und sich mit seinen Gedanken auseinandersetzte:

Ich freue mich schrecklich über Deine [Ehrenfest] und Lorentz' Zustimmung, die so freudig und hell klingt! Ihr bildet einen Prachtswinkel auf diesem öden Planeten. Gescheit gibts mancherorts, aber gut und grossherzig ist jämmerlich selten.¹¹

¹ $\mathfrak{E}_{\mu\nu}/\sqrt{-g}$

²[Cattani89c, S. 185]

³Von diesen sind leider nicht mehr alle erhalten. Von Einstein an Levi-Civita ist alles, in der umgekehrten Richtung aber nur noch ein Brief von Levi-Civita erhalten, [Cattani89c, S. 185].

⁴[Einstein98, Doc 80], EA 16-250, [Cattani89c, S. 193]

⁵[Reeves87, S. 196]

⁶[Cattani89c, S. 194]

⁷Siehe auch [Reeves87, S. 193-5/203]

⁸[Reeves87, S. 203]

⁹[Reeves87, S. 197]

¹⁰[Kox89], [Kox92], [Kox93a] oder [Illy89]

¹¹Einstein an Ehrenfest, 17.01.1916 [Einstein98, Doc 182], EA 9-374. Bei der Auswahl dieses Zitates habe ich mich zugegebenermaßen bei [Illy89] inspirieren lassen. . .

Auch wusste er darum, dass hier viel zu seiner Theorie beigetragen wurde und versuchte, Zusammenarbeit anzuregen:

Es wäre wohl wünschenswert, wenn zwischen Göttingen und Leiden die Arbeiten ausgetauscht würden, die auf dem Gebiete der allgemeinen Relativität gemacht werden. Dadurch würde viel Denkarbeit gespart werden.¹

Aber bevor es soweit war, musste die ART erst ihren Weg nach Leiden finden. Dabei spielte Lorentz eine entscheidende Schlüsselrolle, aber auch andere Umstände begünstigten ihre Aufnahme dort und ermöglichten, dass hier eine Hochburg entstand die, zumindest von 1915 bis 1920, weltweit führend war.

3.1.1. Die Einstein - Grossmann Theorie: Der Entwurf

Um diesen Weg besser verstehen zu können, muss man neben den bereits genannten Orten noch Zürich betrachten, wo „ausnahmsweise“ auch in Einsteins direktem Umfeld eine Rezeption – besser Mitarbeit stattfand. Hier waren für die spätere Leidener Rezeption wichtige Personen mit dessen Gravitationstheorie in Kontakt gekommen, als sich diese noch im Entstehen befand.

Einstein hatte in Zürich 1912 sein Kolloquium wieder ins Leben gerufen², wo zu den Teilnehmern unter anderem Gunnar Nordström, A.D. Fokker und Paul Ehrenfest zählten.³ Nordström, dessen Interessen für RT in Göttingen durch Minkowski geweckt worden war⁴, hatte eine skalare Gravitationstheorie entwickelt (1. Theorie). Durch Anregungen und Kritik Einsteins arbeitete er diese im Sommer 1913 in Zürich um (2. Theorie)⁵, sodass sie schließlich von Einstein als einzige ernsthafte Konkurrenz für seine Entwurfstheorie angesehen wurde.⁶ Welche der beiden Theorien zu bevorzugen sei, darüber musste das Experiment bzw. die astronomische Beobachtung entscheiden. Von 1916 bis 1919 hielt Nordström sich in Leiden auf, wo er ein Mitglied der dortigen „Relativitätsgruppe“ war.⁷

Fokker⁸, der im Wintersemester 1913/14 in Zürich weilte und gegen Ende seines Aufenthaltes einen gemeinsamen Artikel mit Einstein über die Theorie Nordströms veröf-

¹Einstein an Felix Klein, 26.03.1917 [Einstein98, Doc 319], EA 14-421

²Es fand Mittwochs statt, wie auch die Kolloquien in München (Sommerfeld), Leiden (Ehrenfest) oder Berlin, siehe [Yavelov02, S. 261ff].

³Weitere Teilnehmer werden in [Yavelov02, S. 263-71] aufgezählt und kurz porträtiert, etwa Max von Laue oder Hermann Weyl. Nordström hatte sich im Sommer 1913 in Zürich aufgehalten, siehe [Isaksson85, S. 38].

⁴z. B. [Yavelov02, S. 264]

⁵Siehe [Isaksson85, S. 38] oder für eine sehr detaillierte Untersuchung [Norton92].

⁶[Einstein13, S. 1251], [Halpern04, S. 393], wo auch über die völlig unbemerkt gebliebene fünfdimensionale Vereinigung von elektromagnetischer und Gravitationstheorie von Nordström 1914 berichtet wird. Zu seinen Gravitationstheorien und seinem Austausch darüber mit Einstein siehe [Norton92] oder [Norton93].

⁷Siehe [Kox92, S. 43] bzw. [Isaksson85], [Halpern04] für mehr Details zu Nordström und seinem Werk.

⁸Einen kurzen Überblick über sein Leben bietet [Snelders89]. Fokker beschrieb seine Interessengebiete 1920 in einem Brief an Rutherford (wobei er sein Interesse an elektromagnetischen Strahlungsfragen nicht berücksichtigte, welches man sehr gut etwa an seiner Korrespondenz mit Lorentz ablesen kann): “I am pleased to see that you [Rutherford] and Einstein have been appointed [foreign members of the

fentlicht hatte¹, war von Lorentz nach Zürich entsandt worden um dort als “Postdoc” zu arbeiten². Über seine Treffen mit Einstein und Nordström und seinem Kennenlernen ihrer Gravitationstheorien berichtete er brieflich an Lorentz, der Kernfigur der Leidener Rezeption.³ Auch er, „ein trefflicher Kerl!“⁴, zählte zur späteren „Relativitätsgruppe“ in Leiden.

Ehrenfest hatte sich im Sommer 1913 in Zürich aufgehalten, wo er Einstein fast täglich (bis auf eine Ausnahme) und auch Nordström, Marcel Grossmann sowie Michele Besso traf.⁵ Bereits am nächsten Tag nach seiner Ankunft war er von Einstein zu einer Wanderung abgeholt worden, während der sie über Gravitationstheorie diskutierten und Einstein ihm die Unterschiede⁶ zwischen seiner und Nordströms Theorie darlegte.⁷ Auch Ehrenfest berichtete wie Fokker über die Gespräche in Zürich mit Einstein und Nordström an Lorentz.⁸

Über Gravitation diskutiert hatten Einstein und Ehrenfest schon 1912 bei dessen Besuch in Prag, bei dem dieser sehr von Einstein beeindruckt worden war.⁹ In der Zwischenzeit hatte Einstein Ehrenfest postalisch über seine Fortschritte informiert¹⁰ und ihm die Fertigstellung seiner bisherigen Bemühungen angekündigt.¹¹

Als Einstein im März 1914 Zürich verließ fuhr er nicht auf direktem Wege nach Berlin,

Dutch academy of sciences] at the same time, you both being the poles of my physical interests: on the one side the most concrete problem of how the atoms may actually be constituted, on the other side the theory of gravitation leading into abstract mathematics. Between these poles there are the sharp criticism and careful scrutiny of Lorentz and Ehrenfest.”, Fokker an Rutherford, 26.05.1920, CAM2. Ähnliches schrieb er wenige Tage später auch an Einstein, siehe Fokker an Einstein, 02.06.1920, [Einstein06, Doc 40], EA 11-037.

¹[Einstein14d]. Dies wird heute als wichtiger Schritt in Richtung der endgültigen ART angesehen, siehe etwa [Yavelov02, S. 285] oder [Isaksson85, S. 43ff]. Zu der Arbeit siehe auch [Pais86, S. 238f], [Stachel89, S. 81-4] und [Norton93]. Lorentz schrieb nach Erhalt der Arbeit durch Fokker an diesen: „Das Verhältnis von Nordströms Gravitationstheorie zu der von Einstein wird dadurch viel deutlicher.“ (meine Übersetzung von: „De verhouding von Nordström’s gravitatie theorie tot die von E. wordt er veel duidelijker door.“, Lorentz an Fokker, 14.06.1914.)

²[Yavelov02, S. 285]. Am 07.11.1913 wurde er von Einstein erwartet, siehe [Einstein93, Doc 482], EA 72-295.

³Siehe Fokker an Lorentz, 04.12.1913, auch [Einstein93, Doc 490]. Er erwähnte auch die Lichtablenkung als Entscheidungskriterium zwischen diesen, siehe auch [Yavelov02, S. 284].

⁴Einstein an Ehrenfest, 19.03.1914, [Einstein93, Doc 515], EA 9-335. „Einstein hat mir über Sie geschrieben - er ist sehr zufrieden damit, dass Sie bei ihm sind:“, Ehrenfest an Fokker, 08.12.1913, MBL2

⁵Vom 18.06.- Anfang Juli 1913, siehe [Yavelov02, S. 272], auch [Fölsing95, S. 370] und [Klein85, S. 294]

⁶Zu diesen siehe [Isaksson85].

⁷[Klein85, S. 294]

⁸Siehe etwa Ehrenfest an Lorentz, 02.07.1913, zitiert in [Isaksson85, Doc 42].

⁹[Klein85, S. 293]. Dies kann man nach Einsteins Brief an Ehrenfest vom 10.03.1912 [Einstein93, Doc 369] vermuten.

¹⁰Siehe etwa Einstein an Ehrenfest, 10.03.1912 [Einstein93, Doc 369], EA 73-250 oder vor dem 10.06.1912, [Einstein93, Doc 409], EA 9-333. Ehrenfest schickte auch seine Überlegungen an Einstein zurück, siehe etwa nach 16.05.1912, [Einstein93, Doc 394], EA 72-250.

¹¹Einstein an Ehrenfest, 28.05.1913, [Einstein93, Doc 441], EA 9-340. Damit war die Entwurftheorie gemeint.

sondern da er unbedingt mit Ehrenfest und Lorentz über seine Arbeit sprechen wollte¹, nahm er einen Umweg über Leiden, wo er eine Woche verbrachte und während der er sich sehr wohl gefühlt hatte^{2,3}. Auf der Fahrt wurde er von Fokker begleitet⁴, der *nicht* mit ihm nach Berlin gehen wollte, wie er sich rückblickend erinnerte:

F: [...] And he [Einstein] went to Berlin with reluctance; he didn't like the spirit of the Germans. So he didn't encourage me to follow him to Berlin, and I didn't like the idea of going to Berlin either, so that was the end of our - -⁵.

JLH: The question came up and you did discuss whether to go on to Berlin with Einstein?

F: Yes, we discussed it, but not very seriously, and I had some inclination to the other side [England] too. [...] ⁶

In Leiden berichtete Einstein über seine aktuelle Arbeit, während sein Hausrat von Zürich nach Berlin gebracht wurde.⁷ Schon kurze Zeit später besuchte Ehrenfest ihn für eine Woche in Berlin, wo es in ihren Gesprächen neben Quantentheorie auch um das Thema Gravitation ging.⁸

Mit Einsteins Weggang war dem Züricher Kolloquium ein Ende bereitet. Nach Yavelov hatte sich dort bis zu dieser Zeit eine "micro-community" gebildet, die eine "gravitation

¹Einsteins Plan nach Leiden zu reisen hatte Fokker Lorentz schon in seinem Brief vom 04.12.1913 angekündigt: "Einstein mentioned his plan to travel to Haarlem in order to hear your opinion and criticism of his theory, which would be very important to him. This would occur next spring after he arrives in Berlin when his time will be all his own." (Original: „Einstein spraak mij van zijn plan, om, als hij in het a.s. voorjaar, in Berlijn aangekomen, allen tijd voor zichzelf zal hebben, naar Haarlem te reizen om uw oordeel en kritiek op zijne theorie te hooren, waar hem veel aan gelegen zou zijn“, Fokker an Lorentz, 04.12.1913, RNH, [Einstein93, Doc 490], EA 76-200) Seine Freude über den bevorstehenden Besuch brachte er in mehreren kurzen Briefen an Ehrenfest zum Ausdruck, etwa vor dem 10.03.1914, [Einstein93, Doc 512], EA 9-346 oder 19.03.1914, [Einstein93, Doc 515], EA 9-335.

²Einstein an Ehrenfest, vor dem 10.04.1914, [Einstein98, Doc 2], EA 9-348

³[Klein85, S. 296], es war die Woche vom 23.-29.03.1914, siehe [Fölsing95, S. 380f]. Nach diesem Besuch waren Ehrenfest und Einstein „per Du“, vgl. die entsprechenden Briefe, [vanDelft06, S. 58].

⁴Sie hatten sich in Basel auf dem Bahnhof getroffen: „Samstag Morgen habe ich ein Rendezvous mit Einstein im Bahnhof von Basel, von wo wir gemeinsam und gemütlich die Reise nach Holland antreten werden“ (meine Übersetzung von: „Zaterdagavond heb ik met Einstein een rendez-vous in het station te Basel, vanwaar wij gezamenlijk en genoegelijk de reis naar Holland zullen aanvaarden.“, Fokker an Lorentz, 20.03.1914).

⁵Diese Striche deuten anscheinend eine unverständliche Stelle auf dem Band an.

⁶[Fokker63, S. 8]. Im November 1913 hatte Einstein an Ehrenfest geschrieben: „Da mir aber das Zusammenarbeiten sehr gefällt, [w]erde ich um einen Assistenten ersuchen. Erhalte ich ihn, so will ich gerne einen der beiden Herrn nehmen, ob Droste oder Fokker, weiß ich nicht. Fokker gefällt mir sehr und ist recht tüchtig. Man sieht hauptsächlich die ausgezeichnete Schulung von Lorentz an ihm. Von Droste versichern Sie mir dasselbe. Also weiss ich nicht, wen ich vorziehen müsste.“, [Einstein93, Doc 484], EA 9-344. Ehrenfest hatte Fokker davon abgeraten, direkt zu Einstein zu gehen: „Ich glaube auch, dass Sie von Einstein in seiner ersten Berliner Zeit wenig haben werden. - Ein kurzer Aufenthalt in England wird Ihnen hingegen sicher sehr viel unerwartete Anregung geben.“, Ehrenfest an Fokker, 23.01.1914, MBL2.

⁷[Klein85, S. 296]

⁸[Klein85, S. 297]. Der Besuch fand vom 29.05.-04.06.1914 statt, siehe [Einstein98, Doc 11, Fn2], auch Doc 10.

school” hätte werden können, zumal es so schien, dass Lorentz und Ehrenfest darauf vorbereitet waren, weitere Studenten nach Zürich zu schicken.¹ Stattdessen blühte die Relativitätstheorie nun in Leiden auf.

Bereits 1911 hatte Einstein bei seinem ersten Besuch in Leiden mit Lorentz das Thema Gravitation angesprochen. Er hatte dort auf Einladung der Studentenvereinigung am 10.02.1911 einen Vortrag gehalten und war von Lorentz eingeladen worden, bei ihm zu Hause zu logieren.² Schaut man sich die Briefe zwischen beiden aus dieser Zeit (und seit Beginn ihrer Korrespondenz 1909³) an, dann war der Inhalt im Wesentlichen auf Strahlungsfragen beschränkt gewesen.⁴ Dass aber bei ihren ersten Zusammentreffen auch Gravitation ein Thema war, kann man dem Brief von Lorentz an Einstein vom 15.09.1923 entnehmen. In diesem bedankte er sich für Einsteins Glückwünsche zu seinem 70. Geburtstag und erinnerte an eben diese ersten Zusammenkünfte:

Ich erinnere mich noch lebhaft, wie Sie mir vor mehr als 13 Jahren in meinem Zimmer in Leiden auseinandersetzen, meine Uhr würde etwas rascher gehen, wenn sie sich nahe der Decke befände. Das war der Anfang mancher Belehrung und so hat die Umwälzung in unserer Wissenschaft, die wir Ihnen verdanken, viel dazu beigetragen, mich jung zu erhalten.⁵

In ihrem Briefwechsel (zumindest in dem erhaltenen Teil) wurde das Thema Gravitation erstmals im Februar 1912 angesprochen, wo Einstein „[ü]ber zwei seit unserem letzten Zusammensein⁶ ausgeschlüpfte kleine Eier“ berichtete.⁷ Er deutete in wenigen Sätzen einige Dinge zur „Beziehung Gravitationsfeld—Beschleunigungsfeld—Lichtgeschwindigkeit“ an, also zu seiner Arbeit „Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes“⁸. Leider sind aus den nachfolgenden anderthalb Jahren keine Briefe zwischen beiden verfügbar, erst aus August 1913 sind die nächsten Briefe bekannt, in denen dann bereits die Entwurftheorie behandelt wurde.⁹

Dass sich Lorentz in der Zwischenzeit auch mit Einsteins Vorgänger-Arbeiten zum

¹[Yavelov02, S. 286]

²Einstein an Lorentz, 27.01.1911, [Einstein93, Doc 250], siehe auch [deHaas Lorentz57, S. 103].

³Der erste (erhaltene) Brief von Einstein ist datiert auf den 30.03.1909, siehe [Einstein93, Doc 146]. Schon vor ihrem ersten Zusammentreffen hatte Einstein seine Bewunderung und Verehrung für Lorentz geäußert, so wie es folgende berühmte Stelle aus einem Brief an Jakob Laub vom 19.05.1909 zeigt: „Ich bewundere diesen Mann wie keinen anderen, ich möchte sagen, ich liebe ihn.“, [Einstein93, Doc 161]. Zum Verhältnis der beiden siehe etwa [Kox93a].

⁴[Kox93a, S. 46]. Die zugehörigen Briefe sind Doc. 146, 149, 153, 163, 250, 254, 313, (316), (318), (320) aus [Einstein93].

⁵Lorentz an Einstein, 15.09.1923, EA 16-557

⁶Dies war beim ersten Solvay Kongress in Brüssel Anfang November 1911.

⁷Einstein an Lorentz, 18.02.1912, [Einstein93, Doc 360]. Die Thematik der Lorentz-Nachfolge, die in diesem Brief ebenfalls zur Sprache kam, lasse ich hier bewusst beiseite, siehe dafür [Kox93a, S. 53f] oder [Klein85, S. 183ff] und auch Doc. 359.

⁸[Einstein12a]. Dazu siehe z. B. die editorial note “Einstein on gravitation and relativity: The static field”, [Einstein95, S. 122-8].

⁹Einstein an Lorentz, 14. bzw. 16.08.1913, [Einstein93, Doc 467, 470]

Entwurf beschäftigt hatte¹, kann man zunächst seinen drei Vorträgen „Het Relativiteitsbeginsel“ (Das Relativitätsprinzip) entnehmen, die er im März 1913 in der Teyler Stiftung gehalten hatte.² Diese Vorträge (im Folgenden als „Vortrag“ bezeichnet, da zusammenhängend veröffentlicht) haben, wie mir scheint, sowohl in ihrer Zeit als auch in der wissenschaftshistorischen Literatur wenig Beachtung gefunden. Letzteres mag auch daran liegen, dass er nicht in Lorentz’ „Gesammelten Werken“ aufgenommen wurde.³ In diesem Vortrag äußerte er am Ende seine Bewunderung für Einstein:

Wie die Entscheidung [für oder gegen Einsteins Ideen] aber auch ausfallen sollte, man muss Bewunderung hegen für den Scharfsinn, mit dem Einstein alle diese Möglichkeiten ausgedacht hat.⁴

Thematisiert wurden die Spezielle Relativitätstheorie von 1905 bis hin zu Einsteins Arbeiten zur Gravitationstheorie von 1912.⁵ Er begann mit einer kurzen Einführung über Ideen zum Lichtäther und kam vom negativen Michelson Versuch über die de Sitter-sche Doppelsternbetrachtung dann zur Kontraktionshypothese.⁶ Ausgehend von zwei gleichförmig gegeneinander bewegten Beobachtern A und B zeigte er nach Ableitung der Lorentz-Transformationen für diesen Spezialfall die Gleichwertigkeit beider Systeme und dass man für $c \rightarrow \infty$ zur klassischen, Newtonschen Mechanik übergeht. Nach der Betrachtung von Längenkontraktion, Zeitdilatation und Dopplereffekt widmete er sich der Elektrodynamik, die er unter Hinweis u.a. auf die Experimente von Bucherer und Kaufmann⁷, die günstig für den Nachweis des RP ausfielen, abschloss.⁸

Im folgenden Teil, der einer Passage aus seinen Wolfskehl-Vorträgen von 1910 sehr ähnelt (siehe Abschnitt 2.1.1)⁹, untersuchte er wie in diesen die Frage, unter welchen

¹Die SRT, früher auch „Lorentz-Einstein Theory“ lasse ich hier zumindest explizit außen vor. In diesem Zusammenhang ist übrigens [Nersessian86] sehr interessant wo untersucht wird „Why wasn’t Lorentz Einstein?“, d.h. warum hatte *Einstein* die entscheidende Ideen und nicht *Lorentz*.

²[Lorentz14b] Zwar später veröffentlicht, aber gehalten *vor* dem Erscheinen der Entwurftheorie (Juni) und Einsteins Vortrag in Wien (September) 1913, siehe [Einstein95]. Eine deutsche Übersetzung erschien in [Lorentz14a], eine Rezension Einsteins in [Einstein14c]: „Niemand, der ernstes Interesse an dem Gegenstande hat, sollte die Lektüre des Büchleins versäumen.“

³In [Lorentz39] wurde er zwar aufgelistet, aber nicht abgedruckt. Unter einem speziellen Aspekt wird er in [Illy89] genannt, in [Einstein98] findet man Verweise auf ihn in zwei Fußnoten zu Briefen zwischen Einstein und Lorentz [Einstein98, Doc 122, Fn8, Doc 183, Fn8]. Sowohl in [Einstein95] als auch in [Einstein93] findet sich kein Verweis darauf, ebenso wenig wie in [Kox88], [Kox93a] oder [Kox92].

⁴[Lorentz14a, S. 40], Original: „Hoe echter de beslissing moge uitvallen, men moet bewondering gevoelen voor het vernuft, waarmede EINSTEIN al deze mogelijkheden heeft uitgedacht.“, [Lorentz14b, S. 46]

⁵Er referenzierte folgende Arbeiten von Einstein: [Einstein05], [Einstein11], [Einstein12a], [Einstein12b]. Dass er die im Entstehen begriffene Gravitationstheorie behandelte wurde in der Rezension von Lampe im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* **45**, S. 1121 nicht wirklich erwähnt.

⁶Siehe auch Abschnitt 2.2.1.

⁷Zu den Experimenten siehe z. B. [Miller81, S. 341-52].

⁸„Eine endgültige Entscheidung ist noch nicht erreicht worden, aber vorläufig sieht es wohl günstig für das Relativitätsprinzip aus.“ [Lorentz14a, S. 17], Original „Eene definitieve beslissing is nog niet bereikt, maar het ziet er voorshands wel het gunstigst uit voor het relativiteitsbeginsel.“, [Lorentz14b, S. 20]

⁹2. Vortrag und Anfang des 3. Vortrags [Lorentz10, S. 1236-1240]

Bedingungen das RP für die Bewegungen im Sonnensystem gültig sei. Dabei führte er aus, dass das Newtonsche Gravitationsgesetz modifiziert werden müsse um es mit dem RP in Einklang bringen zu können, und gab dasselbe von Poincaré stammende modifizierte Gesetz wie 1910 an, mit welchem allerdings der Verlust der Gesetzmäßigkeit $\text{Actio} = \text{Reactio}$ einhergehe. Zu prüfen, ob dieses Gesetz der Realität entspreche sei eine weitere Möglichkeit, die Gültigkeit des RP zu verifizieren. Dies habe de Sitter 1911 bereits versucht (siehe auch Abschnitt 2.1.1), dabei allerdings festgestellt, dass die Genauigkeit der Messungen um das zehnfache gesteigert werden müsse, um eine Entscheidung treffen zu können.¹ Eine Folgerung aus dem modifizierten Gesetz, das Fortschreiten des Merkurperihel, werde tatsächlich beobachtet. Allerdings sei die Vorhersage von $7,15''$ wie von de Sitter berechnet, weit von den beobachteten $44''$ pro Jahrhundert entfernt, sodass von einem Beweis nicht gesprochen werden könne.²

Nachdem er auch die Möglichkeit, das RP durch Beobachtung der Verdunkelungen der Jupitermonde zu prüfen wie 1910 aufgeführt hatte³, stellte er die Frage, die er in Göttingen dem Abschnitt über das RP indirekt vorangestellt hatte⁴: Einmal angenommen, das RP wäre bewiesen, welchen Wert müssten wir ihm zuerkennen? Er argumentierte mit Hilfe der bereits eingeführten Beobachter A und B, dass z. B. die Frage, wer von beiden sich bewege und wer stillstehe ohne die Annahme/Existenz eines Äthers keinen Sinn mache. Für weitere, ähnliche Fragestellungen wäre dies ebenso – erst ein *absoluter* Bezug löse Widersprüchliches auf. Für ihn sei daher die alte Auffassung von einem substanziellen Äther, einer vom Raum getrennten Zeit und der Möglichkeit absoluter Gleichzeitigkeit die befriedigendere (was er zeitlebens so beibehielt).⁵

Nach längeren Betrachtungen über die Einsteinsche Beziehung zwischen Energie und Masse, der Massenzunahme und den Impuls gelangte Lorentz schließlich zu Einsteins Gedanken über Gravitation. Zunächst stellte er fest, dass das RP nicht für rotierende oder beschleunigt gegeneinander bewegte Systeme gelte und führte dies an einem Beispiel aus. Er gab an, was unter einem gleichmäßig beschleunigten Bezugssystem verstanden werden soll und hatte damit die Grundlage geschaffen um Einsteins Äquivalenzprinzip und dessen Nutzen als heuristisches Werkzeug zu erläutern. Zur Verdeutlichung verwendete er als Beispiel zwei parallel ausgerichteter Bezugssysteme x, y, z bzw. x', y', z' , von denen das gestrichene in Richtung der z -Achse beschleunigt werde.⁶ Lorentz zeigte, dass man mit Hilfe diesen Werkzeugs ableiten kann, dass Lichtstrahlen von einem Gravitationsfeld gekrümmt werden und weiter, dass Schwingungen einer Lichtquelle schneller werden, je weiter sie im Gravitationsfeld von der erzeugenden Masse entfernt sind. Diese beiden Folgerungen seien experimentell überprüfbar und man sollte geschickterweise ein

¹[deSitter11c]

²„Tatsächlich kann man also von einer Bestätigung hier nicht reden.“ [Lorentz14a, S. 20], Original „Feitelijk kan dus hier van eene bevestiging niet gesproken worden.“, [Lorentz14b, S. 24]

³[Lorentz14b, S.24f] resp. [Lorentz10, S. 1240]

⁴[Lorentz10, S. 1236]

⁵[Kox89, S. 201]

⁶An dieser Stelle verwies er auf die vorgenannten Arbeiten Einsteins von 1911 und 1912. In der deutschen Übersetzung wurden weitere Arbeiten Einsteins zitiert, darunter [Einstein14e] und [Einstein13], die in der Zwischenzeit erschienen waren.

starkes Feld wie das der Sonne dabei verwenden (für die Lichtablenkung gab er den sog. „halben Wert“ am Rand der Sonne, 0,83", an, wie er von Einstein 1911 berechnet worden war):¹ „Die Astronomen werden dieses gewiß gelegentlich der Prüfung unterziehen.“² Dies bezog er aber nur auf die Lichtablenkung, da er bei der vorhergesagten Änderung der Wellenlängen (Gravitationsrotverschiebung) nicht sicher war, ob die bestehenden Wahrnehmungen dafür oder dagegen sprächen, zumal der Effekt ein sehr kleiner sei.

Da seine vorhergehenden Rechnungen nur Näherungen waren, gab er noch genauere Gleichungen für die Bewegung seiner Bezugssysteme x, y, z und x', y', z' an.³ Für die Geschwindigkeit des gestrichenen Systems vom ungestrichenen System aus betrachtet zeigte er, dass diese nicht unbeschränkt wachsen könne sondern für $t \rightarrow \infty$ gegen c konvergiere.⁴ Ebenso zeigte er, dass die Beschleunigung g für verschiedene Höhen im gestrichenen System unterschiedlich sei – je höher, je geringer.⁵

Bevor er den Vortrag mit dem bereits zitierten Lob für Einstein abschloss, ging er noch auf die Fragen ein ob Energie Gewicht habe und ob durch erhöhen der Energie eines Körpers auch dessen Gravitationskraft wachse.

Ich habe hier den Inhalt des Lorentzschen Vortrags aus zwei Gründen skizziert. Zum einen sieht man sehr deutlich, dass Lorentz sich mit Einsteins Ideen zur Gravitation bereits *vor der Entwurftheorie* beschäftigt hatte.⁶ Dies wird in der Literatur meist nicht oder nur kurz erwähnt, da sich das Hauptaugenmerk auf Lorentz' Beiträge zur fertigen ART richtet (ganz analog der Aufmerksamkeit zu de Sitter).⁷

Zum anderen ist belegbar, dass de Sitter spätestens Anfang 1914 diesen Artikel kannte – er also mindestens über die Ideen Einsteins informiert war, die durch Lorentz darin behandelt wurden. In seinem Notizbuch S2 findet sich ein Eintrag vom 05.01.1914, der wie folgt beginnt:

Anlässlich Einstein's Gravitationstheorie.

1. Bemerkungen zu Lorentz Vorlesungen in Teylers Genossenschaft.⁸

¹[Lorentz14b, S. 41], [Einstein11, S. 908]

²[Lorentz14a, S. 36], Original „De astronomen zullen dit zeker bij gelegenheid op de proef stellen.“, [Lorentz14b, S. 42]. Einstein hatte nach Berechnung der Ablenkung am Sonnenrand 1911 bemerkt: „Es wäre dringend zu wünschen, daß sich die Astronomen der hier aufgerollten Frage annähmen, auch wenn die im vorigen gegebenen Überlegungen ungenügend fundiert oder gar abenteuerlich erscheinen sollten.“, [Einstein11, S. 908].

³[Lorentz14b, S. 42-43]. Er verwies hier auch auf das niederländische Original von [Ehrenfest13].

⁴Geschwindigkeit: $\frac{dz}{dt} = \frac{c^2 t}{\sqrt{(z' - z'_0)^2 + c^2 t^2}}$

⁵Beschleunigung: $g = \left(\frac{d^2 z}{dt^2}\right)_{t=0} = \frac{c^2}{z' - z'_0}$

⁶In England kannte Cunningham ebenfalls Einsteins neuere Ideen, hatte sie aber nicht in sein Buch *The Principle of Relativity* aufgenommen: „No attempt has been made to present the highly speculative attempt of Einstein at a generalization of the principle in connection with a physical theory of gravitation.“, [Cunningham14, S. vi].

⁷z. B. [McCormmach80] oder [Kox89]

⁸Meine Übersetzung von: „Naar aanleiding van Einstein's gravitatie theorie. 1. Opmerkingen bij Lorentz's lezingen in Teyler's genootschap.“, S2, S. 122, Box 21C.

Diese Zeilen (siehe Abbildung 3.1) und die darauf folgenden Seiten der Notizen sind umso interessanter, da bislang darüber nichts bekannt war, ob und in welchem Umfang de Sitter bereits vor Fertigstellung der ART mit ihren Vorläufern bekannt oder vertraut war.

Auf etwa einer dreiviertel Seite hatte er sich mit der von Lorentz dort angegebenen Beschleunigung g (Bezugssysteme x, y, z und x', y', z') auseinandergesetzt. Im Unterschied zu Lorentz berechnete er g nicht für $t = 0$ sondern für beliebige t , was ihn zu der Folgerung führte, dass g sich bei wachsendem t oder t' ändern würde.¹ Außerdem folgerte er: „Ferner muss die Bewegung überall entgegen der Schwerkraft gerichtet sein, also radial vom Zentrum der Erde weg. Das ist allerdings absolut unbegreiflich.“² Das Konzept Einsteins war für ihn zu diesem Zeitpunkt wohl noch nicht überzeugend oder verständlich genug. Dennoch beschäftigte er sich in den Notizen weiter mit Einstein – er notierte sich nämlich diese Frage: „Aber ist dies Einsteins letztes Wort?“³ und beantwortete sie mit dem Verweis auf Einsteins „Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems“ (1913), dem Vortrag, den Einstein anlässlich der 85. Versammlung der Gesellschaft der Deutschen Naturforscher und Ärzte in Wien gehalten hatte.⁴ In diesem Vortrag hatte Einstein seine Ideen hinsichtlich einer neuen Theorie der Gravitation erläutert. Er erwähnte dabei u.a. die Theorien von Abraham und Nordström (dessen Theorie er als einzige als konkurrenzfähig zu seiner eigenen ansah⁵) und zeigte die groben Züge seiner mit Grossmann entwickelten Entwurftheorie auf. Spätestens mit der Lektüre dieser Rede war de Sitter auch über die Existenz dieser Theorien, insbesondere der Entwurftheorie, informiert gewesen, wenn er nicht bereits früher durch Gespräche mit Ehrenfest oder Lorentz davon erfahren hatte.⁶

Diese scheint für ihn ansprechender gewesen zu sein, denn auf den folgenden neun Seiten des Notizbuches berechnete er im Wesentlichen⁷, welche Störungen sich vor allem für die Perihelie unter der Annahme der Entwurftheorie für Bahnen von Himmelskörpern ergeben würden (detaillierter dargestellt in Abschnitt 5.1).

Neben diesen insgesamt zehn Seiten zu Vorläufern der ART konnte ich bislang keine weiteren Notizen dazu finden⁸, und Arbeiten hatte de Sitter vor Fertigstellung der Theo-

¹„ g verandert dus met t' , evenals met t “, S2, S. 122, Box 21C

²Meine Übersetzung von: „Verder moet de beweging overal zijn in de richting tegen de zwaartekracht, dus radieel van het centrum der aarde weg. Dit is wel absoluut onbegrijpelijk.“, S2, S. 122, Box 21C.

³Meine Übersetzung von: „Maar is dit Einstein's laatste woord?“, S2, S. 122, Box 21C.

⁴[Einstein13]

⁵Dazu und auch zu dem Vortrag siehe [Norton92].

⁶Einsteins Rede war (ergänzt um den Abdruck der nach der Rede stattgefundenen Diskussion, in der u.a. G. Mie kritische Anmerkungen machte und auf seine eigene Theorie hinwies) in der Physikalischen Zeitschrift genau vor [deSitter13] abgedruckt. War es also dieser Umstand, der de Sitter zur Kenntnis Einsteins neuer Ideen verhalf oder war er bereits früher (vielleicht durch Lorentz) damit in Kontakt gekommen? In seiner Rede als Rector Magnificus im Jahr 1926 erwähnte de Sitter explizit auch die Entwurftheorie, als er einige Entwicklungen der Wissenschaft aufzählte, siehe [deSitter26c, S. 6].

⁷Auf den Seiten 128/9 befindet sich eine Betrachtung zur Zeit „Over den tijd“ vom 10.01.1914.

⁸Erst eine intensive und umfassende Durchsicht des wissenschaftlichen de Sitter Nachlasses würde die Frage der Existenz weiterer Dokumente klären können.

rie durch Einstein dazu ebenfalls nicht publiziert. Eine mögliche Erklärung dafür findet sich scheinbar am Ende der Notizen. Anschließend an seine Berechnungen zu vorhandenen bzw. detektierbaren Störungen in den Bahnen der Planeten nach der Entwurftheorie (s.u.) gab de Sitter selbst eine Begründung: Er fand die Theorie zu kompliziert und vor allem *anti-relativ*!

Auf jeden Fall sind die Gleichungen von Einstein sehr kompliziert und echt physisch: Außerordentlich unbrauchbar für astronomisch[e] Problem[e]. Die Art von was ich „physisch“ nenne ist, dass hier „Feld“gleichungen aufgestellt worden sind etc., d.h. Gleichungen relativ in Hinsicht auf ein absolutes Koordinatensystem („die Wände des Labors“ oder so etwas) und nicht von dem einen Körper relativ in Hinsicht zu dem Anderen. Die Neigung ein „Feld“ in der Gleichung wählen zu wollen an Stelle von einer „Kraft“ ist anti-relativ und ist der Äthertheorie entlehnt.¹

Man sieht also sehr schön, dass zu diesem Zeitpunkt die Theorie Einsteins für ihn zwar interessanter war als die Vorüberlegungen von 1911/12, sie aber nicht nur aufgrund der Kompliziertheit für ihn nicht in Frage kam.

Aufgrund eines Briefes von de Sitter an Lorentz vom 14.05.1914 ist weiterhin klar, dass die beiden sich über Einsteins Entwurftheorie ausgetauscht hatten.² In diesem Brief hatte de Sitter Lorentz die Formel für die Periheldrehung mitgeteilt, die sich für die Entwurftheorie ergab und auch den konkreten Wert für Merkur, 18", angegeben (siehe dazu Abschnitt 5.1). Aus dieser Zeit sind bislang leider nur zwei Briefe zwischen Lorentz und de Sitter bekannt (ähnlich wie aus der Korrespondenz zwischen Lorentz und Einstein), und der zweite Brief von de Sitter vom 04.06.1914 behandelt neben Gehaltsfragen keine wissenschaftlichen Inhalte.

Lorentz hatte schon eher damit begonnen, bereits 1913, nicht lange nach der Veröffentlichung von Einstein und Grossmanns „Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation“³, sich mit dieser zu befassen. In seinen Notizbüchern finden sich viele Seiten mit Rechnungen in denen er versuchte, die mathematischen Inhalte zu erfassen und die Konsequenzen aus der Theorie zu überprüfen.⁴ Leider sind aus dieser Zeit nur zwei Briefe zwischen Lorentz und Einstein erhalten⁵, diesen kann man, neben Bemerkungen zur Entwurftheorie entnehmen, dass Einstein sehr erfreut über Lorentz' Beschäftigung mit seinen Ideen war: „Nun zur Gravitation. Ich bin beglückt darüber, dass Sie mit solcher Wärme sich unserer Untersuchung annehmen.“⁶

¹Meine Übersetzung von: „In elk geval zijn de vergelijkingen van Einstein zeer ingewikkeld en echt physisch: uitermaate onbruikbaar voor astronomisch probleem. De aard van wat ik „physisch“ noem hier is dat „veld“ vergelijkingen worden opgesteld etc.: d.i. vergelijkingen relatief ter opzichte van een absoluut koordinatenstelsel („de wanden van het laboratorium“ of zoo iets) en niet van het eene licham relatief ter opzichte van het andere. Den neiging om een „veld“ in vergelijking te wille keuzen(?) in plaats van een(?) „kracht“ is anti-relatief, en is ontleend an de ~~aeth~~ ~~vast~~ aethertheorie.“, S2, Box 21C, S. 130.

²de Sitter an Lorentz, 14.05.1914, RNH.

³[Einstein14e]

⁴[Kox89, S. 201f]

⁵Einstein an Lorentz, 14.08.1913 [Einstein93, Doc 467] sowie 16.08.1913 [Einstein93, Doc 470]

⁶Einstein an Lorentz, 14.08.1913, [Einstein93, Doc 467], EA 16-432

Zudem war er mit den Feldgleichungen noch nicht ganz zufrieden: „*Aber die Gravitationsgleichungen selbst haben die Eigenschaft der allgemeinen Kovarianz leider nicht.*“¹ Obwohl Lorentz sich mit der Entwurftheorie (und auch deren Vorläufern) intensiv beschäftigt hatte, veröffentlichte er dazu wenige „tiefgründige“ Artikel (so wie er sie später zur ART verfasst hatte). Der bereits erwähnte Vortrag in der Teyler Stiftung² war eher „allgemeinverständlich“ gehalten und auch sein Artikel „La Gravitation“³ (s.u.), in dem der Entwurf eine Rolle spielt und der einige Parallelen zu Einsteins „Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems“⁴ aufwies⁵, war auf ähnlichem Level angesiedelt. Lediglich sein „Het beginsel van HAMILTON in EINSTEIN’S theorie der zwaartekracht“ von 1915 hatte ein deutlich höheres technisches Niveau.

Dies könnte ähnliche Gründe gehabt haben wie Lorentz Verzicht auf die Veröffentlichung seiner Vorlesungen über Relativität, wie von Fokker später berichtet wurde:

JLH: You began your work in relativity just after the war?

F: Yes. Well, when I went to Zurich. Of course I (???). I had also edited the lectures of Lorentz on relativity, and then Lorentz also gave the theory of gravitation in his lectures on the basis of the restrained, restricted relativity theory. But we did agree not to publish it because when I had written the chapter on that, well, then the theory of Einstein had come out. It had not been out previously. The Lorentz said, “Well, there’s no use in publishing this; it’s disrupted.” But there it began.⁶

In „La Gravitation“ hatte Lorentz sich hauptsächlich mit Einsteins Theorien „sans entrer dans le détail des calculs mathématiques“ befasst um „une idée générale de ces vues nouvelles“ zu geben.⁷ Da dieser Artikel meines Erachtens in der Literatur ebenso spärlich behandelt worden ist wie die zuvor beschriebenen Vorträge „Het Relativiteitsbeginsel“ (es wird wie gesagt meist nur die ART und der Zeitraum ab 1915 betrachtet), stelle ich nachfolgend in groben Zügen den Inhalt vor.⁸

Nach einer anfänglichen Bemerkung zu den herausragenden Eigenschaften der Gravitation, die sehr an de Sitters diesbezügliche Anmerkungen aus seiner Antrittsrede erinnern⁹ (siehe Abschnitt 2.1 bzw. A.4) ging er zunächst auf die Möglichkeit seiner elektromagnetischen Erklärung der Gravitation ein, welche einerseits wegen mangelnder

¹Einstein an Lorentz, 14.08.1913, [Einstein93, Doc 467], EA 16-432, Hervorhebung im Original

²[Lorentz14b]

³[Lorentz14c]

⁴Gehalten am 23.09.1913, veröffentlicht am 15.12.1913.

⁵Dies wurde in [Illy89, S. 253] bemerkt.

⁶[Fokker63, S. 12]

⁷In einer Fußnote erwähnte er zwar die Theorien von Abraham, Nordström und Mie, ging aber auf diese nicht weiter ein, [Lorentz14c, S. 29].

⁸Dies beziehe ich ebenso auf die Zeit aus der er stammt wie auf die aktuellere wissenschaftshistorische Literatur. In den CPAE 4-8 gibt es keinen Verweis darauf, weshalb ich auf ein geringes Interesse im Einsteinschen Umfeld schließe. Eine knappe Inhaltsangabe fand sich im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* 45, S. 1121 wo auch erwähnt wurde, dass Lorentz darin „die endgültige [sic!] Theorie von Einstein und Grossmann“ behandelt. Lediglich in [Illy89, S. 251-3] wird immerhin ein Teil des Inhalts thematisiert, was den Charakter der Übersicht und den Inhalt m. E. aber etwas verschleiert (s.u.).

⁹Auszugsweise: „Le poids d’un corps ne change pas quand la matière qui le compose passe d’un état à

astronomischer Nachweisbarkeit¹, andererseits wegen Nichterfüllung des Einsteinschen RP fallen gelassen werden musste. Mittels zweier zueinander gleichförmig bewegter Beobachter A und B führte er dann die Effekte Zeitdilatation und Längenkontraktion ein (ohne diese Benennung), formulierte das RP und gab die Transformation an, welche man zur Überführung von A nach B verwenden könne (Lorentztransformation).² Er wies dabei darauf hin dass das RP die Unmöglichkeit impliziere, die Bewegung eines Körpers gegenüber dem Äther festzustellen.³ Er betonte, dass es sich bei dem RP um eine „hypothèse physique“ handle, die per Beobachtung bewiesen oder widerlegt werden müsse. In diesem Zusammenhang folgte kurz die Erwähnung einer weiteren Gravitationstheorie, wie sie von Minkowski und Poincaré aufgestellt worden war. De Sitter habe die aus ihr resultierenden Abweichungen berechnet und für den Merkurperihel 7" gefunden, welche vollständig aus der neuen Impulsdefinition herrührten.⁴ Danach begann seine Erörterung der Einsteinschen Konzepte zur Gravitation mit dessen Masse-Energie Relation aus der folge, dass Energie ein gewisses Gewicht habe, sich somit der Impuls eines Lichtstrahls im Gravitationsfeld ändere. Wenn man dies akzeptiere, dann könne man zeigen, dass die Lichtgeschwindigkeit im Gravitationsfeld nicht konstant sei⁵ und mit der Höhe wachse.⁶ Anhand des Äquivalenzprinzips zeigte er sodann, dass in einem Gravitationsfeld horizontal ausgesandte Lichtstrahlen eine Krümmung erfahren würden. Diese Konsequenz war die letzte, die Lorentz für Einsteins „théorie provisoire“ angab, denn er ging nun über zur „théorie définitive“, wie er dessen Entwurftheorie hier benannte: „Il est vrai que la beauté de cette doctrine a été obtenue au prix d'une grande complication.“⁷ Damit meinte er die zehn g_{ij} , die an die Stelle eines Potentials traten. Für den Rest des Artikels ging er genauer auf die „definitive“ Theorie ein, die damit 15 von insgesamt 32 Seiten einnahm und auf denen der Begriff „Kovarianz“ jedoch nicht fiel.⁸

Seine Darstellung war überwiegend in Prosa gehalten (wie bereits das Vorhergehende) und es wurden kaum Gleichungen verwendet, vor allem keine tensoriellen. Er beschrieb zunächst, dass die Bewegungsgleichung eines materiellen Punktes sich aus einem Hamiltonschen Prinzip ableite und die zehn Größen enthalte, ferner die Lichtgeschwindigkeit abhängig von der Position im Gravitationsfeld sei. Für „systèmes moléculaires et des milieux continus“⁹ sein Einstein mehr ins Detail gegangen. Es gebe dann drei Gleichun-

un autre, en subissant même les transformations chimiques les plus profondes, et pour tous les corps l'accélération de la chute dans le vide est exactement la même. [...] En un mot, on ne peut rien changer à la gravité.“ [Lorentz14c, S. 28]

¹Für den Merkurperihel hatten sich aus Lorentz Theorie nur etwa ein Zehntel, nämlich 4" ergeben und zudem liege in Seeligers Zodiakallichttheorie eine gute Erklärung vor, [Lorentz14c, S. 32].

²[Lorentz14c, S. 33-7]

³[Lorentz14c, S. 37]

⁴[Lorentz14c, S. 40], bezogen auf [deSitter11c]

⁵Im Gegensatz zu Nordströms Theorie.

⁶[Lorentz14c, S. 43]

⁷[Lorentz14c, S. 45]

⁸Illy's Aussage "A part of the paper discussed EINSTEIN's new theory in some detail without even mentioning the term "covariance"", [Illy89, S. 251], erweckt meines Erachtens den Eindruck, es handle sich nur um wenige Seiten.

⁹[Lorentz14c, S. 46]

gen für den Impuls sowie eine für die Energie, wobei in diesen abgeleiteten Gleichungen Ableitungen der „grandeurs caractéristiques“ enthielten, was den Einfluss des Gravitationsfeldes auf Impuls und Energie ausdrücke und gleichzeitig seine Abhängigkeit davon zeige.¹ Die Tatsache, dass die Komponenten des Impulses, die Spannungen und Energieströme gleichermaßen Einfluss auf das Gravitationsfeld haben „montre bien combien la nouvelle théorie de M. Einstein est plus détaillée et plus achevée que sa théorie provisoire.“² Er betonte, dass in den abgeleiteten Gleichungen kein Term materielle Masse repräsentiere, sondern diese sämtlich durch Energie ersetzt sei. Dies sei der erste Teil der neuen Theorie. Umgekehrt müsse man zeigen, wie ein Gravitationsfeld von gegebener Energie abhängt – also ein Ersatz für die Poisson-Gleichung gefunden werden, was Einstein geschafft habe.

Auch wenn Einsteins Gleichungen sehr allgemein seien, so Lorentz, finde man dabei alles, um auch spezielle Probleme damit zu lösen. Man könne etwa die zehn Größen für die Sonne berechnen und daraus die Kraft auf einen Planeten ableiten. Die resultierenden Gleichungen werden im Wesentlichen die Newtonschen aber auch Zusatzterme beinhalten, welche die Geschwindigkeit des Planeten in zweiter Ordnung enthalten.³ Mit Hilfe dieser Kraft könne man nun die Bewegung des Planeten bestimmen. Aufgrund der Ordnung sei schon im Voraus klar, dass das Ergebnis mit dem der „théorie relativiste“ übereinstimmen werde: „Il est donc bien à craindre qu'on n'obtienne pas ainsi ni une confirmation ni une réfutation décisive de la nouvelle théorie.“⁴ Lorentz erwähnte daraufhin weitere Konsequenzen der Theorie, die eine Überprüfung ermöglichen könnten. Zunächst sei da die Krümmung von Lichtstrahlen im Gravitationsfeld der Sonne mit der von Einstein berechneten Ablenkung von $0,83''$, die in der neuen Theorie bestehen bleibe und vielleicht während einer Sonnenfinsternis geprüft werden könne. Ein weiterer von Einstein vorhergesagter Effekt sei die Veränderung der Frequenzen, wenn die Lichtquelle in einem Gravitationsfeld sich befinde. Umso höher die Quelle im Feld, desto mehr sei die Frequenz in Richtung Violett verschoben. Im Gravitationsfeld der Erde sei der Effekt nicht nachweisbar, vielleicht jedoch im Feld der Sonne, wo eine gewisse Rotverschiebung von Sonnenlicht gegenüber irdischen Quellen gemessen wurde. Man habe dies anderen Effekten zugeschrieben, aber vielleicht liege die Ursache ja in dem von Einstein beschriebenen Effekt.⁵

Lorentz gab zu bedenken, dass das Äquivalenzprinzip nicht ganz allgemein gelte. Ein System mit Gravitationsfeld in ein anderes zu transformieren, in dem kein Feld vorhanden sei würde nur die Werte der charakteristischen Größen ändern, nicht jedoch die Gleichung an sich. Für ein stationäres Feld wie das der Sonne ließe sich aber keine Substitution finden, die diese zu $(c_0^2, -1, 0)$ machen würde.⁶ Die Verschiebung von Spektrallinien sei aber dennoch in der Theorie weiterhin vorhanden. Dies zeige den Einfluss der Gravitation auf viele physikalische Vorgänge wie etwa die Dimensionen von Körpern

¹[Lorentz14c, S. 47]

²[Lorentz14c, S. 47]

³[Lorentz14c, S. 48]. Gab es dazu eventuell Austausch mit de Sitter?

⁴[Lorentz14c, S. 49]

⁵[Lorentz14c, S. 51]

⁶[Lorentz14c, S. 51]

oder den Gang von Uhren.

Diesen Einfluss untersuchte er auf den folgenden Seiten genauer. Im Gegensatz zum Vorherigen war es nicht bloß eine Wiedergabe von Einsteins Ideen sondern er brachte auch eigene Gedanken ein. Ausgangspunkt war das stationäre Feld einer unbewegten Masse, etwa der Sonne, die Ursprung eines rechtwinkligen Koordinatensystems sei. Aufgrund des Feldes und dessen Einflusses deckten sich mit Maßstäbe und Uhren gemessene Werte, die er im Verlauf „nominal“ nannte, nicht mit den „speziellen“ (spécial) Werten des Koordinatensystems. Die Frage war nun: „[D]e quelle manière pourra-t-on arriver, malgré ces complications, à la connaissance des valeurs spéciales de t, x, y, z qui figurent dans les équations de M. Einstein?“¹ Für die Zeit war die Lösung einfach, denn per Synchronisation mittels Lichtsignalen ließ sich die „spezielle“ Zeit einer im Unendlichen befindlichen Uhr an alle Stellen des Raumes übertragen. Für Maßstäbe war es nicht so leicht. Da seine Überlegungen dazu bereits von Illy dargestellt wurden (er geht im Übrigen *nur* auf *diese* Passage ein), verzichte ich hier darauf.² Als Ergebnis erhielt Lorentz eine Gleichung, die aufgefasst als Funktion des Abstandes vom Ursprung über die Laplace-Gleichung das Ergebnis lieferte.³

Zum Abschluss widmete er sich noch zwei wichtigen Fragen. Zunächst: Kann das RP aufrecht erhalten werden? Dies beantwortete er mit „ja“ und wies darauf hin, dass hier eine erstaunliche Erweiterung des Prinzips vorliege, denn wenn man etwa die Lichtgeschwindigkeit zweier senkrecht zueinander laufender Strahlen messen würde, dann würde für beide der selbe gemessene Wert $c \neq c_0$ herauskommen. Ihre „spezielle“ Geschwindigkeiten würden hingegen, wenn auch extrem gering - voneinander abweichen.⁴ Die zweite Frage betraf den Äther: Kann man noch von einem Äther als Träger von Elektromagnetischem und Gravitationsfeld sprechen? Auch wenn ersteres durch 6 und letzteres 10 Größen charakterisiert werde schiene es ihm so, dass es nichts gebe, was einen daran hindern könne, diese Felder als durch innere Zustände eines Äthers erzeugt aufzufassen.

Soweit der Inhalt des Artikels im groben Überblick. Aufgrund der Entsprechung von Lorentz' „nominalen“ und „speziellen“ sowie Einsteins „natürlichen“ und „Koordinaten“-Abständen, wie sie Einstein in seinem Wiener Vortrag erwähnte, ist für Illy klar, dass Lorentz den Vortrag gelesen haben musste.⁵

Die Veröffentlichung von „La gravitation“ fiel genau in den Zeitraum, aus dem keine Briefe zwischen Einstein und Lorentz bekannt sind (Mitte August 1913 bis Januar 1915) und in dem nach Kox keine äußeren Anzeichen für eine aktive Beschäftigung Lorentz' mit der RT zu erkennen waren.⁶ Man sieht aber, dass er zumindest *ein wenig* aktiv war, denn auch der bereits erwähnte Brief von de Sitter vom 14.05.1914 stammt aus derselben Epoche. Wieder aktiver wurde er, nachdem Einstein im November 1914

¹[Lorentz14c, S. 53]

²[Illy89, S. 251-3]

³[Lorentz14c, S. 57]

⁴[Lorentz14c, S. 57f]

⁵[Illy89, S. 253]

⁶[Kox89, S. 202]

sein „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“¹ veröffentlicht hatte. Lorentz produzierte in der Folge mehrere hundert Seiten Berechnungen², die schließlich in der Veröffentlichung von „Het beginsel van Hamilton in Einstein's theorie der zwaartekracht“³ im Jahre 1915 mündete, worin er Einsteins Feldgleichungen aus einem Variationsprinzip ableitete. Dass Lorentz trotz darin nicht vorhandener Kritik an den Grundlagen nicht vollständig mit Einstein übereinstimmte, lässt sich ihrem Briefwechsel darüber entnehmen, der kurz vor Veröffentlichung stattfand.⁴ Dies wurde von Kox und Illy bereits genauer analysiert.⁵

Von Lorentz selbst gab es keine weiteren Veröffentlichungen zur Entwurftheorie, wohl aber von seinem Studenten Droste. Droste, von dem Ehrenfest sein Holländisch gelernt hatte⁶, hatte im Dezember 1914 „Over het veld van een enkel centrum in EINSTEIN'S theorie der zwaartekracht“⁷ geschrieben und kurz vor Einsteins Vollendung der endgültigen Feldgleichungen im Oktober 1915 noch eine zweite Masse hinzu genommen in „Het veld van twee bolvormige rustende centra in EINSTEIN'S theorie der zwaartekracht“⁸. In der ersten Arbeit hatte er gemäß ihrem Titel das Gravitationsfeld einer sphärischen Masse berechnet. Er bemerkte einleitend, die Berechnung sei „unvergleichbar viel schwieriger“⁹ in der neuen Theorie als in der Newtonschen, kündigte aber bereits seine Berechnung nach der von Prof. Lorentz mündlich mitgeteilten Methode für zwei Massen an, die er hoffentlich in einer späteren Mitteilung folgen lassen würde. Droste führte die Berechnung der 10 g_{ij} nach Lorentz mittels Ausnutzung von Symmetrieeigenschaften auf die Bestimmung dreier Funktionen s, p, q zurück, die er im folgenden durchführte.¹⁰ Nachdem er das Feld bestimmt hatte, untersuchte er die Bewegung eines Materiepunktes in diesem Feld und gab die den Keplerschen Gesetzen entsprechenden Gleichungen an.¹¹ Er stellte dabei fest, dass bei jedem Umlauf des Massepunktes um das Zentrum eine Verschiebung des Perihels auftrete – unabhängig vom Material der felderzeugenden Masse. Für Merkur, so habe de Sitter nach den durch Lorentz berechneten Bewegungsgleichungen berechnet, betrage dieser Winkel 18" pro Jahrhundert, während die wahrgenommene Bewegung 44" ausmache (zur Periheldrehung des Merkur siehe Abschnitt 5.1).¹² Wie bereits erwähnt, hatte de Sitter Lorentz dieses Ergebnis schriftlich am 14.05.1914 mitgeteilt.

¹[Einstein14b], eingereicht am 29.10.1914

²[Kox89, S. 202]

³[Lorentz15], eingereicht am 30.01.1915, die englische Übersetzung [Lorentz17e] wurde wesentlich später veröffentlicht.

⁴Lorentz an Einstein, 1-23.01.1915 bzw. Einstein an Lorentz, 23.01.1915, [Einstein98, Doc 43, 47]. Darin ging es etwa um allgemeine Kovarianz und die Frage nach Auswahl bevorzugter Koordinatensysteme.

⁵[Kox89, S. 202-4] bzw. [Illy89, S. 253-7]

⁶[Klein85, S. 200]

⁷[Droste15c], englische Übersetzung [Droste15b]

⁸[Droste15a], englische Übersetzung [Droste16b]

⁹Meine Übersetzung von „onvergelijkelijk veel moeilijker“, [Droste15c, S. 969].

¹⁰[Droste15c, S. 970-7]

¹¹1. Keplersches Gesetz: S. 981 (19), 2. Keplersches Gesetz: S. 978 (18), 3. Keplersches Gesetz: S. 981 allerletzte Gleichung

¹²[Droste15c, S. 981]

In der zweiten Arbeit konnte er die Symmetrie des Feldes nicht zur Verringerung der zu bestimmenden Größen nutzen. Daher führte er deren Berechnung nur bis zu der Genauigkeit aus, die ausreichte, um in den Bewegungsgleichungen eines Massenpunktes eine erste Korrektur des Newtonschen Gesetzes zu ermöglichen.¹ Während er für die Bewegungsgleichungen Näherungen verwendete, konnte er bei der Berechnung der Energie und des Drehimpulses (Lagrange) streng vorgehen.² Da in den CPAE, Band 8³ keine direkten Verweise auf diese beiden Veröffentlichungen in den Briefen Einsteins zu finden sind fällt es leider schwer einzuschätzen, ob er diese kannte, wobei er durch seine Kontakte nach Leiden vermutlich schon darüber informiert worden war und zudem der erste Artikel im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* erwähnt worden war.⁴

Neben einer Arbeit von H.K. de Haas, die nicht die Entwurftheorie sondern ein Experiment zum Beweis des RP zum Thema hatte⁵ (und zu der ebenfalls kein Verweis in den Briefen Einsteins existiert) gab es noch eine weitere Arbeit eines Leideners dazu. Fokker hatte „A Summary of Einstein and Grossmann’s Theory of Gravitation“⁶ während seines Aufenthaltes bei Bragg in Leeds im Sommer 1914 verfasst. Erschienen war die Arbeit dann im Januar 1915 im *Philosophical Magazine* und stellte somit die „Einführung“ der britischen Wissenschaftler in die Theorie dar. Weitere Arbeiten von Fokker zur Entwurftheorie gab es nicht, allem Anschein nach weil er 1914 zum Militärdienst einberufen worden war.⁷

Allerdings schienen sein zusammenfassender Artikel und die enthaltene Theorie nicht auf großes Interesse gestoßen zu sein. Weder bei Dirac, Robb, Rutherford oder Bragg, mit denen er wie Sánchez-Ron vermutet während seines Englandaufenthaltes⁸ darüber diskutiert hatte⁹, noch bei Eddington.¹⁰ Dass die Entwurftheorie in der Einführung von Fokker wenig Resonanz fand lag sicher auch daran, dass er schon im zweiten Satz (und auch darüber hinaus mehrfach) betonte, die beobachtbaren Effekte (er erwähnte Lichtablenkung und Rotverschiebung *aber nicht* die Periheldrehung¹¹) wären extrem

¹[Droste15a, S. 749]

²[Droste15a, S. 755f]

³[Einstein98]

⁴Lampe, *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* **45**, S. 1129

⁵Mit Hilfe einer Drehwaage wurde geprüft, ob die Bewegung der Erde durch den Äther in entgegengesetzten Richtungen (morgens und abends) einen Einfluss auf die an der Waage gegenüberliegend angebrachten Kugeln (Platin bzw. Paraffin) habe, siehe [deHaas15] bzw. [deHaas16].

⁶[Fokker15]

⁷siehe Fokker an Lorentz, 04.08.1914

⁸Fokker hatte sich im Sommer 1914 in England bei Rutherford in Manchester und bei Bragg in Leeds aufgehalten, siehe [Snelders89, S. 174]. Lorentz hatte ihm dabei geholfen diesen Aufenthalt zu ermöglichen, siehe den diesbezüglichen ausführlichen Brief von Lorentz an Rutherford, 03.04.1914, CAM2. Siehe auch Lorentz an Rutherford, 16.06.1914, CAM2. Ehrenfest hatte Fokker zu dem Aufenthalt geraten, siehe Ehrenfest an Fokker, 23.01.1914, MBL2.

⁹[Sánchez-Ron92, S. 60]. Leider ist in den mir vorliegenden Briefen aus dieser Zeit von Fokker an Lorentz darüber nichts berichtet, sodass es sich um pure Spekulation handelt. 1916 zeigte Rutherford Interesse, siehe Abschnitt 4.1.

¹⁰[Warwick03, S. 457]

¹¹Entweder hatte Einstein seine Berechnung mit Besso auch Fokker gegenüber verschwiegen oder aber

klein und vermutlich kaum nachweisbar:

Unfortunately, this theory will be of little direct importance to experimental physics. Not because it fails to indicate any experiments which could bring evidence for its validity or non-validity, but because the foreseen effects probably are far too small to be detected by present experimental methods.[...] 2. Notwithstanding the fact that the theory cannot give much hope for new discoveries in experimental physics, it cannot be said to be chiefly a mathematical speculation.¹

Inhaltlich hatte Fokker sich vom Äquivalenzprinzip über Transformationen von einem ruhenden in ein beschleunigtes Koordinatensystem zur Bewegung eines freien Materiepunktes vorgearbeitet, wo er das vierdimensionale Linienelement einführte.² Darauf aufbauend erläuterte er die Potentiale $g_{\mu\nu}$ und die Abhängigkeit von H' von diesen. Nach einer Diskussion der Erhaltungsgesetze führte er kurz in Tensoren (2. Ranges) ein um dann die Feldgleichungen anzugeben.³ Abschließend ging er kurz auf die Relativität der Trägheit ein („Machsches Prinzip“) und schließlich zeigte er auf, inwiefern Einsteins Theorie sich von anderen unterscheidet:⁴

In the absence of experimental evidence, certain points may be laid stress upon which distinguish Einstein's theory from other theories, and give it high intrinsic merits.⁵

Zu diesen Vorzügen zählte er, dass die Lichtgeschwindigkeit keine absolute Konstante mehr und die Trägheit nun relativ sei. Viel wichtiger war für ihn jedoch, dass über die Verallgemeinerung des RP eine Unabhängigkeit der Gleichungen von der Koordinatenwahl erreicht werde, was den Blick auf die „real relations in nature“ frei mache. Auch wenn noch nicht alle Gleichungen für beliebige Transformationen ihre Form behielten, war „[t]he general covariancy of the equations“ für ihn die große Leistung von Einstein und Grossmann.⁶

Für die Fokkersche Arbeit gilt ebenso wie bereits zu den beiden Arbeiten von Droste bemerkt, dass es unklar ist, inwiefern Einstein oder andere Interessierte darüber Kenntnis hatten.⁷ Und auch die Lorentzschen „Het Relativiteitsbeginsel“⁸ und „La Gravitation“⁹ waren anscheinend, wie bereits bemerkt, kaum auf Resonanz gestoßen.¹⁰

er kannte das Ergebnis (von de Sitter?) und hat es bewusst nicht erwähnt. Siehe dazu Abschnitt 5.1.

¹[Fokker15, S. 77/78]

²[Fokker15, 78-85]

³[Fokker15, 86-93]

⁴[Fokker15, 94-96]

⁵[Fokker15, 94]

⁶[Fokker15, S. 96]

⁷In [Einstein93] und [Einstein98] sind keine Verweise darauf zu finden, ebenso in [Einstein96] und [Einstein02]. Über alle Arbeiten wurden jedenfalls im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* **45** durch Lampe berichtet.

⁸[Lorentz14b]

⁹[Lorentz14c]

¹⁰Ich habe dies aus der kaum/nicht vorkommenden Referenzierung in den CPAE geschlossen. Beide waren im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* **45**, S. 1121 aufgeführt und eine kurze Inhaltsangabe war abgedruckt worden.

Überhaupt scheint es in Bezug auf die Entwurftheorie und die ihr vorausgegangenen Entwicklungsschritte sehr wenige Rezeptionsstudien zu geben¹, so wie sie etwa für die SRT und ART reichlich existieren.² Liegt dies möglicherweise daran, dass es einfach keine nennenswerte Rezeption dieser Theorien (abgesehen von der Leidener) gegeben hat und die angesprochenen Dinge bereits alles umfassen? Sicherlich lag und liegt auch insbesondere bei der ART der Fokus stets auf der Aufnahme der endgültigen Theorie, als „falsch“ angesehene Zwischenschritte waren in der Vergangenheit von untergeordnetem Interesse.

¹In [Kox92] wird die Existenz der Arbeiten von Droste und Fokker zum Entwurf erwähnt, in [Warwick03, S. 457-9] immerhin Fokkers Zusammenfassung und in [Kox89] wird kurz Lorentz' Rezeption der frühen Theorien angeschnitten. In [Cattani89b] wird die Rezeption (oder besser Kritik) Abrahams thematisiert und in [Cattani89c] findet sich eine Darstellung der Debatte zwischen Levi-Civita und Einstein aus 1915, ebenso teilweise in [Reeves87].

²Beispielsweise [Glick87b], [Goenner92] oder [Warwick03]. Was die andere Seite betrifft – nämlich Einsteins Weg *hin* zur ART – liegen sehr viele Untersuchungen vor, etwa “Editorial Note: Einstein on Gravitation and Relativity: The Static Field” [Einstein95, S. 122-8], “Editorial Note: Einstein on Gravitation and Relativity: The Collaboration with Marcel Grossmann” [Einstein95, S. 294-301], “Editorial Note: The Einstein-Besso manuscript on the Motion of the Perihelion of Mercury” in [Einstein95, S. 344-59], [Janssen04a], [Pais86, S. 207-39], [Renn99], [Janssen99], [Norton89b, S. 14-9], [Stachel89], [Norton89a], [Stachel02e] oder [Stachel02d].

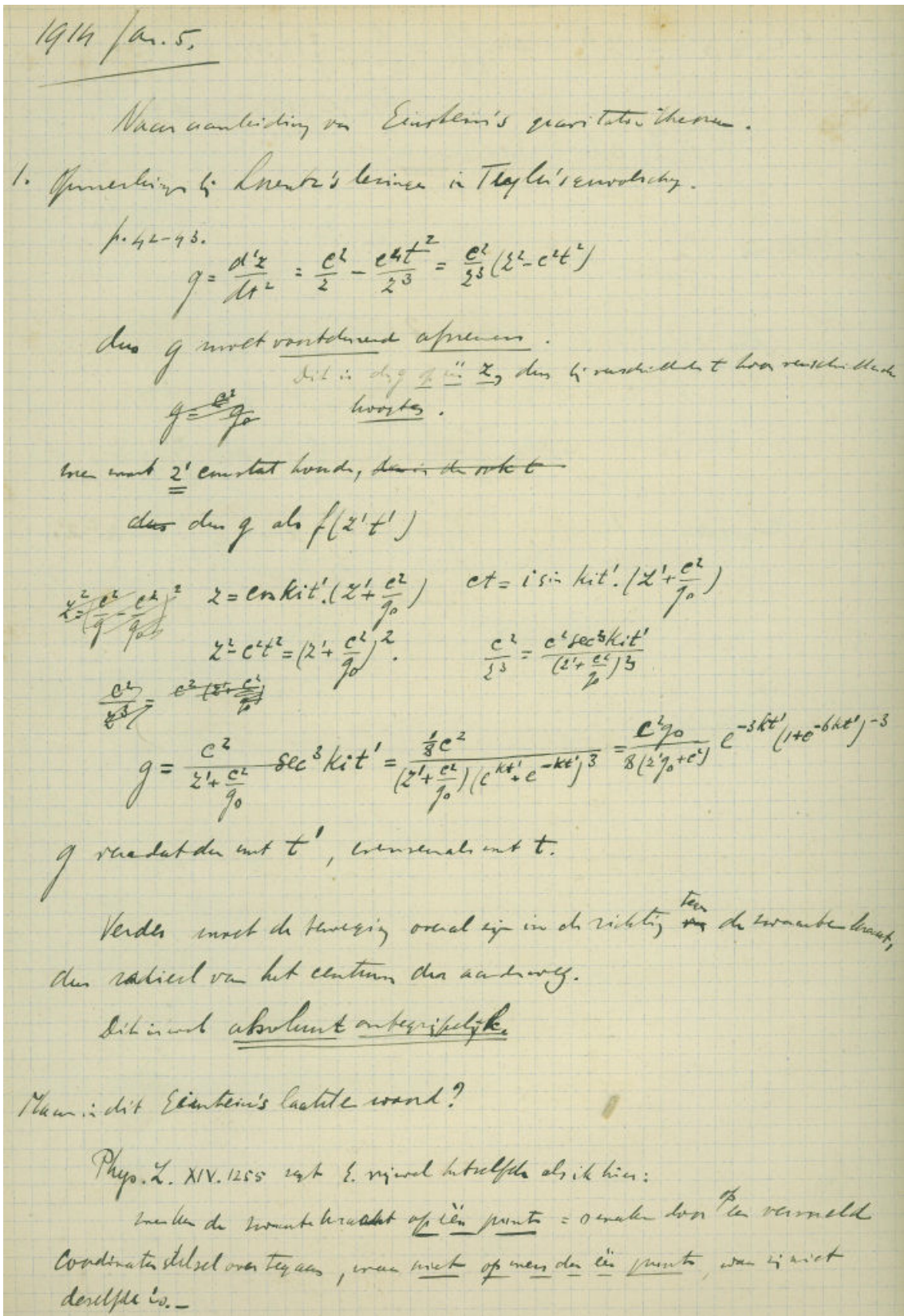


Abbildung 3.1. – Erste Seite der Notizen de Sitters zu den Vorläufern der ART aus seinem Notizbuch S2, 05.01.1914, S. 122 (Quelle: de Sitter Archiv, Leiden, Box 21C)

3.1.2. Die endgültige Theorie

3.1.2.1. Die allgemeine Relativität kommt in Leiden an

Da wie im Vorstehenden beschrieben nicht nur Interesse an der Entwurftheorie in Leiden vorhanden war sondern auch genügend Kenntnisse, die eigene Veröffentlichungen dazu möglich machten, verwundert es daher kaum, dass die endgültige Theorie auf diesem Nährboden rasch „aufgesaugt“, verstanden, akzeptiert, be- und weiterverarbeitet worden war.

Im Verlaufe des Jahres 1915 hatte Einstein mit Lorentz und Ehrenfest gelegentlich über seine Theorie und Ideen korrespondiert, sich dabei u.a. mit Lorentz Kritik (etwa an Einsteins „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“¹ von 1914) auseinandergesetzt.² Etwa einen Monat nachdem Einstein die endgültige Form seiner Theorie gefunden hatte, waren Lorentz und Ehrenfest schon tief in der Theorie versunken. Beide kommunizierten sowohl untereinander als auch jeweils mit Einstein, jedoch sind ihre Briefe an diesen aus dieser Phase nicht mehr vorhanden. Aus den erhaltenen Briefen lässt sich nach Kox jedoch der Dreiecks-Charakter der Korrespondenz rekonstruieren.³

Für Einstein galt es, vor allem auf die Fragen seiner Freunde in Leiden⁴ einzugehen und mit (seinen) Veröffentlichungen zu versorgen⁵, was de Sitter letzten Endes erst ermöglichte, einige davon an Eddington weiterzuleiten (siehe Abschnitt 4.1.1).⁶ Am liebsten wäre Einstein nach Holland gefahren (hatte er doch schon Ende 1915 eine Einladung Ehrenfests erhalten⁷) und alles persönlich besprochen:

Das grosse Interesse, das Ihr meiner Theorie entgegenbringt, macht mir viel Freude. Wenn die Reise jetzt nicht so schwierig wäre, käme ich sogleich trotz Kolleg und Akademie. [...] So werde ich versuchen, Deine Fragen schriftlich zu beantworten.⁸

¹[Einstein14b]

²Siehe dazu die Briefe zwischen ihnen aus [Einstein98] bzw. [Kox89, S. 202-4] oder [Illy89, S. 253-6].

³Siehe [Kox89, S. 204f] für einen Einblick in die diskutierten Sachverhalte sowie [Kox89, S. 208 ff] für eine partielle Auflistung der relevanten Briefe. Die Briefe zwischen Lorentz und Ehrenfest hatte ich nicht vorliegen. Eine Auflistung findet sich in [Wheaton77, S. 46f] (ESC:7, Nr. 161-383) bzw. über <http://www.noordhollandsarchief.org/onderzoek/frames/archiefoverzicht/frames/zoeksch.htm>. Sehr aufschlussreich für die Rezeption in Leiden wäre sicher auch die Durchsicht der Ehrenfestschen Terminbücher (agenda and appointment books), erwähnt in [Wheaton77, S. 89] (ENB:5).

⁴Vor allem Ehrenfest gefolgt von Lorentz, Kamerlingh Onnes und de Sitter, siehe auch [Einstein06, S. xliii].

⁵Dies ist etwa in Einstein an Ehrenfest, 26.12.1915, [Einstein98, Doc 173], EA 9-363 dokumentiert, wo Einstein über die unzustellbar an ihn zurückgegangene Gravitationsarbeit für Fokker berichtete. Siehe ebenfalls Einstein an Ehrenfest, 29.04.1916, [Einstein98, Doc 218], EA 9-376, ebenfalls [Klein85, S. 302].

⁶Zweiundzwanzig Reprints, die Einstein zwischen 1902 und 1915 an Leidener Physiker geschickt hatte, sind heute noch in Leiden im reprint archive des Leiden Physics Laboratory erhalten. Zwei davon enthalten handschriftliche Korrekturen und Ergänzungen durch Einstein selbst. Unter den Reprints fand sich auch ein Manuskript Einsteins, welches bislang als verloren gegolten hatte und erst 2006 von einem Studenten entdeckt worden war, siehe [vanDelft06, S. 60].

⁷Einstein an Ehrenfest, 26.12.1915, [Einstein98, Doc 173], EA 9-363

⁸Einstein an Ehrenfest, 05.01.1916, [Einstein98, Doc 180], EA 9-372

Bis ihm die Reise im September 1916 gelang (s.u.) mussten die Leidener sich mit seinen schriftlichen Ausführungen und Briefwechseln begnügen. Anfänglich drehten sich die behandelten Probleme hauptsächlich um Fragen der allgemeinen Kovarianz, von deren Bedeutsamkeit Lorentz dann Anfang Januar 1916 (durch Lektüre des an Ehrenfest gerichteten Briefes aus dem obiges Zitat stammt¹) überzeugt worden war.² Dies bedeutete jedoch nicht, dass Lorentz' Verhältnis zur ART von uneingeschränkter Akzeptanz geprägt werden würde (man denke etwa an dessen Verhaftung an der Nützlichkeit des Ätherkonzeptes).³ Ihm waren aber Bedeutung und Eleganz der Theorie bewusst und so "he almost naturally became involved in its development", wie Kox es ausdrückte.⁴

Zum Kreis der ersten Interessierten zählten neben den bereits genannten Ehrenfest und Lorentz auch de Sitter, Fokker und Droste. De Sitter hatte Einstein anscheinend erstmals Anfang Januar 1916 selbst schriftlich kontaktiert, wie man dessen Schreiben an Ehrenfest in Reaktion darauf entnehmen kann:

De Sitter hat mich um ein Exemplar meiner letztjährigen Arbeit gebeten.⁵ Leider habe ich keine mehr. Ich bitte Dich, sie ihm zu leihen und ihm beste Grüsse zu bestellen.⁶

Fokker, wie geschildert mit der Entwurftheorie bestens vertraut, war sehr erfreut darüber, dass Lorentz offenbar aufgrund des aufkommenden Interesses beschlossen hatte, das Thema in seiner Montagmorgen-Vorlesung⁷ zu behandeln:

Professor Ehrenfest erzählte mir, dass es Ihr Plan sei, Montagmorgens von 10-11⁸ eine Vorlesung zu geben über Einsteins Gravitation. Ich möchte sie besonders gern hören und ich tue mein Bestes, um für diese Zeit frei zu bekommen. Von 10-11 muss ich Geometrie für eine Militärklasse⁹ geben aber vielleicht gelingt es mir, die Vorlesungsstunde mit einem Kollegen zu tauschen, der kein Interesse an der Schwerkraft hat. [...] Wie gern würde ich jetzt in die Abhandlungen von Einstein plumpsen. Aber ich wage es noch nicht.¹⁰

¹siehe [Einstein98, Doc 183 Fn 2]

²Für Details zu den behandelten Problemstellungen siehe [Kox89, S. 204f].

³An dieser Stelle sei auf die zahlreichen dazu bereits existierenden Untersuchungen verwiesen: [Janssen02] (hauptsächlich SRT), [Kox89], [Kox93a], [Janssen92], [Illy89], [McCormmach70] oder [Nersessian86].

⁴[Kox89, S. 201]

⁵Vermutlich [Einstein14b], siehe [Einstein98, Doc 182 Fn 14].

⁶Einstein an Ehrenfest, 17.01.1916, [Einstein98, Doc 182], EA 9-374

⁷Nachdem Lorentz sich 1912 von seinem Lehrstuhl zurückgezogen hatte hielt er die montäglichen Vorlesungen als Honorarprofessor, [McCormmach80, S. 489].

⁸In [deHaas Lorentz57, S. 101] ist davon abweichend vom Beginn um 11 Uhr die Rede.

⁹Von 1914 bis 1917 war er beim Militär, siehe [Snelders89, S. 174].

¹⁰Meine Übersetzung von: „Professor Ehrenfest vertelde mij, dat u van plan was, 's Maandagmorgens van 10-11 een college te geven over Einstein's gravitatie. Ik zou dat bijzonder graag volgen, en ik doe mijn best om dat uur vrij te krijgen. Van 10-11 moet ik meetkunde geven aan een klas van militairen, maar misschien lukt het me, een lesuur te ruilen met een collega, die geen verlangen naar lessen over de zwaartekracht heeft. [...] Wat zou ik nu graag in de verhandelingen van Einstein plonsen. Maar ik durf nog niet goed.“, Fokker an Lorentz, 23.01.1916, RNH.

Behandelt hatte Lorentz die ART dann von März bis Juni 1916¹, wovon er selbst stark profitierte, wie er Einstein schrieb:

Ich habe mich in den letzten Monaten viel mit Ihrer Gravitationstheorie und allgemeinen Relativitätstheorie beschäftigt, und habe auch, was mir sehr nützlich war, darüber vorgetragen. Ich glaube jetzt die Theorie in ihrer vollen Schönheit zu verstehen.²

Unter den Hörern der Vorlesung, in der Lorentz von Jahr zu Jahr wechselnd aktuelle Themen behandelte und die üblicherweise so „glatt“ vorgetragen wurden, dass viele Hörer den Stoff nach der Vorlesung nicht reproduzieren konnten³, waren sowohl Ehrenfest als auch de Sitter gewesen⁴, für die letzteres offenbar nicht galt.⁵

De Sitter hatte bereits *vor* Beginn der Vorlesungen im Eigenstudium begonnen, die Theorie zu erlernen. In seinem Notizbuch S12 finden sich insgesamt mehr als 230 Seiten Berechnungen, Bemerkungen und Notizen dazu, beginnend am 22.12.1915 mit der Berechnung der Periheldrehung zu 42,9" (siehe Abschnitt 5.1).⁶ Danach hatte er im Januar zunächst Einsteins „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“⁷ u.a. zum Kennenlernen der Mathematik intensiv studiert, um sich anschließend unter Anwendung der endgültigen Theorie verschiedenen Aspekten zu widmen, siehe das von de Sitter selbst verfasste Inhaltsverzeichnis⁸ in Abbildungen 3.2 und 3.3. Ob in diesen Aufzeichnungen auch Mitschriften von Lorentz' Vorlesung enthalten sind (Verweise auf die Vorlesung existieren), habe ich bislang nicht vergleichen können. Ich vermute aber anhand de Sitters Arbeitsstil, dass diese eher an anderer Stelle zu finden sind, wengleich hierzu bislang kein Archivmaterial bekannt ist.

¹[deSitter16, S. 707, Fn *]

²Lorentz an Einstein, 06.06.1916, [Einstein98, Doc 225], EA 16-451

³[Dresden87, S. 91]

⁴siehe etwa [Hins35, S. 6]

⁵Von den Vorlesungen existieren Mitschriften von Ehrenfest (5-01.1, siehe [Wheaton77, S. 89]), die ich mir leider bislang nicht anschauen konnte. Auch von Kramers sind teilweise Mitschriften noch existent, wie ich von Michel Janssen per E-Mail erfahren habe.

⁶Notizbuch S12, ab S. 46, Box 21C, LEID. Eine detaillierte Analyse der Inhalte war im Rahmen dieser Arbeit leider nicht möglich.

⁷[Einstein14b]

⁸Dieses ist scheinbar unvollständig, da es noch weitere Notizen auf den Seiten ab 248 gibt.

S12. p. 46-247.
 Gravitative theorie van Einstein.

Inhoud. p. 46 : $\frac{d^2z}{dt^2} - S, T, \frac{d\omega}{dt}$ } 1915 Dec. 22.

p. 47 1^e poging tot waantheorie.

49-64, 71. Excerpt uit Einstein . 1916 Jan 11-15, Feb. 8

65-69. Lichtsnelheid. Jan 19-25

72-73 Nordström Mei. 31.

74-79 Maantheorie Mei 31 - Apr. 1.

80-81, discussie hiervan Apr. 3

82-84 Proef van Michelson Apr. 4.

85-101 Berekening der $\frac{1}{2} \frac{1913$ van beweging systemen te keeren in waantheorie Apr. 5-7

102-107 Hilbert Mei. 24.

108- Drake (1913 & 1915) Apr. 15

100-143 Transformaties : bewegingsverh. op verschillenplanen. Apr. 15-28

144-150 Veldreg. van zon. Mei 18-20

151-155 Planetaire beweging (sta. kracht) van verschillend systemen van gez. Mei 26-27

156-169 Algemeen veldvergelijking. Stelsels A-F. Mei 30 - Juni 6

170-171 Lichtstraal (p. 161) Juni 7-8

171-175 Planetaire beweging. Juni 8

176-177 Rotatie van zon Juni 13

178-181 Maan in twee systemen Juni 15.

182-183 Vergelijking met Ob (rotatie, saligen etc) Juni 16-17.

184-191 Veldreg. van beweging van [sterren] Juni 16-17.

192-196 Algemeen veldvergelijking : 2^e orde termen bij de 1^e orde van Einstein. Juli 4-6

197-200 Algemeen veldvergelijking : Integratie veldvergelijking Juli 25-26

Abbildung 3.2. – Von de Sitter selbst angefertigtes Inhaltsverzeichnis zu seinem Notizbuch S12, Teil 1 (Quelle: S12, Box 21C, LEID)

p. 201	Vergleichung Droste - Einsteins	July 29.
202-206	<u>Welches problem e maantheorie</u>	Aug 19-21
207-208	Formule e Essentielle transformaties.	Aug 21-23
209-210	Licht in rotterend system	?
210-211	Farne Planen.	?
211-227	Vergelijking van 1. Beweging van droste Newton transform. mit untrich; 2. Dake; 3. Einsteins [<u>den Lichter/punt</u>]	Sept. 1- ?
229-230	<u>Veld van bolschil.</u>	
232-234	Ruimte maat. van der Lk van e D.	
235-238	Veld van bolschil. — Veld hiervan in font.	
238-239	Eerproeven mit Einsteins.	Sept. 28-29-
240-247	<u>Veld van vaste stenen.</u>	Oct. (1-10?)

Abbildung 3.3. – Von de Sitter selbst angefertigtes Inhaltsverzeichnis zu seinem Notizbuch S12, Teil 2 (Quelle: S12, Box 21C, LEID)

Fast wichtiger aber als eigene Studien und das Besuchen einer Vorlesung war der *rege Austausch* untereinander, der von diesen ausgelöst wurde, wie de Sitter in dem ersten Teil seiner Reihe in den *MNRAS* anmerkte:¹

Many of the results contained in the present paper are wholly or partially derived from these lectures. Others were developed during, or suggested by, conversations with my colleagues Lorentz and Ehrenfest. Much is also due to Mr. J. Droste. As much as possible I have added footnotes quoting the authority: but as there has been so much free interchange of ideas, it is not always possible to assign to each his exact share.²

Es hatte sich in Leiden eine „Relativitätsgruppe“ gebildet, zu der im Wesentlichen Lorentz, Ehrenfest, Fokker, Droste, de Sitter und Nordström³ gehörten.⁴ Sie verband nicht nur das gemeinsame Interesse an der ART, sondern auch Freundschaften.⁵ Nordström etwa wohnte einige Zeit bei Ehrenfest⁶ und anlässlich seiner Verlobung mit einer von des-

¹Siehe auch [Schouten50, S. 268].

²[deSitter16, S. 707, Fn *]

³Der Finne Gunnar Nordström hatte ein dreijähriges Stipendium erhalten, welches er nach [Isaksson85, S. 47] von 1916 bis 1919 im Wesentlichen in Leiden verbrachte. 1919 bekam er schließlich eine Professur in Physik an der Technischen Hochschule Helsinki (S. 49).

⁴Zur Leidener Rezeption existiert eigentlich nur ein einziger Artikel, [Kox92], der für diesen Abschnitt als Richtschnur diente.

⁵[deHaas Lorentz57, S. 103f] belegt dies z. B. für Ehrenfest und Lorentz.

⁶Mit diesem arbeitete er auch zusammen, etwa an dem Problem der Vereinigung von elektromagnetischer und Gravitationstheorie. Durch ihre Gespräche wurde Ehrenfest auch an der Frage interessiert warum der Raum ausgerechnet 3-dimensional ist. Seine Ergebnisse dazu publizierte er in [Ehrenfest18], siehe [Halpern04, S. 394ff] für mehr Details zu Ihrer Zusammenarbeit.

sen Studentinnen¹ 1917 gab Ehrenfest in einem Brief an Einstein einen schönen Beleg für die angenehme Atmosphäre, die zu dieser Zeit dort um ihn herrschte:

Die ganze Physik-Mathematikfamilie von Leiden (weißt Du – wir hängen doch hier alle sehr gemütlich zusammen) feiert fröhlich und übermüthig mit der Freude des Brautpaares mit, abgesehen vielleicht von einem oder anderen der Jüngerer der in Nelly verliebt war ($n > 0$). Gerade bei dieser Gelegenheit sah man übrigens sehr deutlich, dass wir hier nicht nur fachlich sondern auch menschlich weitgehend zusammenhängen.²

An der Schaffung einer Atmosphäre war Ehrenfest aktiv beteiligt gewesen, denn mit ihm kamen 1912 einige Neuerungen nach Leiden – angefangen mit seinem vom Traditionellen stark abweichenden Umgang mit den Studenten³ über die Einrichtung des Lesezimmers „Bosscha“⁴ bis hin zu seiner Etablierung des berühmten, nach ihm benannten Kolloquiums^{5,6}. Ehrenfest hatte nach seiner Ankunft solch eine Veranstaltung zum Wissensaustausch, wie er sie bereits in St. Petersburg eingeführt hatte, vermisst und innerhalb weniger Wochen etabliert.⁷ Mittwochs Abends traf man sich dann bei Ehrenfest zu Hause und aktuellste Wissenschaft wurde vorgetragen und diskutiert, meist sogar durch die Urheber neuer Theorien persönlich⁸ (hierzu lud Ehrenfest auch Studenten als Zuhörer ein, die er für geeignet genug hielt⁹). Ehrenfest war dabei nicht „zimperlich“ mit den Vortragenden und „nötigte“ diese oftmals, so zu erklären dass *er selbst* es besser verstehen konnte.¹⁰ Einsteins Gravitationstheorie war selbstverständlich ein mehrfach behandeltes Thema, zu dem auch de Sitter vortrug: „Nach einer Woche ist es wieder Gravitationsabend im Ehrenfest-colloquium. De Sitter wird vortragen.“¹¹ Dieser wurde von Ehrenfest ebenso wie überwiegende Mehrheit der Redner nicht verschont, wie Wesselink berichtet:

¹Nelly van Leeuwen, siehe [Isaksson85, S. 47f] sowie [Struik73]

²Ehrenfest an Einstein, 14.06.1917, [Einstein98, Doc 352], EA 9-404

³[Struik73, S. 6f]

⁴[deHaas Lorentz57, S. 106]

⁵[Klein85, S. 8-10]

⁶Um einen Eindruck von den damaligen Verhältnissen zu bekommen sind [Klein85], [Struik73] und [Dresden87, S. 90-94] sehr zu empfehlen.

⁷Siehe [Klein89, S. 35f], [deHaas Lorentz57, S. 105]. Eine Tradition, die bis heute fortgeführt wird ist das Unterschreiben des Vortragenden auf einer Wand, siehe <http://www.lorentz.leidenuniv.nl/history/colloquium/colloquium.html>.

⁸Siehe auch [deHaas Lorentz57, S. 105f].

⁹So nahm etwa Fokker gerne teil, der 1912 über die Weihnachtsferien nach England reiste: „Doch bedaure ich, dadurch einige interessante Abende bei Prof. Ehrenfest verpassen zu müssen.“ (meine Übersetzung von: „Toch spijt het min, daardoor eenige interessante avonden bij prof. Ehrenfest te moeten missen.“, Fokker an Lorentz, 24.12.1912, RNH)

¹⁰[Klein89, S. 36]. Dass Ehrenfest im Allgemeinen sehr anspruchsvoll war beschrieb Bart Bok in [Bok78, S. 7f], wo er sein eigenes Erlebnis mit Ehrenfest schildert.

¹¹Nordström an Einstein, 23.10.1917, [Einstein98, Doc 393], EA 18-429. Danach hätte de Sitter am 24.10.1917 im Kolloquium vorgetragen (der 23.10.1917 war ein Dienstag). Ob er darüber hinaus weitere Vorträge gab ist nicht bekannt. Auf jeden Fall findet sich seine Unterschrift auch auf der Wand, wie man unter http://www.lorentz.leidenuniv.nl/history/colloquium/muur_heel.html nachsehen kann. Die Briefe von Frisking an de Sitter (siehe Anhang A.5) nahmen vermutlich Bezug auf diesen Vortrag.

He was unrelenting with speakers. I don't know whether I express myself correctly. In saying unrelenting I mean that every speaker on Ehrenfest's colloquium had a difficult time. He would interrupt the speaker almost every minute, and remarkably enough he was able to do that without hurting the feelings of the speaker. 'Most listeners, are more stupid than I am – I tell you,' he said to the speakers, 'and I don't understand it. I will say so from the beginning to end and you'll have to live with it.' And all the speakers, de Sitter included, were harassed by Ehrenfest, and the Ehrenfest colloquium was the most famous physics colloquium in The Netherlands. And so all these great men – Heisenberg, Fermi, Einstein, Bohr – all came to the Leiden colloquium, and his peculiar way, Ehrenfest was able to extract every drop out of what these people new. [...] Einstein was the only person he revered so much that he behaved somewhat differently, very interesting thing Einstein gave a very very good lecture.¹

Zurück zur frühen Rezeption der ART. Wie bereits erwähnt war hierzu neben der Lorentzschen Vorlesung vor allem der direkte Austausch von Ideen wichtig und auch das gegenseitige Lehren war ein wichtiger Faktor. Neben den Gesprächen der Leidener gab es überraschenderweise ebenfalls einen regen postalischen Austausch untereinander², der uns im Gegensatz zu den verhaltenen Gesprächen heute noch einen kleinen Eindruck der damaligen Verhältnisse vermittelt. Neben der veröffentlichten Korrespondenz Einsteins³ konnte ich einen Teil der Briefwechsel Fokker ↔ Lorentz und de Sitter ↔ Lorentz einsehen nebst vereinzelt weiteren Briefen, die sämtlich im Anhang A.5 mit den jeweiligen Quellen aufgelistet sind.

Die Schriftwechsel sind leider nur unvollständig erhalten (vor allem viele Briefe von Lorentz an de Sitter harren noch ihrer Entdeckung), was eine möglichst exakte Untersuchung, Verständnis und Interpretation der behandelten Inhalte behindert.⁴ Dennoch lässt sich eine Reihe von Erkenntnissen aus ihnen ziehen auch ohne tiefer gehende inhaltliche Analyse, beispielsweise:

- Bedeutung des persönlichen Gespräches
- Richtung(en) der Informationsflüsse
- Verhältnisse zwischen den Korrespondenzpartnern
- Art der behandelten Probleme

Wie im weiter oben angeführten Zitat von de Sitter bereits angesprochen, waren Unterhaltungen ein wichtiger Faktor nicht nur für die Rezeption im Allgemeinen (im vollständigen Gegensatz zur Rezeption in Cambridge, siehe Abschnitt 4.1.3)⁵ sondern auch für deren Voranschreiten. Durch sie wurden neue Fragen aufgeworfen, die man anschließend durchdenken musste oder es wurden Dinge in Frage gestellt, die eine erneute Überprüfung benötigten, wie hier in einem Brief de Sitters an Lorentz: „Aus Anlass unseres

¹[Wesselink77, S. 28]

²Überraschend deshalb, weil zwischen de Sitter und seinem Freund Huizinga wegen ihrer räumlichen Nähe keinerlei Briefe erhalten sind, vgl. Anhang A.3.

³Vor allem [Einstein98].

⁴An eine solche Analyse der Achse Lorentz – de Sitter kann und sollte man sich meines Erachtens ohnehin erst dann wagen, wenn der Inhalt des de Sitterschen Nachlasses erschlossen wurde, vgl. Abschnitt „Zusammenfassung und Ausblick“.

⁵Siehe auch [Warwick03, S. 459].

Gespräch von gestern habe ich die Rotationsfrage noch einmal nachgerechnet und sende Ihnen nun das Ergebnis.“¹ Als de Sitter während eines Sanatoriumsaufenthaltes (siehe Abschnitt 6.3.2) nicht direkt mit seinen Kollegen kommunizieren konnte schrieb er Lorentz:

Es ist schwierig ohne jemals mit jemandem zu sprechen seine Gedanken ordentlich weiter zu entwickeln: Ein Gespräch gibt sofort Aufklärung und Selbstkritik. Ein Brief von Ihnen würde mir auch viel helfen.²

Ein besserer Beleg für die enorme Wichtigkeit des direkten Austausches ließe sich sicher kaum finden!

Es war üblich, dass die Relativitätsgruppe untereinander das wenige vorhandene Material zur ART teilte, was Einstein sehr unterstützte und auch anregte³. Wie schon an oben stehendem Zitat aus einem Brief Einsteins an Ehrenfest⁴ ablesbar, partizipierte de Sitter dadurch stets an den neuesten Überlegungen Einsteins – er war eben „mittendrin statt nur dabei“:⁵ „Sehen Sie sich die Druckbogen an, die ich Ehrenfest geschickt habe.“⁶ Zu dem Material zählten auch Briefe Einsteins, die man sich gegenseitig zeigte oder auslieh.⁷ Der Austausch beinhaltete auch, dass man seine Kollegen über eigene Arbeiten und Pläne auf dem Laufenden hielt. Dies geschah schätzungsweise überwiegend mündlich, ein schriftlicher Beleg dafür ist etwa in einem Brief Drostes an de Sitter zu finden.⁸

Bezogen speziell auf die Korrespondenz zwischen de Sitter und Lorentz lassen sich einige Aspekte obiger Auflistung ausmachen. De Sitter vertraute wie Einstein oder auch

¹Meine Übersetzung von: „Naar aanleiding van ons gesprek van gisteren heb ik de rotatie questie nog eens nagerekend, en zend U even het resultaat.“, de Sitter an Lorentz, 26.04.1916.

²Meine Übersetzung von: „Het is moeilijk, zoo zonder ooit ten iemand te spreken, je denkbelden behoorlijk te(?) avanceeren(?): een gesprek geeft dadelijk oplaring en zelfkritiek. Een brief van U zal mij ook veel helpen.“, de Sitter an Lorentz, 09.06.1917. Obwohl de Sitter selbst als Datum den 09.06.1916 angab erscheint mir das Jahr falsch zu sein, denn es müsste wohl korrekt 1917 heißen. Für die Umdatierung gibt es mehrere Anhaltspunkte: 1) De Sitter spricht von den Systemen A, B und C, behandelt im Brief System A, was aber erst 1917 von Einstein aufgestellt worden war. 2) Der Brief wurde in Doorn verfasst und de Sitter hatte sich 1917 zur fraglichen Zeit dort aufgehalten, wie man etwa an seinem Briefwechsel mit Einstein ablesen kann.

³Beispielsweise Einstein an Ehrenfest 24.10.1916, [Einstein98, Doc 269], EA 9-388.2: „Bald erhältst Du die Korrektur. Zeige sie dann Lorentz und den andern dortigen X-Brüdern.“

⁴Einstein an Ehrenfest, 17.01.1916, [Einstein98, Doc 182], EA 9-374

⁵Siehe auch [Crelinsten06, S. 95].

⁶Einstein an de Sitter, 04.11.1916, [Einstein98, Doc 273], EA 20-539. Bei den Druckbogen handelte es sich um [Einstein16b]. Ein weiteres Beispiel ist zu finden in Einstein an Ehrenfest, 14.02.1917, [Einstein98, Doc 298], EA 9-398: „Zeige bitte die Arbeit [[Einstein82]] auch Lorentz und De Sitter.“

⁷Der Brief Einsteins an Ehrenfest vom 05.01.1916, [Einstein98, Doc 180], EA 9-372 wurde von diesem an Lorentz weitergegeben, der durch die darin enthaltene Argumentation Einsteins von dessen Forderung nach allgemeiner Kovarianz überzeugt wurde, siehe [Einstein98, Doc 183, Fn 2]. De Sitter hatte etwa den an ihn gerichteten Brief Einsteins vom 22.06.1916, [Einstein98, Doc 227], EA 20-531 Lorentz zur Klärung überlassen (s.u.), wie man dessen Brief vom 16.07.1916, LEID, entnehmen kann.

⁸Droste an de Sitter, 23.06.1916, LEID, worin dieser über seine Fortschritte und Pläne bei der Bestimmung der Bewegungsgleichungen von n Zentren berichtete. Auch Lorentz berichtete de Sitter über Drostes Arbeit (vermutlich [Droste16a]) in einem Brief vom 24.07.1916, LEID.

Schrödinger¹ auf Lorentz' Kapazität und Urteilskraft. Vor allem in der Anfangsphase des Erlernens der ART profitierte er nicht nur durch die Vorlesung Lorentz' und Gespräche mit diesem, sondern auch durch ihre ausgetauschten Briefe. Mal bat de Sitter Lorentz um Hilfestellung bei Rechnung oder Verständnis „Bei dem Vergleich von Ihren Resultaten mit denen von Einstein erfahre ich Schwierigkeiten.[...]"², mal um seine Meinung „Ich würde sehr gern Ihr Urteil einmal haben.“³, mal stellte er ihm Fragen oder legte ihm eine Problemstellung dar, mal berichtete er über Fehler in eigenen Rechnungen⁴ oder über durch Lorentz' Antworten entstandene Zweifel an der Korrektheit von eigenen Berechnungen.⁵ An solchen Stellen, wo de Sitter seine Fehler eingestand oder hoffte, keine Fehler gemacht zu haben, lässt sich viel zur Einschätzung Lorentz einerseits und zur Selbsteinschätzung andererseits ablesen: „Wenngleich ich also in die Angelegenheit noch nicht so tief eingedrungen bin wie Sie glaube ich doch schon alles so weit in Ordnung zu haben“⁶.⁷ Er war sich seiner kognitiven Unterlegenheit bewusst, was sich auch in folgender Äußerung widerspiegelt, in der er Lorentz seine eigene Unzulänglichkeit beklagte:

Ich glaube dass wenige Menschen solche Irrtümer begehen wie ich – das Verbessern von diesen kostet mich gewöhnlich wenigstens ebenso viel Zeit wie die Berechnungen selbst.⁸

All dies deutet nur an, dass de Sitter Lorentz bewunderte (wie auch Einstein), was man bei der Lektüre der Korrespondenz rasch bemerkt und wie es von seiner Frau in ihrer Biografie auch betont wurde:

Als Rector Magnificis durfte er zu Lorentz Abschied eine Ansprache halten: Er empfand es als ein großes Vorrecht, seine Verehrung und Bewunderung aussprechen zu können. Hatte er nicht unlängst dessen Vorlesung genossen um sich gut in die Probleme von Einsteins Theorie einzuarbeiten [...] Und von neuem einsah, was

¹[McCormmach80, S. 490]

²Meine Übersetzung von: „Bij de vergelijking van Uw resultaten met die van Einstein ondervind ik moeilijkheden.[...]“; de Sitter an Lorentz, 17.05.1916, RNH. Siehe auch de Sitter an Lorentz, 26.04.1916, 18.05.1916, RNH.

³Meine Übersetzung von: „Ik zou erg graag Uw oordeel eens hebben.“; de Sitter an Lorentz, 09.06.1917, RNH.

⁴Etwa in de Sitter an Lorentz, 2[0?].06.1916, RNH. Der Poststempel dieser Postkarte ist schlecht lesbar, fälschlicherweise wurde sie im Noord-Hollands Archief unter 1913 geführt. Nach Rücksprache mit dem Archiv wird nun das hier angegebene Datum als korrekt angesehen.

⁵Etwa in de Sitter an Lorentz, 25.09.1916, RNH.

⁶Dies bezieht sich auf [deSitter17d], den er gerade verfasste.

⁷Meine Übersetzung von: „Hoevel ik dus in de zaak lang zoo dief niet doorgedrongen ben als U geloof ik toch wel het bij het goede eind(?) te hebben[...]“; de Sitter an Lorentz, 24.06.1917, RNH. Siehe auch de Sitter an Lorentz, 26.04.[1916] abends, RNH wo es hieß: „Dann [wenn man die molekularen Kräfte berücksichtigt] wird alles wieder in Ordnung kommen, aber das übersteigt meine Kräfte.“; meine Übersetzung von: „Dan zal alles wel weer terecht komen, maar dat gaat boven mijn krachten.“

⁸Meine Übersetzung von: „Ik geloof dat weinig menschen zooals vergissingen maken als ik – het verbeteren van deze kost mij gewoonlijk minstens evenwel tijd als de berekening zelf.“; de Sitter an Lorentz, 27.04.1916 [Jahresangabe fehlt, daher inhaltlich datiert], RNH.

Lorentz für die Wissenschaft bedeutete.¹

Auf die genauen Inhalte der Korrespondenz möchte ich aus den genannten Gründen nicht weiter eingehen, sollte aber bemerken, dass neben den rein mathematisch-arithmetischen Problemen auch zu kleinen Anteilen Privates eine Rolle spielte, es zu Zeiten, in denen de Sitter krankheitsbedingt nicht in Leiden war um dessen Versorgung mit Literatur ging², vor allem aber, dass praktische astronomische Aspekte von de Sitter thematisiert wurden. Hier ging es ihm besonders um Fragen, welche die tatsächlich verwendeten Koordinatensysteme betrafen (z. B. Welches Koordinatensystem wird von den Astronomen benutzt?³ Wie legen diese die Achsen fest?⁴ Was bedeutet „die Sonne rotiert“?⁵).

3.1.2.2. Einstein kommt an

Als Einstein dann Ende September 1916⁶ (27.09.-12.10.⁷) endlich die Reise nach Leiden gelang (was während des Krieges kein einfaches Unterfangen war⁸), war die Freude auf beiden Seiten groß.⁹

Nun hab ichs nach vieler geduldiger Mühe dahin gebracht, dass ich morgen Früh für 14 Tage zu meinen Holländer Kollegen fahren kann, um die neuen wissenschaftlichen Frage mit ihnen zu verhandeln. Nordström ist auch dort. Ich freue mich sehr darauf.¹⁰

Während der zwei Wochen, in der endlich die drängendsten Fragen zur ART *direkt* besprochen werden konnten, wohnte Einstein bei seinem Freund Ehrenfest (wo zu dieser Zeit auch Nordström logierte)¹¹, mit dem er auch diesmal zusammen musizierte – Einsteins Geige im Duett mit Ehrenfests Flügel.¹²

¹Meine Übersetzung von: „Als rector magnificus heeft hij Lorentz mogen toespreken bij zijn afscheid: hij voelde het als een groot voorrecht, zijn vereering en bewondering te kunnen uitspreken. Had hij niet pas weer van diens colleges genoten toen hij om zich goed in de problemen van de theorie van Einstein in te werken [...] En weer beseftte, wät Lorentz vor de wetenschap beteekende.“, [deSitter Suermondt40, S. 44].

²Siehe etwa de Sitter an Lorentz, 24.06.1917, RNH.

³de Sitter an Lorentz, 25.09.1916, RNH

⁴de Sitter an Lorentz, 26.04.1916, RNH

⁵de Sitter an Lorentz, 26.04.[1916] abends, RNH

⁶Bei den in [Corry04, S. 364] angegebenen 1915 handelt es sich wohl um einen Druckfehler.

⁷[Einstein98, Doc 270, Fn 1]

⁸Es mussten zunächst die nötigen Dokumente beschafft werden, etwa eine offizielle Einladung aus Holland, siehe dazu z. B. Einstein an Ehrenfest, 25.08.1916, [Einstein98, Doc 253], EA 9-380 und 06.09.1916, [Einstein98, Doc 256], EA 9-382 bzw. auch Einstein an Lorentz, 17.06.1916, [Einstein98, Doc 226], EA 16-453 oder [vanDelft06, S. 58].

⁹Schon im Mai 1916 hatte Einstein Ehrenfest gegenüber sein Bedürfnis geäußert, die Leidener wiederzusehen, siehe Einstein an Ehrenfest, 24.05.1916, [Einstein98, Doc 220], EA 9-378 und im August hatte Nordström sich Einstein gegenüber einen Besuch gewünscht, siehe Nordström an Einstein, 03.08.1916, [Einstein98, Doc 247], EA 18-426. Siehe auch [Klein85, S. 302].

¹⁰Einstein an Zangger, 26.09.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 261a], EA 86-540

¹¹[Einstein98, Doc 263], EA 75-859 bzw. [Einstein98, Doc 281, Fn 1], EA 18-427

¹²siehe [Klein85, S. 304].

Am Tag nach seiner Ankunft fuhren Ehrenfest und Einstein nach Haarlem um dort Lorentz zu Hause zu besuchen. Auf diese Gelegenheit, mit einem seiner besten (wenn nicht sogar *dem* besten) Rezipienten der ART direkt diskutieren zu können, hatte Einstein lange warten müssen, und wurde von diesem bereits beim ersten Zusammentreffen gefordert, wie die Erinnerung Ehrenfests sehr detailliert berichtete:

Calmly, and to forestall any impatience, a cigar was provided for the guest, and only then did Lorentz begin quietly to formulate a finely polished question concerning Einstein's theory of the bending of light in a gravitational field. Einstein listened to the exposition, sitting comfortably in the easy chair and smoking, nodding happily, taking pleasure in the masterly way Lorentz had rediscovered, by studying his works, all the enormous difficulties that Einstein had had to overcome before he could lead his readers to their destination, as he did in his papers, by a more direct and less troublesome route. But as Lorentz spoke on and on, Einstein began to puff less frequently on his cigar, and he sat up straighter and more intently in his armchair. And when Lorentz had finished, Einstein sat bent over the slip of paper on which Lorentz had written mathematical formulas to accompany his words as he spoke. The cigar was out, and Einstein pensively twisted his fingers in a lock of hair over his right ear. Lorentz, however, sat smiling at an Einstein completely lost in meditation, exactly the way a father looks at a particularly beloved son – full of secure confidence that the youngster will crack the nut he has given him, but eager to see how. It took quite a while, but suddenly Einstein's head shot up joyfully; he 'had it'. Still a bit of give and take, interrupting one another, a partial disagreement, very quick clarification and a complete mutual understanding, and then both men with beaming eyes skimming over the shining riches of the new theory.¹

Bislang sind mir keine weiteren Schilderungen wie diese von Einsteins Besuch zur Kenntnis gelangt, ebenfalls ist bislang nicht *im Detail* bekannt, *wie genau* der Besuch Einsteins abgelaufen ist.² Sicher ist, dass Einstein sich in Leiden sehr wohl fühlte, wie er in mehreren Briefen an Elsa berichtete. Einen Tag nach seiner Ankunft schrieb er:

Ich kam gestern 10 1/2 Uhr wohlbehalten hier an und unterhielt mich noch mit Ehrenfest und Nordström bis 1 Uhr [...] Die hiesigen Menschen gefallen mir durch ihr einfaches, anspruchsloses Wesen und durch die hohe geistige Kultur ausnehmend. Grosser Unterschied! Ich schwimme in Wonne bei den Diskussionen. Es war wirklich gut, dass ich all diese Mühen auf mich genommen habe, um diese Luft einige Zeit zu atmen.³

Etwa in der Hälfte seines Aufenthaltes äußerte er sich erfreut über die Rezeption seiner Ideen: „Meine neuen Theorien sind hier sehr lebendig geworden, indem die besten Theoretiker daran arbeiten.“⁴ Zwei Tage später bekräftigte er dies: „Meine Theorie hat hier

¹Zitiert nach [Klein85, S. 303].

²Die bereits erwähnten Terminbücher Ehrenfests, [Wheaton77, S. 89], (ENB:5) wären sicher bei der Rekonstruktion der Ereignisse sehr hilfreich.

³Einstein an Elsa Einstein, 28.09.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 261b], EA 143-034

⁴Einstein an Elsa Einstein, 05.10.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 262a], EA 143-036

so recht ihre Heimat gefunden.“¹ Dass er sich nicht nur mit seinen Leidener Kollegen unterhalten hatte sondern auch mit Kollegen aus Groningen (darunter vermutlich de Sitters „Ziehvater“ Kapteyn²) über Relativität geredet hatte, berichtete er ebenfalls an Elsa.³ Hauptsächlich jedoch setzte er sich in zahlreichen Gesprächen und Diskussionen mit seinen Freunden in Leiden auseinander, und sicherlich trug er auch in Ehrenfests Seminar über seine neue Theorie vor. Auch mit de Sitter, den er 1914 bei einem Besuch in Leiden persönlich kennengelernt hatte⁴, traf er sich um darüber zu diskutieren:

Und dann kamen die spannungsvollen Tage mit Einstein. Dieser kam manchmal mit Ehrenfest, manchmal allein und als er weg war, kam Ehrenfest in der freien Zeit, die ihnen zusammen verblieb. Der große Tisch in der Mitte der Studierkammer wurde auf Seite geschoben, und unten hörte ich ein unaufhörliches Hin- und Herlaufen in heftiger Rhetorik.⁵

Zusammen mit diesem besuchte er am 29.09.1916 eine Sitzung der Koninklijke Akademie van Wetenschappen in Amsterdam⁶, wo de Sitter einen Vortrag hielt „Over de relativiteit der rotatie in Einstein’s theorie“⁷. Beide standen in dieser Zeit am Anfang der sogenannten „Einstein – de Sitter Kontroverse“ und hatten ihre Diskussionen bis dato auch nur schriftlich führen können. Im Laufe der Debatte hatte de Sitter zunächst durch seine beharrliche Kritik an Einsteins Auffassung zu den Randbedingungen im Unendlichen diesen „genötigt“, das erste kosmologische Modell („Einstein-Welt“/Modell A) aufzustellen, welches der ART genügte, und im weiteren Verlauf durch Aufstellen seines eigenen Modells („De Sitter-Welt“/Modell B) eine weitere Konzeption Einsteins – das „Machsche Prinzip“ – ins Wanken gebracht. Da die Kontroverse schon umfangreich wissenschaftshistorisch aufgearbeitet worden ist, möchte ich im Wesentlichen nur bislang unbekanntes bzw. ergänzendes hinzufügen.⁸

Zunächst möchte ich anlässlich einer jüngeren Veröffentlichung etwas zum Charakter der Kontroverse anmerken: Auch wenn es sich dabei um eine Art „Streit“ gehandelt hat, war das Verhältnis der beiden Protagonisten ausgesprochen freundschaftlich und

¹Einstein an Elsa Einstein, 07.10.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 262b], EA 143-037

²siehe [Einstein06, Doc Vol. 8, 262b, Fn 1]

³Siehe Einstein an Elsa Einstein, 05.10.1916 bzw. 07.10.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 262a], EA 143-036 bzw. [Einstein06, Doc Vol. 8, 262b], EA 143-037.

⁴Nach dem Kalendereintrag vom 23.03.1914 in [Einstein98, S. 990] traf er bei diesem Aufenthalt neben Ehrenfest auch Lorentz und de Sitter.

⁵Meine Übersetzung von: “En toen kwamen de veelbewogen dagen van Einstein. Deze kwamen soms met Ehrenfest, soms alleen en toen hij weg was, kwam Ehrenfest alleen vrijen tijd, dien zij samen hadden. De groote tafel in ’t midden van de studeerkamer werd op zij geschoven, en beneden hoorde ik een onophoudelijk heen en weer loopen en heftig redeneeren.”, [deSitter Suermondt40, S. 33].

⁶*Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25** (1916), S. 495

⁷Veröffentlicht als [deSitter16b], siehe Einstein an Elsa Einstein, 30.09.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 261c], EA 143-035, für eine kurze Zusammenfassung des Vortrags siehe [article16]. Zur darin enthaltenen Kritik de Sitters an Einstein siehe [Kerszberg89b, S. 119ff] oder [Illy89, S. 257ff].

⁸Literatur zur „Einstein – de Sitter Kontroverse“: [Kerszberg89a], [Kerszberg87b], [Kerszberg89b], [Janssenb], editorial note “The Einstein-De Sitter-Weyl-Klein Debate” in [Einstein98, S. 351-7], [Röhle02], [Kahn75b] bzw. [Kahn75a] oder [Creinsten06, S. 103-8].

es war darin keiner dem anderen überlegen – sie waren auf gleicher Augenhöhe. Es war ein Ringkampf (um mir die Metapher Crelinstens zu borgen¹) um Konzepte, Ideen und Vorlieben, verkompliziert durch mathematische Details, die es korrekt anzuwenden und interpretieren galt.²

Als eigentlicher Beginn der Kontroverse wird meist der Besuch Einsteins in Leiden gesehen, da in den dortigen Diskussionen (s.u.) der Ausgangspunkt bestand.³ Der Beginn ihrer Korrespondenz und der de Sittersche Einfluss auf Einstein reicht aber eigentlich weiter zurück, wie der in Einsteins Schreiben an Ehrenfest aus dem Januar 1916 erwähnte Brief de Sitters zeigt.⁴ Wie aus den vier erhaltenen Briefen aus der Zeit vor Einsteins Besuch ablesbar, sind neben diesem ersten(?) Brief noch weitere Briefe nicht erhalten.⁵ Bereits der bislang älteste erhaltene Brief von Einstein vom 22.06.1916 verwies auf einen früheren Brief de Sitters: „Ihr Brief hat mich sehr gefreut und mir reiche Anregung gegeben.“⁶ Dessen Inhalt ließ sich bislang aus diesem und aus Bemerkungen Einsteins in „Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation“⁷, welche am selben Tag der Akademie vorgelegt wurde, teilweise rekonstruieren.⁸ In beiden Schriftstücken schrieb Einstein, dass er seine Bedingung $\sqrt{-g} = 1$ bei der Koordinatenwahl aufgegeben habe

durch eine briefliche Mitteilung des Astronomen DE SITTER, der fand, daß man durch eine andere Wahl des Bezugssystems zu einem einfacheren Ausdruck des Gravitationsfeldes eines ruhenden Massepunktes gelangen kann [...]⁹

Was genau de Sitter angemerkt hatte blieb aber bislang im Dunkeln. Spannenderweise habe ich diesen fehlenden Brief, datierend vom 07.06.1916, in de Sitters Notizbuch S12¹⁰ entdeckt (vollständige Transkription in Anhang A.4), sodass nun etwas mehr Licht auf die Inhalte ihrer frühen Diskussionen aus der prä-kosmologischen Phase geworfen werden kann, auch wenn gleich zu Anfang des Briefes erkenntlich ist, dass noch weitere Briefe verschollen sind:¹¹ „Ich danke sehr für Ihren Brief und die Korrekturbogen.“¹² Aus dem

¹[Crelinsten06, S. 103]

²Siehe dazu die angegebene Literatur, vor allem aber die Briefe zwischen Einstein und de Sitter. In [Rispen06] wird es so dargestellt, als ob de Sitter als Gewinner hervorgegangen sei, der Einstein überlegen war, siehe etwa S. 146, 149 u. 153. Dies und auch die enthaltene Darstellung des Verhältnisses zwischen de Sitter und Einstein entspricht meines Erachtens nicht den Tatsachen.

³Siehe etwa [Einstein98, S. 352] oder [Kerszberg87b, S. 54].

⁴Einstein an Ehrenfest, 17.01.1916, [Einstein98, Doc 182], EA 9-374

⁵Die vier Briefe sind in Anhang A.5 aufgelistet und wurden in [Einstein98] veröffentlicht. In de Sitters Brief vom 27.07.1916, [Einstein98, Doc 244], EA 20-537, wurde etwa eine bisher nicht aufgefundene Postkarte Einsteins erwähnt.

⁶Einstein an de Sitter, 22.06.1916, [Einstein98, Doc 227], EA 20-531

⁷[Einstein16c]

⁸siehe [Einstein98, Doc 227, Fn 1]

⁹[Einstein16c, S. 688]

¹⁰Box 21C, LEID

¹¹Ob es sich bei dem aufgefundenen Schreiben um den tatsächlichen Brief oder nur einen Entwurf handelt ist nicht definitiv ermittelbar, es scheint sich aber allem Anschein nach nicht um einen Entwurf zu handeln. Dafür spricht, dass das Blatt unterschrieben, datiert und gefaltet worden war.

¹²de Sitter an Einstein, 07.06.1916, S12, Box 21C, LEID

Kontext geht hervor, dass es sich um Korrekturbögen zu Einsteins „Näherungsweise Integration der Feldgleichungen der Gravitation“¹ gehandelt hatte, auf die de Sitter hier Bezug nahm. Der Brief untergliedert sich grob in zwei Teile. Zu Anfang gab de Sitter nach wenigen Überlegungen die Näherung für die $g_{\mu\nu}$ (er schrieb „das Schema der g “) eines ruhenden Massepunktes an, welche von Einstein in „Näherungsweise Integration [...]“ unter Angabe ihres Ursprungs angegeben wurde.² In der zweiten, längeren Hälfte des Briefes drehen sich die Fragen und Anmerkungen um Auswahl/Bestimmung von Koordinatensystemen. Wie man bislang nur aus Einsteins Brief an de Sitter vom 15.07.1916³ lernen konnte, hatte de Sitter sich an Einsteins Benennung „galileisch“ für das durch die Bedingung $\sqrt{-g} = 1$ charakterisierte Bezugssystem gestoßen und auch Bedenken geäußert, ob diese Bedingung zur Festlegung des Koordinatensystems hinreichend sei. Im neu entdeckten Brief findet sich zu letzterem:

Die Bedingung $\sqrt{-g} = 1$ ist nur eine Bedingung. Genügt sie dennoch zur Festlegung des Koordinatensystems? Ich glaube nicht. Es scheint mir so dass innerhalb dieser Bedingung noch viele Koordinatenwahlen möglich sind, woraus Sie in ihrer Merkur-Abhandlung eine ausgezeichnet haben durch die Festsetzungen 3 aus Seite 833, n.l.⁴ $g_{i4} = 0$.⁵

Zur Frage der Benennung hatte de Sitter sich so geäußert:

In Ihrem Briefe nennen Sie das Koordinatensystem das durch $\sqrt{-g} = 1$ charakterisiert ist „Galileischer Raum“. Es würde vielleicht besser sein zu sagen $\sqrt{-g} =$ unabhängig von κ . Denn wenn man auf das 1 steht werden z.B. gewöhnliche Polarkoordinaten ausgeschollen⁶, die doch nichts Un-Galileisches haben, und die unglücklichen Rechner werden gezwungen solche umständliche Koordinate wie z.B. z^3 [?] [Schwarzschild] zu gebrauchen. Die Bedingung $\sqrt{-g}$ unabhängig von κ , d.h. von der Gravitation, ist dann eine Art Befrierung⁷ oder Immobilisierung des Raumes, so dass die Koordinatenwahl unabhängig ist von eventuell im Raume anwesende Materie und deren Bewegung und Energie-Veränderung. Ich drücke mich vielleicht ganz laienhaft aus, aber Sie werden hoffentlich meine Meinung verstehen. Diesen so befreiten Raum kann man dann nach Galilei benennen, und die anderen Räume als nicht wirklich oder scheinbar ansehen – aber dass is[t] doch alles ganz willkürlich. Ein anderer Physiker, der an einem dieser anderen Räume etwas vorzügliches entdeckt hätte, hat gerade ebensoviel Recht diesem seinen Raum für den „Wahren“ zu halten, und ihn „Galileischen ~~oder~~ Raum“, oder vielleicht sogar „Aether“ zu nennen. In dieser Weise verstehe ich ihr „Nachtrag“. Habe ich dann Recht? Wenn nicht, so bitte ich Sie mich zu verzeihen und zu belehren.⁸

¹[Einstein16c]

²[Einstein16c, S. 392]. Einstein hatte hier die Variablen bestimmt, welche de Sitter unter Verweis auf eine ihm von Droste angekündigte Arbeit absichtlich nicht weiter berechnet hatte.

³Einstein an de Sitter, 15.07.1916, [Einstein98, Doc 235], EA 20-534

⁴vermutlich „nämlich“, von Niederl. *nl. = namelijk*

⁵de Sitter an Einstein, 07.06.1916, S12, Box 21C, LEID

⁶Hier ist wohl „ausgeschlossen“ gemeint.

⁷Hier meint er wohl „Einfrieren“ von Niederl. *bevroezen* = einfrieren.

⁸de Sitter an Einstein, 07.06.1916, S12, Box 21C, LEID

De Sitters Kritik – geprägt durch seine bescheidene Art – richtete sich also gegen das nicht-relative Moment der Auszeichnung eines Koordinatensystems (so wie er sich später gegen Einsteins unabhängige Randbedingungen als nicht-relatives Element gewehrt hat¹). Dies hatte Einstein in seinem Nachtrag dadurch begründet, dass durch diese Bedingung nur Gravitationswellen auftreten, welche auch Energie transportierten und daher der Bedingung eine „tiefe physikalische Bedeutung zukommt“^{2,3} Einstein hatte dies auch in seinem Schreiben vom 22.06.1916⁴ noch einmal erklärt, was de Sitter aber nicht zufriedengestellt oder alle Unklarheiten beseitigt hatte. Dieser hatte sich auf dem Brief Fragen notiert:

Was ist der „Galilei’scher Raum“? Kann man nicht ebenso gut sagen der „Äther“? Übrigens ist die „Bewegung“ von einem Koordinatensystem gegenüber einem anderen mir nicht klar. [...] ⁵

Den Brief hatte er samt Fragen an Lorentz zur Klärung gegeben. Dieser schickte knapp vier Wochen später Einsteins Brief begleitet von Bemerkungen dazu zurück – definitive Antworten lieferte er de Sitter jedoch nicht: „Was die „Bewegung“ des einen Koordinatensystems in Bezug auf das andere betrifft habe ich wohl eine Vermutung, mehr aber auch nicht.“⁶ Nachdem er seine Vermutung ausgeführt hatte äußerte er dieselbe Meinung wie de Sitter:

Übrigens bekomme ich beinah den Eindruck daß E.[in]stein seiner eigenen Lehre widerspricht da er eine Sorte Koordinatensysteme so herausstellt und von „Galilei’schen Raum“ spricht.⁷

Wohl aufgrund der langen Wartezeit hatte de Sitter inzwischen in einem weiteren, bislang unentdeckten Brief an Einstein zum Thema geschrieben, denn dieser ging am 15.07.1916⁸ erneut auf die Kritikpunkte ein, wobei er de Sitter nun teilweise beipflichtete.⁹ Ob die Thematik danach noch weiter diskutiert worden war ist unklar, da sich in den weiteren, erhaltenen Briefen keine Verweise mehr darauf finden.

Interessant ist es hier festzustellen, dass de Sitter in seiner Kontroverse mit Einstein auf die Expertise anderer zurückgriff, was bislang wenig bekannt ist – sieht man einmal von der oft zitierten Postkarte von Kluyver ab, in der de Sitter auf einen Rechenfehler

¹[deSitter17c, S. 527]. Siehe dazu [Einstein98, S. 352], [Illy89, S. 257] oder [Röhle02, S. 32].

²[Einstein16c, S. 696]

³Zu Gravitationswellen in der ART siehe [Cattani89a].

⁴Einstein an de Sitter, 22.06.1916, [Einstein98, Doc 227], EA 20-531

⁵Meine Übersetzung von: „Wat is die „Galilei’scher Raum“? Kan men niet even goed zeggen de „Aether“? Overigens is die „beweging“ van het eene coordinatensysteem ten opzichte van het andere mij niet duidelijk.“, zitiert nach [Einstein98, Doc 227, Fn 7].

⁶Meine Übersetzung von: „Wat de „beweging“ van het een coordinatenstelsel t.o.v. het andere betreft, heb ik wel een vermoeden, al is het dan niet méér.“, Lorentz an de Sitter, 16.07.1916, LEID.

⁷Meine Übersetzung von: „Overigens krijg ik bijna den indruk dat E.[in]stein enigszins ? aan zijn eigen leer wordt nu hij één soort coordinatenstelsels zoo bijzonder gaat bevoorrechten en van „Galilei’schen Raum“ gaat spreken.“, Lorentz an de Sitter, 16.07.1916, LEID.

⁸Einstein an de Sitter, 15.07.1916, [Einstein98, Doc 235], EA 20-534

⁹Die Existenz eines solchen Briefes ist aus dem ersten Satz des Briefes vom 15.07.1916 ersichtlich.

Einsteins hingewiesen worden war.¹ Gehäuft scheint dies der Fall gewesen zu sein während de Sitters Aufenthalt im Sanatorium in Doorn von März bis Oktober 1917 (siehe Abschnitt 6.3.2), wo ihm nur wenig Literatur zur Verfügung gestanden hatte. Er ließ sich etwa vom Leidener Mathematiker W. van der Woude Hilfestellung geben bei der Projektion seines Modells B auf eine Hyperebene^{2,3}. Seinem Mentor und Freund Kapteyn hatte er, für seinen dritten Artikel in den *MNRAS*⁴, einige Fragen gestellt, die dieser schriftlich nach seiner Eingangsbemerkung nach bestem Wissen beantwortete: „These are hard nuts you are giving me to crack. I will answer to the best of my knowledge, without pretending this 'best' is good enough.“⁵ Die schwierigen Fragen lauteten:

1. What is the lower limit of parallaxes we know (by direct observation) to exist?
2. What systematic redshift do we know of?
3. Mass of the Sideral System?

De Sitter benötigte diese Angaben, um die beobachtete Größe und Masse des Universums in Relation zu den aus den Modellen A und B gewonnenen Abschätzungen setzen zu können, was er in genanntem Artikel unter den Abschnitten 6 und 7 unter Rückgriffe auf die von Kapteyn gegebenen Antworten tat.⁶ Zu der aus heutiger Sicht interessante Frage nach den systematischen Rotverschiebungen (Thema „Was war darüber *vor* Hubble bekannt?“) hatte Kapteyn nach der Aufzählung einiger Werte gesagt:

Wie Sie wissen werden hier [bei den Nebeln] enorme Geschwindigkeiten beobachtet, z.B. für NGC 4595 findet Pease +1180(?) km Slipher +1100 km siehe Pop. Astr. 24 S. 213 Ob dadurch auch etwas bewiesen wird für eine durchschnittliche Verschiebung zum Roten, weiß ich nicht.⁷

Dies zeigt sehr deutlich, wie unsicher man in dieser Frage zu dieser Zeit war, was auch de Sitter in seinem Artikel ausdrückte:

Recently a number of radial velocities of these nebulæ have been determined. The observations are still very uncertain, and conclusions drawn from them are liable to be premature. [...] If, however, continued observation should confirm the fact that the spiral nebulæ have systematically positive radial velocities, this would certainly be an indication to adopt the hypothesis B in preference to A.⁸

¹Siehe [Kerszberg89b, S. 189], [Einstein98, Doc 317, Fn 6] oder [Röhle02, S. 49], worin auch auf die Identität Kluvers eingegangen wurde. Die dort geäußerte Hoffnung, die diesbezüglich bestehende Unklarheit durch Quelleneinsicht in Leiden zu beseitigen, erfüllte sich leider nicht, da das Dokument nicht vorgefunden wurde.

²Siehe dazu etwa [Röhle02, S. 45].

³van der Woude an de Sitter, 05.04.1917, Box 31, LEID

⁴[deSitter18]

⁵Kapteyn an de Sitter, 28.06.1917, Box 40, LEID, hier zitiert nach [deSitter00, S. 96f]

⁶Abschnitt 6: Estimates of R in the system A (darin Verweis auf Antwort 3 auf S. 24), Abschnitt 7: Estimates of R in the system B (darin mehrere Bezüge zur Antwort 2, ohne den Brief zu nennen)

⁷Meine Übersetzung von: „Zooals ge weet zijn hier enorme snelheden waargenomen, b.v. voor NGC 4595 vindt Pease +1180(?) km Slipher +1100 km zie Pop. Astr. 24 p 213 Of daarbij echter ook iets blijkt van(?) een gemiddelde verschuiving naar rood, weet ik niet.“, Kapteyn an de Sitter, 28.06.1917, Box 40, LEID.

⁸[deSitter18, S. 27f]

Auch Lorentz wurde von de Sitter indirekt 1917 an seiner Kontroverse mit Einstein beteiligt, indem er sich mit diesem über darin auftretende Fragestellungen austauschte und sehr an Lorentz Meinung und Antworten interessiert war.¹ Dieser musste sich allerdings zunächst mit der Materie bekannt machen, bevor er ausführlich antworten konnte:

Ich habe Sie etwas lange auf Antwort warten lassen weil ich mich in all diesen neuen Betrachtungen von Ihnen und Einstein noch nicht komplett zu Hause fühle. Auch wollte ich die genannte Abhandlung von Einstein gerne noch einmal lesen, und die musste ich erst nach hier kommen lassen.²

Unter den von de Sitter angesprochenen Punkten (u.a. hatte er Lorentz zu einem Einwand gegen System A gefragt) findet sich etwas hervorhebenswertes zu der Thematik, die später eng mit den bereits erwähnten Nebeln und der Rotverschiebung verknüpft wurde – anachronistisch formuliert: Ist die Größe des Universums von der Zeit abhängig? Bekanntermaßen gingen de Sitter und Einstein wie ihre Zeitgenossen zu dieser Zeit noch davon aus, dass die Welt im Ganzen statisch sei, weshalb nur solche Weltmodelle für sie in Frage kamen.³ Wie sich später herausstellte, war de Sitters Modell B aber eigentlich kein statisches, denn es *erschien* nur durch die gewählten Koordinaten so.⁴ In seinen Veröffentlichungen und Briefen an Einstein hatte de Sitter stets die Koordinaten so gewählt, dass im Linienelement *kein* mit der Zeit veränderlicher Radius auftrat. Lorentz gegenüber erwähnte er immerhin die ihm bekannte Existenz einer solchen Möglichkeit:

Ich habe 3 Gleichungen aufgestellt für die Größen a, b, f in $ds^2 = -adr^2 - b(d\psi^2 - \sin^2 \psi d\theta^2) + fdt^2$ unter der Annahme dass a, b, f allein Funktionen von r sind. [Ich habe die Gleichungen für den Fall dass sie Funktionen von r und t sind, aber dies ist nicht nötig, da man auch im System B ein solches t' einführen kann dass alle $g_{\mu\nu}$ nur von r abhängen].⁵

Außer dem lapidaren „ist nicht nötig“, was eher nach der Bevorzugung eines einfacheren Falles klingt als nach einer Begründung durch eine vorherrschende Auffassung, findet sich leider keine Erklärung für die komplette Nichtbeachtung des Falles in de Sitters Brief, und auch Lorentz ging darauf in seiner Antwort mit keinem Wort ein.

¹Siehe de Sitter an Lorentz, 09.06.1917, RNH, Zitat dazu bereits auf S. 136. Die entsprechenden Briefe zwischen Lorentz und de Sitter aus 1917 sind in Anhang A.5 aufgelistet.

²Meine Übersetzung von: „Ik heb U wat lang op antwoord laten wachten om dat ik mij in al deze nieuwen bespiegelingen van U en Einstein nog niet geheel tehuis gevoel. Ook wilde ik den verhandeling van Einstein waarvan sprake is gaarne nog eens lezen en ik moet die(?) eerst hier laten komen.“, Lorentz an de Sitter 23.06.1917, LEID, der Brief umfasst insgesamt acht Seiten.

³siehe etwa [North67, S. 88]

⁴siehe etwa [Röhle02, S. 59ff] oder [North67, S. 111]

⁵Meine Übersetzung von: „Ik heb 3 vergelijkingen opgesteld voor de grootheden a, b, f in $ds^2 = -adr^2 - b(d\psi^2 - \sin^2 \psi d\theta^2) + fdt^2$ in de veronderstelling dat a, b, f alleën functie van r zijn. [Ik heb de vergelijkingen voor het geval dat ze functie van r en t zijn, maar dit is niet noodig, want ook in het stelsel B kan men een zoodanige t' invoeren dat alle $g_{\mu\nu}$ alleen van r afhangen].“, de Sitter an Lorentz, 09.06.1917, RNH, eckige Klammern im Original. Für die drei Gleichungen siehe [deSitter18, S. 7].

Zurück zu Einsteins Besuch nach Leiden und dem eigentlichen Ausgangspunkt der Einstein – de Sitter Kontroverse: Ihren Gesprächen. Dass de Sitter und Einstein in Leiden mehrfach miteinander gesprochen hatten, wurde bereits weiter oben durch ein Zitat aus der Biografie von de Sitters Frau belegt.¹ *Worüber* sie gesprochen hatten, ließ sich bislang aus den anschließend ausgetauschten Briefen² und einer nachträglichen Anmerkung de Sitters zu seinem Artikel „De relativiteit der rotatie in de theorie van EINSTEIN“³ rekonstruieren. Nach letzterem hatte ein Gespräch mit Einstein am 29.09.1916 stattgefunden – einen Tag bevor de Sitter den zugrunde liegenden Vortrag unter Einsteins Beisein vor der Amsterdamer Akademie gehalten hatte (siehe S. 139).⁴ Dass es wenigstens noch ein weiteres Gespräch zwischen ihnen gegeben hatte, lässt sich anhand von Gesprächsnotizen de Sitters nachweisen, welche ich in seinem Notizbuch S12 gefunden habe (Transkription in Anhang A.4).⁵ Dort gibt es Notizen zu dem bereits bekannten Datum, aber auch einen Tag vorher, dem 28.09.1916 wurden von de Sitter skizzenartig Inhalte eines Gespräches festgehalten:

Gespräch mit Einstein, Ehrenfest und Nordström am 28 Sept. (1916)⁶ über Relativität von Rotation.

Einstein will die Hypothese von der Abgeschlossenheit der Welt. [...] ⁷

Damit bezog sich de Sitter auf die Idee, welche Einstein im Mai Besso gegenüber bereits im Mai angedeutet hatte:

In der Gravitation suche ich nach den Grenzbedingungen im Unendlichen; es ist doch interessant, sich zu überlegen, inwiefern es eine *endliche* Welt gibt, d.h. eine Welt von natürlich gemessenen endlicher Ausdehnung, in der wirklich alle Trägheit relativ ist.⁸

Damit verband Einstein im September gegenüber de Sitter, Ehrenfest und Nordström seine Vorstellung, dass es ferne Massen jenseits aller beobachtbaren Materie gebe (im Unendlichen, d.h. in großer, aber mathematisch endlicher Entfernung, siehe de Sitters

¹[deSitter Suermondt40, S. 33]

²de Sitter an Einstein, 01.11.1916, [Einstein98, Doc 272], EA 83-131 und Einstein an de Sitter, [Einstein98, Doc 273], EA 20-539

³[deSitter16b, S. 503, Fn 2], in der englischen Übersetzung des Artikels [deSitter17c, S. 531, Fn 2]. Zum Inhalt des Artikels siehe auch [Illy89, S. 257].

⁴Illy formulierte trotz de Sitters eigener Angabe sehr spekulativ: „The relativity of rotation must have been a topic of hot debate during Einstein’s visits to the Netherlands in 1915-1916 in which, in addition to Einstein, Lorentz and Fokker, Ehrenfest and De Sitter must also have taken part. My reasons for suggesting this are De Sitter’s papers from 1916 mentioned above and a letter from Lorentz to Einstein.“, [Illy89, S. 257]. Die Angabe über mehrere Treffen im Zeitraum 1915-1916 ist nicht korrekt.

⁵Der neu entdeckte Brief de Sitters an Einstein vom 07.06.1916 fand sich übrigens zwischen diesen Seiten.

⁶„(1916)“ wurde mit Bleistift nachträglich hinzugefügt.

⁷Meine Übersetzung von: „Gesprek met Einstein, Ehrenfest en Nordström op 28 Sept. (1916) over relativiteit van rotatie. Einstein wil de hypothese van de afgeslotenheid der wereld. [...]“; S12, Box 21C, LEID, Hervorhebung im Original.

⁸Einstein an Besso, 14.05.1916, [Einstein98, Doc 219], EA 7-277, Hervorhebung im Original.

Notizen¹), welche die Trägheit der beobachtbaren Massen verursachten. Zugleich stellte Einstein sich vor, dass die $g_{\mu\nu}$ im Unendlichen für alle Koordinatensysteme gleich entarten sollten, und durch die fernen Massen die Metrik dann im Endlichen in die Minkowskische übergehe.² Dafür war er auch bereit

die vollkommene Freiheit der Transformationen aufzugeben und z.B. die Transformation festzulegen auf solche bei denen immer eine Zeitkoordinate und drei Raumkoordinaten bleiben, und wobei auch nie eine Raumachse Zeitachse wird etc.³

Ob es möglich sein werde, solche Werte für die $g_{\mu\nu}$ zu finden, welche für eine nicht zu stark eingeschränkte Transformationsgruppe invariant seien, so notierte de Sitter, sei eine mathematisch zu klärende Frage:

Lautet die Antwort nein (was Ehrenfest und ich erwarten), dann ist Einsteins Hypothese der Abgeschlossenheit unwahr. Lautet die Antwort ja, dann steht die Hypothese nicht im Widerspruch zur Relativitätstheorie. Gleichwohl ich auch dann spüre dass sie im Widerspruch steht zum Geist des Relativitätsprinzips. Und Einstein gibt zu dass ich dazu das Recht habe. Auch Verwerfen der Hypothese ist vollkommen erlaubt in der Relativitätstheorie.⁴

¹Wie schon in [Kerszberg89b, S. 145] bemerkt, ist es aus heutiger Sicht schwierig, diese oftmals vorhandene Vermischung vom „Unendlichen“ und „endlich“ in einem Atemzug nachzuvollziehen. De Sitter hatte diese Schwierigkeiten 1920 in einem Brief aus Arosa an Lorentz selbst aufgegriffen: „Und das „Unendliche“ ist nur eine mathematische Abstraktion, die dazu dient, bequemer über unsere Formeln ? zu können jedoch ohne physische Bedeutung. Auch der andere Standpunkt, der von Mach, dass die Trägheit durch Materie verursacht werden muß, ist m.E. ein Missverständnis das auf dem Gebrauch von endlichen Größen anstelle von Differentialquotienten beruht.“ (meine Übersetzung von: „En het „oneindige“ is alleen een mathematische abstractie, dienende voor(?) gemakkelijker(?) over onze formules te kunnen ? maar zonder physische beteekenis. Ook het andere standpunt, dat van Mach, dat de traagheid door materie moet worden voortgebracht, is m.i. een misvatting die berust op het gebruik van eindige grootheden in plaats van differentiaal quotienten.“, de Sitter an Lorentz, 19.09.1920, RNH). Seine Schlussfolgerung zum Thema lautete nach einigen Ausführungen dazu: „Ich habe stark das Gefühl, dass das ganze Suchen nach der „Relativität der Trägheit“ das Nachjagen von einem Schatten gewesen ist.“ (meine Übersetzung von: „[I]k heb sterk het gevoel dat het heele zoeken naar(?) de „relativiteit van de traagheid“ het najagen van een schaduw geweest is.“)

²Siehe auch [Einstein98, S. 352] oder [Kerszberg89b, S. 119ff].

³Meine Übersetzung von „de volkomen vrijheid van transformatie op te geven, en b.v. de transformatie te bepalen tot zoodanige(?) waarbij(?) altijd een tijds-coördinat en drie ruimte coordinate zijn, en(?) waarbij ook niet een ruimtecoördinatas tijd as werdt(?) etc.“, S12, Box 21C, LEID.

⁴Meine Übersetzung von: „Luidt [lautet] het antwoord neen (wat Ehrenfest en ik verwachten [erwarten]) dan is Einstein's hypothese der afgeslotenheid onwaar. Luidt het antwoord ja, dan is die hypothese niet in strijd met de relativiteits theorie. Evenwel ? ik ook dan vo[e]l(?) dat zij wel in strijd is met den geest van het relativiteitsprincipe. En Einstein geeft toe dat ik daartoe het recht heb. Ook verwerping der hypothese is volkomen(?) geoorloofd [erlaubt] in de relativiteits theorie.“, S12, Box 21C, LEID.

Am nächsten Tag hatte Einstein eine Antwort, denn er lieferte einen solchen Satz von entarteten Werten¹, was zwar die Antwort „ja“ lieferte, aber de Sitter keineswegs überzeugte: „Lass dies so sein, dann akzeptiere ich die Hypothese noch immer nicht, da sie die Welt endlich machen würde.“² Was er hier mit „Abgeschlossenheit“ und „endlich“ bezeichnete meinte eigentlich „begrenzt“ oder „beschränkt“, was aus de Sitters Brief an Einstein im Anschluss an dessen Besuch ablesbar ist³ und aus dem auch erkennbar ist, dass seine Kritik inzwischen eine Verschiebung erfahren hatte:

Es ist nicht die principielle beschränktheit in Raum und Zeit die mich hindert, sondern die Ueberzeugung dass die Grenze, die „Hülle“ doch immer hypothetisch bleiben wird, und niemals beobachtet werden wird. [...] Aber wenn ich dass alles⁴ Glauben soll, dan hat Ihre Theorie für mich doch viel von ihre klassische Schönheit verloren. Mann gewinnt damit [den fernen Massen] eine „Erklärung“ des Ursprungs der Trägheit, die doch eigentlich keine Erklärung ist, denn es ist nicht eine Erklärung aus bekannten, oder kontrollierbaren Tatsachen, sondern aus ad hoc erfundenen Massen. Ich bin überzeugt–aber das ist natürlich nur ein *Glauben*, der nicht erwiesen werden kann–dass es mit diesen Massen gehen wird wie mit dem „Aetherwind“. Man wird immer neue Anstrengungen machen sie wirklich zu beobachten, aber das wird niemals gelingen, bis man sch[li]esslich zu der Ueberzeugung kommt dass sie nicht existieren. [...] Ich würde es nicht wagen dies Alles Ihnen zu schreiben, wenn ich nicht aus den sehr angenehmen Stunden die wir zusammen durchgemacht haben, wusste dass Sie es nicht falsch verstehen werden. Sie wissen dass es nur meine tiefe Bewunderung für Ihre Theorie ist die mich dazu zwingt.⁵

Hier setzt die bisherige Berichterstattung zur Kontroverse ein, die de Sitters frühe Kritik zum einen an den fernen Massen (in Brief geäußert) und zum anderen am Entarten des metrischen Tensors (hauptsächlich in „De relativiteit der rotatie in de theorie van EINSTEIN“⁶ zu finden) dingfest macht. Einsteins Antwort auf den Brief de Sitters erscheint meines Erachtens unter dem Licht der Notizen etwas klarer, vor allem da Einstein seine Position offenbar bedingt durch die Kritik nun neu definiert bzw. in Leiden geäußerte Vorstellungen relativiert hatte:

Es thut mir leid, Ihnen gegenüber zu viel Nachdruck auf die Frage der Grenzbedingungen gelegt zu haben. Es handelt sich hier um eine reine Geschmacksfrage, die nie eine Naturwissenschaftliche Bedeutung erlangen wird. Aber ich muss doch so gleich hinzufügen, dass ich an eine *zeitlich* endliche Ausdehnung der Welt *niemals*

$$1 \left\{ \begin{array}{cccc} 0 & 0 & 0 & \infty \\ 0 & 0 & 0 & \infty \\ 0 & 0 & 0 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty^2 \end{array} \right.$$

²Meine Übersetzung von: „Laat dit zoo zijn, dan accepteer ik nog de hypothese niet, daar zij de wereld eindig zou maken.“, S12, Box 21C, LEID.

³Unmissverständlich schreibt er dies auch in einer Ergänzung zu den Gesprächsnotizen aus dem Mai 1917.

⁴Siehe den Brief für die Erläuterung, was hier mit „dass alles“ gemeint wurde.

⁵de Sitter an Einstein, 01.11.1916, [Einstein98, Doc 272], EA 83-131, Hervorhebung im Original

⁶[deSitter16b, S. 503, Fn 2]

gedacht habe; auch bei dem Räumlichen kommt es auch eine *endliche Ausdehnung* nicht an. Sondern es trieb mich mein Verallgemeinerungsbedürfnis nur zu folgender Auffassung: [Hier erklärt er seine Vorstellung der räumlichen Hülle] [...] Damit [dass nicht alle Trägheit durch die Massen bestimmt wird, sondern ein Teil durch die Grenzbedingungen] *muss* ich mich in der Praxis und *kann* ich mich in der Theorie zufrieden geben, und bin gar nicht unglücklich, wenn Sie jede weitergehende Frage ablehnen. Andererseits dürfen Sie mich nicht schelten, wenn ich noch neugierig genug bin zu fragen: Kann ich mir eine Welt bzw. die Welt so denken, dass die Trägheit ganz von den Massen herrührt und gar nicht von den Grenzbedingungen? Solange ich mir klar bewußt bin, dass diese Marotte nicht den Kern der Theorie berührt, ist sie unschuldig; ich verlange keineswegs von Ihnen, dass Sie diese Neugier teilen müssen!¹

Einsteins Neubesinnung könnte man als ersten kleinen „Erfolg“ de Sitters betrachten, auf den etwa vier Monate später ein viel größerer folgte, da Einstein nun die Berechtigung der Kritik eingesehen hatte:

Ich bin ganz von meiner von Ihnen mit Recht bekämpften Ansicht vom Ausarten der $g_{\mu\nu}$ abgekommen. Ich bin neugierig, was Sie zu der etwas phantastischen Auffassung sagen werden, die ich jetzt ins Auge gefasst habe.²

Damit meinte Einstein bekanntlich die von de Sitter später als Modell A bezeichnete Einsteinsche Zylinderwelt, das erste relativistische Weltmodell, mit welchem die relativistische Kosmologie geboren wurde.

Obwohl hier nun der spannende Teil der Kontroverse begann, kehre ich zurück zu Einsteins Besuch bzw. in die Zeit nach seinem Besuch. Sowohl für Einstein, der sich schon aus Leiden hocheifrig über seinen Aufenthalt geäußert hatte (s.o.) als auch für seine Leidener Freunde war die Zeit, die sie zusammen verbringen konnten, eine sehr schöne gewesen. An Zangger schrieb Einstein:

In Holland habe ich sehr glückliche Tage verlebt im Kreise der dortigen Fachgenossen. Welcher Riesenunterschied! Dort müssen Sie auch einmal hin. Die Gravitationstheorie hat dort gewaltig Wurzel geschlagen; aber dies ist gewiss nicht die Hauptursache für meine Sympathien.³

Und an Besso berichtete er:

Unterdessen habe ich wunderschöne Tage in Holland verlebt. Dort ist die allgemeine Relativität schon ganz lebendig geworden. Nicht nur Lorentz und der Astronom de Sitter arbeiten selbständig in der Theorie sondern auch noch mehrere junge Kollegen [J. Droste, A.D. Fokker]. Auch in England hat die Theorie Wurzel gefasst. Mit Ehrenfest und besonders mit Lorentz verbrachte ich unvergessliche Stunden. nicht nur anregend, sondern auch erquickend. Ich spüre überhaupt, dass ich diesen Menschen unvergleichlich näher stehe. Nordström war auch dort, den Du ja kennst.⁴

¹Einstein an de Sitter, 04.11.1916, [Einstein98, Doc 273], EA 20-539. Hervorhebungen im Original. Zu diesem und dem vorhergehend zitierten Brief siehe auch [Kerszberg89b, S. 143ff].

²Einstein an de Sitter, 02.02.1917, [Einstein98, Doc 293], EA 20-541

³Einstein an Zangger, 13.10.1916, [Einstein06, Doc Vol. 8, 263b], EA 86-541

⁴Einstein an Besso, 31.10.1916, [Einstein98, Doc 270], EA 7-291.2

Letzterer berichtete an Einstein, dass die bei dessen Besuch behandelten Themen in Leiden noch lebendig waren:

Wir leben hier in Leiden noch in dem Nachklingen von Ihrem Besuch. Was damals besprochen wurde, wird immernoch weiter diskutiert. So sprach Fokker gestern im Colloquium über die Frage von den $g_{\mu\nu}$ im Unendlichen, dazu veranlasst durch die zweite Lösung von Droste für das Gravitationsfeld eines Massenzentrums.^{1,2}

Obwohl beide Seiten sehr an einem baldigen, weiteren Besuch Einsteins interessiert waren, kam dieser aus verschiedenen Gründen erst nach dem Krieg zustande (für eine Übersicht über Einsteins Aufenthalte in Leiden siehe Tabelle 3.1)^{3,4}

Jahr	Details
1911	ab 10.02. [Fölsing95, S. 946]
1914	23.03.-?, trifft Ehrenfest, Lorentz, de Sitter [Einstein98, S. 990]
1916	ab 27.09.-12.10. [Einstein98, Doc 270, Fn 1]
1919	ab 18.10. für 2 Wochen [Einstein04, S. 579] ⁵
1920	27.10. Antrittsvorlesung als „bijzonder hoogleeraar“ [Fölsing95, S. 948]
1921	November [Pais86, S. 528]
1922	Mai [Pais86, S. 528]
1923	Mai [Pais86, S. 528]
1923	September (Foto vom 26.09.1923), [Rispen06, S. 96 gg]
1923	November [Rispen06, S. 96 gg]
1924	Oktober [Pais86, S. 528]
1925	Februar [Pais86, S. 528]
1930	April [Pais86, S. 528]

Tabelle 3.1. – Besuche Einsteins in Leiden

Fast genau drei Jahre nach seinem letzten Besuch hielt sich Einstein im Oktober 1919 erneut für zwei Wochen in Leiden auf. Im Oktober war es noch ruhig um Einstein, denn das Ergebnis der englischen Sonnenfinsternisexpedition um Eddington war noch

¹[Droste16a]

²Nordström an Einstein, 30.11.1916, [Einstein98, Doc 281], EA 18-427

³Zu Einsteins dortigen Aufenthalten, seinem Verhältnis zu Ehrenfest, Lorentz und Kamerlingh-Onnes sowie seinen in Leiden von ihm aufgefundenen Manuskripte und Reprints siehe auch [vanDelft06].

⁴Einstein wollte den Nederlandsch Natuur- en Geneeskundig Congres vom 12.-14.04.1917 in Den Haag besuchen, siehe [Einstein98, Doc 298/315], EA 9-398/16-458, was aber aus gesundheitlichen Gründen nicht umgesetzt werden konnte. Ehrenfest hatte ihn mehrfach eingeladen, erneut zu kommen, siehe [Klein85, S. 305], und auch Nordström wünschte sich (wissenschaftlich wie menschlich) einen weiteren Besuch, siehe Nordström an Einstein, 22.09.1917, [Einstein98, Doc 382], EA 18-428. Da dies nicht umzusetzen war, besuchte er zusammen mit seiner schwangeren Frau Einstein im Sommer 1918 in Berlin, siehe [Isaksson85, S. 49].

nicht offiziell verkündet gewesen (die Bekanntgabe erfolgte am 06.11.1919)¹. Trotzdem hatte man in Leiden bereits über das Ergebnis Kenntnis, da auf zahlreichen Wegen Informationen über den Kanal gelangten. So hatte etwa Rutherford² an Fokker berichtet:

I may tell you in private that Einstein's ~~shift~~ bending of light near the sun may soon be verified from astronomical data(?) but do not mention it until an official announcement is made. It is all very interesting.³

Eddington selbst hatte Hertzprung über den Ausgang informiert⁴ und Lorentz erfuhr Details über den Konservator vom Museum Teyler, Balthasar van der Pol, der persönlich in England davon erfahren hatte.⁵ Schon *vor* Einsteins Eintreffen konnte Lorentz diesem so vom Ergebnis berichten.⁶ Ehrenfest hatte eigentlich geplant, dass Eddington zumindest teilweise parallel zu Einstein in Leiden anwesend sein sollte, doch er war leider verhindert gewesen.⁷

Bereits vor diesem Aufenthalt Einsteins hatte Ehrenfest sich darum bemüht, Einstein enger an Leiden zu binden und ihm eine dauerhafte Position mit zahlreichen Privilegien dort zu verschaffen. So sehr es ihn auch reizte, einen derartigen Wechsel von Berlin nach Holland konnte und wollte Einstein nicht vollziehen. Um überhaupt eine formale Bindung mit ihm zu bekommen, wurde schließlich eine Gastprofessur für ihn eingerichtet, an die kaum Bedingungen geknüpft waren. Einstein willigte ein und wurde am 09.02.1920 „bijzonder hoogleraar“ in Leiden. Die zugehörige Antrittsrede hielt er am 27.10.1920 über „Äther und Relativitätstheorie“^{8,9}. Fokker und de Sitter, beide zu dieser Zeit in Arosa zur Kur, waren sowohl über das Ergebnis der Expedition als auch über die neue

¹[RAS19a]. Diese Bekanntgabe war der Auslöser für die große Berühmtheit Einsteins, Eddington hatte aber bereits im September bei einem Treffen der BAAS über die Ergebnisse berichtet, siehe etwa [Einstein04, Doc 110, Fn 3].

²Obwohl Rutherford Einsteins Arbeit bewunderte, hatte er dennoch eine Befürchtung: “While I personally have not much doubt about the accuracy of Einstein’s conclusions and consider it a great piece of work, I am a little afraid it will have the tendency to ruin many scientific men in drawing them away from the field of experiment to the broad road of metaphysical conceptions.”, Rutherford an Hale, 13.01.1920, zitiert nach [Crelinsten06, S. 150].

³Rutherford an Fokker, 15.10.1919, MBL2, Hervorhebung im Original.

⁴Eddington hatte Hertzprung das Ergebnis schriftlich mitgeteilt, siehe [Einstein06, Doc Vol. 9, 148b, Fn 3], dafür bedankte Einstein sich später noch einmal in Einstein an Hertzprung, 16.11.1919, [Einstein06, Doc Vol. 9, 166a], EA 87-130.

⁵Siehe dazu [Einstein04, Doc 110, Fn 3].

⁶Lorentz hatte ihm am 22.09.1919 telegraphiert und am 07.10.1919 ausführlicher per Brief berichtet, siehe Lorentz an Einstein, 22.09.1919 und 07.10.1919, [Einstein04, Doc 110], EA 16-478 bzw. [Einstein04, Doc 127], EA 16-488. Siehe auch [Klein85, S. 313]. Während seines Aufenthaltes besuchte Einstein zusammen mit Ehrenfest und Lorentz die Sitzung der Akademie am 25.10.1919, wo Lorentz über die Ergebnisse der Expedition berichtete, siehe *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **28** (1920), S. 356.

⁷[Einstein04, Doc 123/186]

⁸[Einstein20]

⁹Für mehr Details dazu siehe [Klein85, S. 310-6], für Informationen zu Einsteins Gründen, eine dauerhafte Position abzulehnen (er hatte bereits 1912 die Nachfolge Lorentz’ nicht antreten wollen) siehe [Kox93a]. Siehe auch [Einstein04, S. 600]. Zur Rede siehe z. B. [Klein85, S. 323] oder [Illy89, S. 277ff].

Position Einsteins informiert.¹ Letzteres hatten sie aus einem Brief von Kamerlingh-Onnes an de Sitter erfahren, wie Fokker an Lorentz berichtete. Sie waren darüber sehr erfreut und fanden es „sensationell“.² De Sitter hatte auch eine Kopie der Antrittsrede erhalten, die er „mit *sehr* großem Vergnügen“ gelesen hatte, was er sowohl Einstein als auch Lorentz berichtete.³ Er sah sich darin in seiner Ansicht bekräftigt, dass es keine materielle Erklärung des Äthers geben könne (siehe Abschnitt 5.3). Des Weiteren wurde er dazu angeregt, in Reaktion auf eine Passage der Rede einen kurzen Artikel zu verfassen.⁴ Darin zeigte er quasi als Nachtrag zu seiner Kontroverse mit Einstein, dass dieser in der Rede eine Folgerung aus den Feldgleichungen gezogen hatte, worin implizit eine Zusatzhypothese benötigt wurde, auf die de Sitter nun u.a. hinwies: Einsteins Modell A folge nur dann aus den Feldgleichungen, wenn bei positiver mittlerer Dichte zusätzlich noch ein globales statistisches Gleichgewicht der Materie angenommen werde.

3.1.2.3. Beiträge aus Leiden

Dieser Artikel de Sitters war im Grunde genommen einer der letzten aus einer sehr lebendigen und aktiven Phase Leidener Beiträge zur ART. Zwischen 1915 und 1920 hatten hier neun Autoren über 30 Forschungsartikel dazu verfasst (trotz des Krieges war man etwa in Deutschland⁵ prinzipiell darüber informiert), danach aber hatte die Beschäftigung rapide abgenommen.⁶ Wie in Abschnitt 3.1.1 bereits gezeigt, gab es schon zu dem ersten Ansatz der ART, der Entwurftheorie, zahlreiche Beiträge von Leidener Wissenschaftlern (Droste, Fokker, Lorentz), die nun auch zur endgültigen Fassung arbeiteten. Hinzu kamen noch die Arbeiten von de Sitter, die von Nordström⁷ sowie kleinere Beiträge von Kramers⁸, Schouten⁹ und Tresling¹⁰.¹¹ Ehrenfest hatte, abgesehen von der Plattform,

¹Dyson hatte de Sitter über die Ergebnisse berichtet, siehe Fokker an Einstein, 18.11.1919, [Einstein04, Doc 168], EA 11-036. De Sitter hatte Einstein dann am 01.12.1919 postalisch gratuliert, siehe de Sitter an Einstein, 01.12.1919, [Einstein04, Doc 185], EA 20-569, siehe auch Abschnitt 5.2.

²Fokker an Lorentz, 21.02.1920

³de Sitter an Einstein, 04.11.1920, [Einstein06, Doc 190], EA 20-571 bzw. de Sitter an Lorentz, 3??.1920, RNH

⁴[deSitter20c] bzw. [deSitter21b], siehe dazu de Sitter an Lorentz, 3??.1920, RNH, dem der Artikel beigelegen hatte.

⁵Im *Jahrbuch über die Fortschritte der Mathematik* 46 (1916) finden sich zahlreiche Rezensionen von Artikeln: Lorentz (S. 1328-9), Droste (S. 1330-2), de Sitters Artikel [deSitter16a], [deSitter16b], [deSitter17e], [deSitter17d], [deSitter18e] (S. 1333-42) und Fokker (S. 1353). Diese wurden sämtlich von „Kotteler, Prof. (Wien)“ besprochen, was eigentlich nur Friedrich Kottler (siehe dazu auch Abschnitte 3.1 und 4.2) gewesen sein kann. Auch in der Ausgabe vom Jahr zuvor waren zahlreiche Werke Leidener Wissenschaftler aufgeführt, teilweise mit eigenen Rezensionen der Autoren, die indirekt (bei de Sitter etwa über Freundlich) an die Zeitschrift gelangt waren.

⁶Siehe den Übersichtsartikel von [Kox92] zu den Veröffentlichungen der Leidener.

⁷z. B. [Nordström17], [Nordström18b] oder [Nordström18a]

⁸z. B. [Kramers21]

⁹z. B. [Schouten18b], [Schouten18a] oder [Schouten21]

¹⁰[Tresling17]

¹¹Da ich nur auf ausgewählte Beiträge eingehe, sei für den Rest auf [Kox92] verwiesen, für Nordströms Werk siehe [Isaksson85], [Norton92], [Norton93] oder [Halpern04].

die er mit seinem Seminar bot, keine direkten eigenen Beiträge zur ART geleistet.¹

Droste, der an seiner Dissertation² arbeitete und bereits aus der Entwurftheorie die Felder einer bzw. zweier Massen berechnet hatte³, wiederholte dies nun für die ART. Dabei leitete er einfacher und unabhängig von Schwarzschild eine exakte Lösung der Feldgleichungen einer einzelnen Masse (Massenpunkt) her⁴ – “Schwarzschild solution in Droste’s coordinates” wie es Eisenstaedt nannte⁵, was auch von Einstein wahrgenommen und gelobt wurde, und er leitete eine approximative Lösung für n Körper ab⁶. Trotz ihrer Bedeutung gerieten diese Werke Drostes jedoch in Vergessenheit, ebenso wie seine zusammen mit Lorentz verfasste Erweiterung zum Mehrkörperproblem⁷, die vermutlich aufgrund der Tatsache, dass sie bis 1939 nur auf niederländisch erschienen war⁸, kaum Beachtung fand.⁹ Selbst de Sitter und Einstein referenzierten diese Arbeiten nie, obwohl ersterer diese im Original hätte lesen können (und vermutlich auch getan hatte) und letzterer nachweislich von deren Existenz zeitweilig gewusst hatte.¹⁰

Als Fokkers Hauptbeitrag¹¹ zur ART wird meist seine Beschäftigung mit der von Schouten entdeckten geodätischen Präzession genannt (oft auch als 4. Test der ART bezeichnet). Daneben hatte er eine Erweiterung und Reformulierung von Lorentz’ früherer Arbeit zur Hamiltonschen Formulierung der ART vorgenommen, in der die Ableitung der kontrahierten Bianchi-Identitäten und ihre Auswirkungen auf die Feldgleichungen als besonders bedeutsam angesehen wird.¹² Fokker hatte vermutlich als Lektor auch über die RT Vorlesungen gegeben.¹³ Sein Lehrbuch *Relativiteitstheorie*¹⁴ von 1929, welches also rund zehn Jahre nach der aktiven Phase in Leiden veröffentlicht wurde, war aufgrund seines recht geometrischen Ansatzes und der Tatsache, dass es nur auf holländisch erschien, nicht sehr einflussreich gewesen.¹⁵

Lorentz Beiträge zur ART, seine Korrespondenz mit Einstein, ihre unterschiedlichen Herangehensweisen etc. waren in der jüngeren Vergangenheit Themen zahlreicher Ar-

¹Lediglich [Ehrenfest18] ließe sich mit einem Bezug zur ART erwähnen.

²Droste, J., *Het zwaartekrachtsveld van een of meer lichamen volgens de theorie van Einstein*, Brill, 1916

³[Droste15c] und [Droste15a] bzw. [Droste15b] und [Droste16b]

⁴[Droste16a] bzw. [Droste17b]

⁵[Eisenstaedt89, S. 216f]

⁶[Droste17c] (darauf berief sich de Sitter in [deSitter17, S. 159]) bzw. [Droste17a]

⁷[Lorentz18a] und [Lorentz18b]

⁸Üblicherweise erschienen Akademie-Artikel zunächst auf niederländisch in *Verslag van de gewone vergaderingen der Afdeling Natuurkunde*, bevor sie in englischer Übersetzung in den *Proceedings of the Section of Sciences* erschienen (später auch in den *B.A.N.*), was aber nicht immer der Fall war. Siehe auch Anmerkung in Anhang C.1. In gerade betrachteten Fall erschien die Übersetzung erst in Lorentz gesammelten Werken [Lorentz39].

⁹siehe [Kox92, S. 41f]

¹⁰siehe [Havas89, S. 255f]

¹¹Eine Auflistung sämtlicher Veröffentlichungen Fokkers von 1913-38 findet sich in [Kramers38, S. 210-5].

¹²siehe [Kox92, S. 42]

¹³Vermutlich, weil es meines Wissens nur in [Struik73, S. 12] berichtet wurde.

¹⁴[Fokker29]

¹⁵siehe ebenfalls [Kox92, S. 42]

beiten, auf die hier verwiesen sei.¹ Was ich hier dazu noch erwähnen möchte ist, dass Einstein aufgrund seiner großen Bewunderung für Lorentz diesen explizit darum gebeten hatte, zur ART zu veröffentlichen. Nachdem er Lorentz von der Sinnhaftigkeit der allgemeinen Kovarianz überzeugt hatte² schrieb er:

Sie haben in Ihren beiden Briefen den Sinn der Forderung der allgemeinen Kovarianz in vorbildlich klarer Weise dargelegt. Es wäre sicherlich der Sache ungemein förderlich, wenn Sie Ihre Überlegungen auch anderen Physikern zugänglich machten, indem Sie eine Abhandlung über die Grundlagen der Theorie schrieben, wie Sie in Ihrem dritten Briefe freundlich in Aussicht gestellt haben. Ich könnte dies ja selbst thun, insofern mir alles klar ist. Aber leider hat mir die Natur die Gabe der schriftlichen Mitteilungsfähigkeit verweigert, sodass das, was ich schreibe, zwar richtig aber reichlich unverdaulich ist. [...] Ich bin der Überzeugung, dass die Darstellung der Theorie sehr an Übersichtlichkeit gewinnen würde, wenn man von der Hamilton'schen Formulierung ausginge, wie Sie es schon in Ihrer schönen Arbeit gethan haben [...]³

Aus dieser Bitte entstand eine Serie von vier Artikeln „Over EINSTEIN's theorie der zwaartekracht“, deren erster am 26.02.1916 von Lorentz der Akademie vorgelegt wurde.⁴ Darin versuchte er, eine koordinatenunabhängige, geometrische Formulierung der ART zu erhalten, die von Beginn an allgemeine Kovarianz garantiert.⁵ Da er dabei einen stark geometrischen Ansatz verfolgte, und dadurch beispielsweise ein von Einsteins oder Hilberts Ansätzen abweichendes Variationsprinzip verwendete, fanden sich nur wenige, die Lorentz' Methode verwendeten^{6,7}. Da Lorentz' Artikel zunächst auf niederländisch erschienen waren und offenbar auch nicht vollständig Einsteins Vorstellung entsprachen, verfasste er trotz seiner Lorentz mitgeteilten Selbsteinschätzung eine Zusammenfassung seiner Theorie in „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“⁸, die Arbeit, die möglicherweise von de Sitter an Eddington geschickt worden war (siehe Abschnitt 4.1.1).⁹

De Sitter hatte zwischen 1916 und 1920 in mehr als zehn Arbeiten zur ART beigetragen. Zunächst hatte er in „De planetenbeweging en de beweging van de maan volgens de theorie van EINSTEIN“¹⁰ (fertiggestellt im April 1916) basierend auf Drostes Arbeiten das metrische Feld der Sonne berechnet (wobei er von Droste und Einstein abweichende Bedingungen zur Bestimmung der $g_{\mu\nu}$ nutzte) und daraus dann die Bewegungsgleichungen für die Planetenbewegungen bestimmt. Daraus wiederum wurden die theoretischen Periheldrehungen der inneren vier Planeten und des Mondes berechnet und mit der Beobachtung verglichen, für weitere Details siehe Abschnitt 5.1.

¹etwa [Kox89], [Janssen92], [Janssen02] oder [Illy89]

²siehe [Einstein98, Doc 183 Fn 2]

³Einstein an Lorentz, 17.01.1916, [Einstein98, Doc 183], EA 16-447

⁴[Lorentz16a], [Lorentz16b], [Lorentz17f] und [Lorentz17g] bzw. [Lorentz17a], [Lorentz17b], [Lorentz17c] und [Lorentz17d]

⁵Eine detaillierte Übersicht über die vier Artikel der Serie findet sich in [Janssen92].

⁶Ein oftmals angeführtes Beispiel für die Anwendung von Lorentz' Methode ist [Fokker29].

⁷[Kox89, S. 206]

⁸[Einstein16a]

⁹siehe [Crelinsten06, S. 95]

¹⁰[deSitter16a], englische Übersetzung in [deSitter16e]

De Sitters nächster Beitrag “Space, Time, and Gravitation”¹ (Juli 1916) war die in Abschnitt 4.1.1 erwähnte „allgemeinverständliche“ Einführung in die ART für den englischsprachigen Leserkreis.

Darauf folgte der erste Teil seiner dreiteiligen Reihe “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences.”² (August 1916) als detaillierte Einführung für die community, ebenfalls in Abschnitt 4.1.3 erwähnt. Darin erklärte er in 19 Unterpunkten zunächst die Grundlagen der Theorie (Raumzeit, verallg. RP, metr. Tensor, Natur der Gravitation), zeigte den Bezug zur Newtonschen Theorie in erster Näherung, berechnete das Gravitationsfeld der Sonne und die Planetenbewegung darin, ging auf die vorhergesagte Rotverschiebung im Gravitationsfeld ein und verglich die berechneten Bewegungen der Planeten mit den bekannten Observationswerten, siehe auch Abschnitt 5.1.

Die nächste Arbeit „De relativiteit der rotatie in de theorie van EINSTEIN“³ (September 1916) wurde durch die Kritik an Einsteins Konzepten der „fernen Massen“ und dem Entarten der $g_{\mu\nu}$ im Unendlichen motiviert, wie es in Abschnitt 3.1.2.2 beschrieben und in der Literatur bereits mehrfach thematisiert worden ist.⁴

Im Oktober hatte de Sitter dann den zweiten Teil von “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences.”⁵ (Oktober 1916) fertiggestellt. Anknüpfend an den ersten Teil hat er darin in zehn Unterabschnitten die Planetenbewegungen weiter untersucht. Erneut sich auf Drostes Ergebnisse stützend, hatte er nun das Feld und die Bewegungsgleichungen von n Körpern approximativ angegeben und auf mögliche beobachtbare Effekte in Planeten- und Mondbewegung hin angeschaut, das Gravitationsfeld der Fixsterne betrachtet und die Auswirkungen dessen auf die beobachteten Spektren ermittelt sowie eine Abschätzung für die Gesamtmasse der Sterne gegeben.⁶ Abschließend ging er erneut kritisch auf Einsteins Vorstellungen zu „fernen Massen“ etc. ein, wie schon in seiner vorhergehenden Veröffentlichung, erstmals jedoch für das englischsprachige Publikum.

Als Nächstes hatte de Sitter dann „Over de relativiteit der traagheid: Beschouwingen naar aanleiding van Einstein’s laatste hypothese“⁷ (März 1917) verfasst.⁸ Enthalten war erneute Kritik an Einstein, diesmal im Rahmen der Einstein – de Sitter Kontroverse. In dieser Arbeit wurde erstmalig de Sitters Weltmodell öffentlich vorgestellt. Für die

¹[deSitter16g], auf holländisch erschienen in [deSitter16f]

²[deSitter16], Errata in [deSitter17a]

³[deSitter16b] bzw. [deSitter17c]

⁴Siehe dazu etwa [Kerszberg89b, S. 121ff] oder [Illy89, S. 257ff].

⁵[deSitter17], Errata in [deSitter17a], weitere Korrektur von de de Sitter selbst in [deSitter20b]

⁶Dabei hatte de Sitter bei der Ableitung der Bewegungsgleichungen von n Körpern einen kleineren Fehler begangen, der erst 1938 von Eddington und Clark in [Eddington38] bemerkt worden war, die bedingt durch einen Fehler Levi-Civitas de Sitters Arbeit kritisch untersucht hatten, siehe [Havas89, S. 255f], auch [Whitrow65, S. 2] und [Warwick03, S. 490].

⁷[deSitter17e] bzw. [deSitter17b]

⁸De Sitter Akademie-Vortrag „De relativiteit der traagheid en de kromming der ruimte“ vom 26.01.1917 wurde nicht als eigener Artikel abgedruckt sondern stattdessen auf [deSitter17e] und [deSitter17d] verwiesen, siehe *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **26** (1917), S. 790.

genauen Inhalte und Kritikpunkte sei erneut auf die dazu bereits vorliegende Literatur hingewiesen.¹

In „Over de kromming der ruimte“² (Juni 1917) knüpfte er an die vorausgegangene Arbeit zur Relativität der Trägheit an und untersucht in 12 Punkten die Unterschiede und Gemeinsamkeiten bei Einsteins und seinem eigenen Weltmodell. Er schätzte etwa über verschiedene Möglichkeiten (Parallaxen, Rotverschiebung, Periheldrehung) untere Grenzen für den „Weltradius“ R ab, berechnete für eine „Sonne“ in beiden Modellen das resultierende Linienelement, gab eine Abschätzung für die in der Welt enthaltenen Gesamtmasse³ und beschäftigte sich mit geometrischen Aspekten (sphärische vs. ellip-tische Geometrie, komplettes Umrunden der Welt durch Licht). Einige dieser Inhalte wurden bereits im Zusammenhang mit der Kontroverse in Sekundärtexten behandelt, siehe dort.⁴

Der in der chronologische Reihenfolge von de Sitter als Nächstes verfasste dritte Teil von „On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences.“⁵ (Juli 1917) ist wohl die berühmteste seiner relativistischen Arbeiten, da er darin erstmals der englischsprachigen Community sein Weltmodell vorstellte. Obwohl sehr eng thematisch mit zuvor erwähnter Arbeit verwandt, galt diesem dritten Teil wesentlich mehr Aufmerksamkeit, da er eben direkt in englischer Sprache und in einer englischen Zeitschrift abgedruckt wurde (siehe dazu Abschnitte 4.1.3 und 4.2)⁶. Er führte darin die Reihe zu Ende, wobei er in sieben Unterpunkten ausschließlich auf die Modelle A und B einging und deren Unterschiede, Gemeinsamkeiten und Konsequenzen (z. B. Linienelemente, Bewegung eines Probekörpers, Lichtausbreitung und Parallaxe, Gravitationsfeld der Sonne, Radius R) untersuchte. Da er nicht bloß Einsteins Theorie vorstellte, sondern auch eigene Überlegungen einbrachte handelte es sich bei dem zweiten und dritten Teil der Reihe teilweise um „original papers“, so Warwick, da darin auch der „current state of cosmological theory“ in Bezug auf die ART dargestellt wurde.⁷ Dies charakterisiert aber auch die Inhalte mehrerer vorausgegangener Arbeiten, die allerdings zunächst nur auf holländisch erschienen waren und aufgrund des Krieges zudem kaum größere Verbreitung erfahren haben dürften.

Sein rund ein dreiviertel Jahr später verfasster Beitrag „Nadere opmerkingen omtrent de oplossingen der veldvergelijkingen van Einstein’s gravitatie-theorie“⁸ (April 1918) war eine Antwort auf Einsteins „Kritisches zu einer von Hrn. DE SITTER gegebenen Lösung der Gravitationsgleichungen“⁹ (März 1918) und Reaktion auf einen Brief Felix Kleins an de Sitter zugleich¹⁰ – damit ein direkter Teil der Kontroverse. De Sitter verteidigte erfolgreich sein Modell B, bei dem Einstein in Form einer Singularität im Endlichen ein

¹etwa [Kerszberg89b] oder [Röhle02]

²[deSitter17d] bzw. [deSitter18f]

³Wobei er darauf hinwies, dass diese Abschätzung „vague and hypothetical“ sei, [deSitter18f, S. 237].

⁴etwa [Kerszberg89b, S. 196ff] oder [Röhle02]

⁵[deSitter18]

⁶Siehe auch [Crommelin31, S. 430f], [Kerszberg89b] oder [Röhle02].

⁷[Warwick03, S. 461]

⁸[deSitter18e] bzw. [deSitter18d]

⁹[Einstein18a]

¹⁰Klein an de Sitter, 18.04.1918, LEID

Argument dagegen gefunden zu haben schien, und worin Klein die nicht-Eindeutigkeit der Ausrichtung der Weltlinien (von der Vergangenheit in die Zukunft laufend) gefunden haben wollte.¹

Bei de Sitters nächstem Beitrag handelt es sich um eine Ergänzung zu Schoutens Arbeit „Over het ontstaan eener praecessiebeweging tengevolge van het niet euklidisch zijn der ruimte in de nabijheid van de zon“² (Juni 1918), der die geodätische Präzession zum Inhalt hatte. Schouten hatte de Sitter postalisch gefragt, ob die theoretisch berechneten 0,013" für die Erde wohl im Bereich der Messgenauigkeit lägen und ob de Sitter ihm seine Meinung dazu schriftlich geben könne, um sie dem theoretischen Teil anhängen zu können.³ De Sitter verfasste daraufhin eine knapp anderthalbseitige Notiz, in der er die Nachweisbarkeit für möglich erachtete.

Über zwei Jahre später wurde de Sitter durch Einsteins Antrittsrede in Leiden angeregt, einen kurzen Artikel „Over de mogelijkheid van statistisch evenwicht van het heelal“⁴ (November 1920) zu schreiben, worüber auf S. 151 berichtet wird.

Schließlich enden de Sitters Arbeiten zur ART (bis zur „Renaissance“ Anfang der 1930er Jahre) mit seinem Beitrag „Space, time and gravitation“⁵ (1921) zum Eugene Higgins Price, wozu sich in den Abschnitten 5.3 und 6.3.1 Anmerkungen finden.

¹Für Details siehe die bereits erwähnte Literatur zur Einstein – de Sitter Kontroverse, insbesondere [Kerszberg89b] und [Röhle02].

²[Schouten18b] bzw. [Schouten18a]

³„Von genanntem Herrn [Fokker] vernahm ich, dass Sie der Meinung seien, dass die Abweichung von 0.013" nicht so klein ist, dass sie nicht in Kürze eine Prüfung an Meßresultaten stattfinden könnte. Würden Sie mir Ihre Meinung darüber einmal mitteilen können, am liebsten so, dass ich sie kurz z.B. in einer Anmerkung dem Artikel hinzufügen kann. Es erweist sich mir für den Leser als außerordentlich interessant das praktische Urteil eines Astronomen direkt dabei zu finden.“ (meine Übersetzung von: „Van genoemden Heer [Fokker] vernam ik, dat U van meening was, dat de afwijking van 0.013" niet zoo klein is, dat niet binnenkort een toetsing aan meetresultaten zou kunnen plaats hebben. Zoudt U mij Uwe meening daarover even kunnen mededeelen, het liefst zoo, dat ik die kort bijv. in een noot aan het artikel kan toevoegen. Het blijkt mij voor den lezer buitengewoon interessant het praktijk oordeel van een astronoom direkt er bij te vinden.“, Schouten an de Sitter, 23.06.1918, LEID)

⁴[deSitter20c] bzw. [deSitter21b]

⁵[deSitter21d]

4. “Start spreadin’ the news”

4.1. Von de Sitter zu Eddington



Abbildung 4.1. – De Sitter und Eddington in Cambridge, 1930 (Quelle: [Douglas56, S. 131])

problematischen Stelle auf Hilfe hingewiesen,

We have then to look in another direction for the explanation of the way in which the “relativity” law effects a compensation, and for the necessary hint I am indebted to Mr. Eddington, who very kindly supplied me with a particular case which was both simple and illuminating.⁶

Wie bereits in Abschnitt 3.1.1 dargestellt hatte Fokker im *Philosophical Magazine* im Januar 1915 einen Artikel veröffentlicht, in dem er die Entwurftheorie von Einstein und Grossmann vorgestellt hatte – erstmals im englischen Sprachraum.¹ Warum diese Einführung in die neue Theorie kaum Resonanz fand, dazu habe ich in genanntem Abschnitt bereits versucht Erklärungsversuche zu geben. Selbst Eddington hatte daran anscheinend kein Interesse gefunden², obwohl er bereits früher mit Einsteins Konzepten (nicht nur zur Gravitation) in Kontakt gekommen war.

Letzteres wird in der gängigen Darstellung meist nicht erwähnt, wie von José M. Sánchez-Ron betont wurde.³ Üblicherweise wird über Eddingtons Kontakt mit der ART ab 1916 berichtet, nicht jedoch dass die Wurzeln weiter zurückreichen.⁴

In seiner Einführung “On the Theory of Aberration and the Principle of Relativity”⁵ hatte H.C. Plummer 1910 an einer

die er von Eddington erhalten hatte:

¹[Fokker15]

²[Warwick03, S. 457]

³[Sánchez-Ron92, S. 59], [Warwick03, S. 452]

⁴Eine Ausnahme bilden etwa [Stachel86] oder [Warwick03].

⁵[Plummer10]. Auf diese Arbeit hatte de Sitter in [deSitter11c] verwiesen.

⁶[Plummer10, S. 262]

Damit ist belegt, dass für Eddington das RP 1910 bereits ein Thema war¹, und auch ein Jahr später belegt seine Vorstellung von de Sitters Artikel “On the bearing of the Principle of Relativity on Gravitational Astronomy”² bei dem Meeting der RAS am 10.03.1911, dass er mit der Thematik vertraut war (einen kleinen Einblick in die Vorstellung habe ich in Abschnitt 2.1.1 gegeben.)³

In Kontakt mit Einsteins ersten Gehversuchen zur Gravitation kam er möglicherweise durch seine Teilnahme an einer Sonnenfinsternisexpedition, die ihn 1912 nach Brasilien führte.⁴ Ein Teilnehmer einer anderen Gruppe, C.D. Perrine (Direktor des Argentinischen Landesobservatoriums), hatte durch Kontakt mit Freundlich (vgl. Abschnitt 3.1) sein Beobachtungsprogramm erweitert: Er wollte die von Einstein 1911 vorhergesagte Lichtablenkung (den sog. „halben Wert“) prüfen.⁵ Dass Eddington durch ihn davon erfahren hatte scheint sehr wahrscheinlich⁶, kann aber bislang nicht belegt werden.⁷

Das erste Mal Bezug auf Einsteins Theorie (genauer: Einsteins Artikel „Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes“⁸ dazu von 1911⁹) nahm Eddington in seinem Artikel “Some Problems of Astronomy. XIX. Gravitation”¹⁰ (1915), welcher in vielerlei Hinsicht interessant ist (und der einen Monat nach Fokkers Artikel erschienen war): In der einführenden Passage bei der Analyse der Problematik äußerte Eddington sich verblüffend ähnlich wie de Sitter (s.u.) bei seiner Antrittsrede von 1908.¹¹ Zunächst de Sitter:

Und der Grund hiervon ist eben seine große Einfachheit, seine völlige Unabhängigkeit von allem was auf andere Naturerscheinungen Einfluss hat. Die Gravitation ist keiner Absorption unterworfen, keiner Brechung, keine Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist festgestellt worden, auf alle Körper wirkt sie gleichermaßen ohne Unterschied, überall und allzeit finden wir sie wieder in derselben strengen und einfachen Form, woran alle unsere Versuche in ihre inneren Mechanismen vorzustößen scheitern.¹²

Und nun Eddington:

¹Auf diese Stelle wurde meines Wissens bislang in der Literatur noch nicht explizit verwiesen.

²[deSitter11c]

³[RAS11]

⁴Die Sonne verfinsterte sich am 10.10.1912, siehe [Eddington13a].

⁵Siehe dazu etwa [Stachel86], [Warwick03, S. 452], [Crelinsten84] oder [Crelinsten06, S. 58f].

⁶[Stachel86, S. 227]

⁷In seinen Berichten [Eddington13a] und [Eddington13b] zur Expedition etwa erwähnte er zwar Namen anderer Astronomen, Perrine jedoch nicht.

⁸[Einstein11]

⁹Nach [Warwick03, S. 456] kannte Eddington Einsteins danach erschienene weitere Artikel vermutlich nicht.

¹⁰[Eddington15]

¹¹Vgl. auch Abschnitte 2.1 und 2.1.3.

¹²Meine Übersetzung von: “En de reden hiervan is juist haar groote eenvoud, hare algeheele onafhankelijkheid van alles wat op andere natuurverschijnselen invloed heeft. De gravitatie is niet onderworpen aan absorptie, niet aan breking, geen voortplantingssnelheid is geconstateerd, op alle lichamen werkt zij gelijkelijk zonder onderscheid, overal en altijd vinden wij haar terug in denzelfden strengen en eenvoudigen vorm, waarop al onze pogingen om in haar innerlijk mechanisme door te dringen afstuiten.”, [deSitter08a, S. 11].

No experiments have as yet shown any relation between it [gravitation] and the other phenomena of nature; the simple law, unconditional and universal, has been all-sufficient hitherto.¹ [...] A law of the utmost simplicity, which is never modified, provides scarcely any clues as to its mechanism.²

Sämtlichen bisherigen Versuchen einer Erklärung des Mechanismus erteile er eine Absage

There has been no lack of suggestions as to possible mechanisms for gravitational attraction; but all these hypotheses have the great drawback – they lead nowhere. [...] Gravitation, produced by a special mechanism invented for this one purpose only, presents no point of contact with any other natural phenomena. No practical consequences that can be tested follow.³

und vor allem die *ad hoc* Hypothesen, von denen er vier Beispiele (u.a. die Theorie von Le Sage) aufzählte, führten in eine Sackgasse: “[A] possible explanation is stated, and at that we must leave them [the hypotheses] – no further development seems possible.”⁴ Ähnlich wie de Sitter 1908 konstatierte er, dass ein solch einfaches Gesetz wie das der Gravitation kaum Aussicht darauf biete, jemals die Wirkungsweise selbst zu durchschauen. Wenn schon keine Erklärung des Mechanismus in Aussicht war, so suchte er nach möglichen Anhaltspunkten die Anziehungskraft in Relation zu anderen Kräften zu setzen, von denen sie bisher völlig isoliert dastand. Ein Ansatz war, eine Beziehung zwischen Gravitationskonstante und anderen Naturkonstanten zu suchen – ohne Ergebnis⁵:

A survey of the known constants of physics does not encourage the idea that such a factor as this (necessarily of zero dimensions) can be made up by any conceivable combination. It seems clear that gravitation must introduce a new and independent fundamental unit, which has not hitherto appeared in any other branch of physics.⁶

Eddington stellte fest, dass das Newtonsche Gravitationsgesetz zwar größtenteils ausreichend sei, es aber dennoch Probleme damit gebe. So gebe es Abweichungen zwischen Theorie und astronomischer Beobachtung bei der Perihelbewegung des Merkur und in der Mondbewegung. Er ging darauf jedoch nicht näher ein sondern verwies auf bereits veröffentlichte diesbezügliche Artikel de Sitters aus derselben Reihe: “Some Problems of Astronomy. VII. The secular Variations of the Elements of the four inner Planets”⁷ (1913) bzw. “Absorption of Gravitation”⁸ (1912).⁹ In erstgenannter Arbeit hatte de Sitter das RP mit in Erwägung gezogen bei der Beschreibung der Merkurperihelanomalie (Möglichkeit B, siehe Abschnitt 2.1.2), in letztgenannter Arbeit eine Passage seiner Antrittsrede in englischer Übersetzung wiedergegeben und sich daneben auch in ähnlicher

¹[Eddington15, S. 93]

²[Eddington15, S. 94]

³[Eddington15, S. 93]

⁴[Eddington15, S. 94]

⁵Zu Eddingtons Hoffnung, hinter den Mechanismus zu blicken siehe auch [Moyer79, S. 58].

⁶[Eddington15, S. 94]

⁷[deSitter13k]

⁸[deSitter12c]

⁹Weiterhin verwies er noch auf einen Artikel von E.W. Brown.

Manier geäußert (siehe dazu Abschnitt 2.1.3).¹ Soweit es die Beobachtung betreffe ließen auch diese Untersuchungen keine Zweifel an der “absoluteness” des Gravitationsgesetzes zu, so Eddington (siehe die genannten Abschnitte für die Ergebnisse der jeweiligen Arbeiten).

Weitere Probleme ergaben sich nach Eddington für das Gravitationsgesetz aus der Variabilität der Masse mit der Geschwindigkeit bzw. der Endlichkeit der Lichtgeschwindigkeit. Daraus ergebe sich eine theoretische Unvollständigkeit des Gesetzes die eine Erneuerung notwendig mache:² “[T]he astronomer has a deep interest in the attempts now being made to complete the law of gravitation where Newton has left it ambiguous.”³

Am Ende des Artikels zählte er eine Möglichkeit auf, eine weitere Parallele zwischen Gravitation und elektrischer Kraft zu finden – das RP.⁴ Dessen Gültigkeit sei bislang nichts als eine Vermutung, jedoch gebe es Tests, die es beweisen oder widerlegen könnten. Nachdem er zwei der drei Tests erläutert hatte (welche der praktischen Überprüfung aufgrund der hohen benötigten Präzision nicht zugänglich seien⁵), brachte er als Möglichkeit der Prüfung schließlich Einsteins Vorhersage der Lichtablenkung aus 1911⁶ ins Spiel.⁷ Obwohl der Nachweis selbst bei totaler Sonnenfinsternis extrem schwierig sei werde daran gearbeitet (auch hier nannte er keine Namen). Zum Abschluss stellte Eddington fest:

A decisive result, whether positive or negative, would be of remarkable importance – the first definite advance in our knowledge of gravitation for over two hundred years. A positive result would mean that gravitation has been pulled down from its pedestal, and ceases to stand aloof from the other interrelated forces of nature.⁸

Bedenkt man den Inhalt des vorstehend betrachteten Artikels, so sieht man meines Erachtens sofort, dass zum einen ein latentes Interesse bei Eddington vorlag, sich mit Gravitationstheorien zu beschäftigen und zum anderen, dass sein und de Sitters Interesse

¹Daher stammt womöglich die bereits erwähnte Ähnlichkeit bei Eddington (sofern es sich nicht um eine damals gängige Einschätzung handelt).

²[Eddington15, S. 95f]

³[Eddington15, S. 96]. Welche “attempts now being made” genau gemeint waren gab er jedoch nicht an.

⁴Die andere Parallele war die angenommene Ausbreitung der Gravitation mit Lichtgeschwindigkeit, [Eddington15, S. 96ff].

⁵Beim ersten Test sollte der direkte Nachweis der Bewegung des Sonnensystems gegenüber dem Äther versucht werden. Der zweite Test war der bereits von Lorentz ([Lorentz10, S. 1240]) und de Sitter ([deSitter11c, S. 413]) erwähnte Möglichkeit, über Verdunklungen der Jupitermonde Rückschlüsse auf die Geschwindigkeit des Sonnensystems gegenüber dem Äther ziehen zu können, siehe auch Abschnitte 2.1.1 und 3.1.1.

⁶[Einstein11]

⁷Auch die vorhergesagte Rotverschiebung wurde von ihm erwähnt, siehe [Eddington15, S. 97]. Da Eddington im Zusammenhang mit der Lichtablenkung das Äquivalenzprinzip nicht erwähnt hatte wurde in [Moyer79, S. 59] daraus geschlossen, dass Eddington zu diesem Zeitpunkt nur ein vages Verständnis von Einsteins Werk hatte. Dies war nicht der erste Verweis in einer angelsächsischen Publikation auf Einsteins Vorhersage der Ablenkung von 1911, denn in *The Observatory* (1913), S. 231 hatte es eine Note zu “Gravitation and Light” gegeben, leider ohne Nennung des Autors, siehe [Stanley03, S. 71].

⁸[Eddington15, S. 98]

an der Gravitation ähnlich begründet lagen. Es gab somit bei ihm eine Grundlage für die willkommene Aufnahme der ART, zumal er bereits ein minimales Vorwissen über Einsteins frühere Arbeiten zur Gravitation mitbrachte, von denen er eben nur noch teilweise 1916 erst durch de Sitter erfahren hatte.¹

4.1.1. De Sitter setzt Eddington (und England) in Kenntnis

Die Korrespondenz zwischen Eddington und de Sitter findet oft Erwähnung wenn es darum geht, de Sitters Bedeutung für die Verbreitung der ART hervorzuheben. Dieser hatte zunächst Eddington über Einsteins neue Theorie informiert und durch seine drei nun berühmten Arbeiten in den *MNRAS* danach die englischsprachige Community.² Von ihrem Briefwechsel existieren aus dem relevanten Zeitabschnitt (1916-1918) nur sieben Briefe von Eddington an de Sitter (siehe A.5), de Sitters Briefe an Eddington scheinen nicht erhalten zu sein.³ Daher kann man auch nur aus Eddingtons Briefen auf de Sitters vorausgegangene Briefe rückschließen.

So auch aus dem ersten Brief der Korrespondenz, den Eddington de Sitter am 11.06.1916 geschickt hatte. In diesem Brief existieren zwei viel zitierte Passagen, in denen Eddington sein großes Interesse an Einsteins Theorie bekundete und auch über die schlechte „Informationslage“ in England berichtete (er war aber nicht der erste Engländer gewesen, der in Leiden nach Informationen darüber gefragt hatte, wie ein Brief von Rutherford an Fokker aus dem Februar 1916 beweist!)⁴:

I am immensely interested in what you tell me about Einsteins theory. [. . .] Hitherto

¹Siehe auch [Stachel86, S. 228]. Nach [Warwick03, S. 456] hatte Eddington zu diesem Zeitpunkt Einsteins Arbeit noch nicht mit einer fundamental neuen Gravitationstheorie in Verbindung gebracht.

²Siehe dazu z. B. [Warwick03, S. 457ff] (vor allem Kapitel 9, S. 443-500), [Smith82, S. 170f], [Moyer79, S. 59], [Stachel86, S. 228] oder [Kragh03, S. 149]. Ich gebe im Folgenden teils die bekannten Stellen wieder, teils ergänze ich weniger bekannte Dinge.

³Die einzige Hoffnung noch Briefe davon zu finden besteht m.E. höchstens in den de Sitter Archivalien in Leiden, sofern de Sitter Durchschläge von dieser ausgehenden Post angefertigt haben sollte.

⁴Er schrieb: „Dr. Bohr was telling me the other day that he had heard from you about some of Einstein’s recent work on the theory of gravitation. He was not clear of the details, but it sounds very interesting and important, and I should be glad if you could forward me any paper you can spare that deals with the subject.“, Rutherford an Fokker, 23.02.1916, MBL2. Daraufhin hatte Fokker Lorentz kontaktiert: „Rutherford war so freundlich mir zurück zu schreiben. Er ist sehr gespannt auf die Theorie von Einstein und bat mich ihm “any paper” zu senden dass ich übrig habe. Darf ich Sie daher um einen englischen Abdruck Ihres Vortrages vor der Akademie bitten? Es sei denn, Sie finden es schöner den Abdruck selbst nach England zu schicken?“ (meine Übersetzung von: „Rutherford was zoo vriendelijk mij terug te schrijven. Hij is erg benieuwd naar de theorie van Einstein en vroeg mij hem “any paper” te zenden dat ik missen kun(?). Mag ik u daarom van hem een Engelsche afdruk verzoeken van uw verhandeling voor de academie? Tenzij uw het prettiger vindt zelf den afdruk naar Engeland te sturen?“; Fokker an Lorentz, 21.03.1916) Wann hier welche Arbeiten an Rutherford geschickt worden waren ist unbekannt, ebenso ob de Sitter über dieses Interesse Bescheid wusste (und ggf. darin der Auslöser für seine Inkenntnissetzung Eddingtons zu finden sein könnte). Belegbar ist nur, dass Anfang 1917 Arbeiten von einem Kollegen Fokkers an Rutherford geschickt worden waren. Aus dem Brief, in dem sich Rutherford dafür bedankte, geht leider weder der Name des Kollegen noch der Titel der Publikation hervor, resp. ob es sich überhaupt um eine Arbeit zur RT handelte, siehe Rutherford an Fokker, 04.02.1917, MBL2.

I had only heard vague rumours of Einstein’s new work. I do not think anyone in England knows the details of his paper.¹

Diese beiden Stellen markieren Anfang und Ende des Briefes. Aus dem Teil dazwischen geht hervor, dass de Sitter in seinem vorausgegangenen Brief *angeboten*² haben muss, eine Abhandlung zu Einsteins Theorie für die *Memoirs of the Royal Astronomical Society* anzufertigen.³ Welches Motiv de Sitter hatte, Eddington über die Theorie zu berichten, ist und bleibt unklar. Warwick mutmaßt, dass er erst durch Einsteins Zusammenfassung der ART vom Mai 1916⁴ dazu veranlasst worden war, da diese auch “cosmological consequences” enthalten habe,⁵ was ich eher unwahrscheinlich finde. Meiner Meinung nach könnte es mit de Sitters Briefwechsel mit Einstein zu tun haben, der kurz zuvor begonnen hatte, siehe Abschnitt 3.1.2.1.⁶ Vielleicht hatte de Sitter auch Eddingtons Artikel “Some Problems of Astronomy. XIX. Gravitation”⁷ (1915) verspätet erhalten oder gelesen und ihn daraufhin über die neue Entwicklung informieren wollen. Wenn es nur darum gegangen wäre, Eddington über die erfolgreiche Erklärung der Merkurperiheldrehung zu unterrichten, hätte de Sitter eigentlich früher schreiben müssen, da er bereits Ende Dezember 1915 den neuen Wert Einsteins kannte.⁸ Dies wäre im Kontext seiner vorhergehenden Beschäftigung damit (siehe Abschnitte 2.1.2, auch 3.1.1 und 5.1) ein noch stärkeres Motiv gewesen.⁹

Um die Veröffentlichung der angebotenen Abhandlung nicht unnötig zu verzögern (“it might be March or April before the Memoir appeared”)¹⁰ und um einen größeren Leserkreis zu erreichen fragte Eddington de Sitter:

Do you think you could possibly make it short enough for the Monthly Notices? We might run to 36 pages in that; in that case there would be no difficulty in getting it into the Supplementary number which appears in October. The M.N. gets more

¹Eddington an de Sitter, 11.06.1916, LEID. In folgendem Zitat müsste es also besser “letter” statt “papers” heißen: “Eddington records that he first became interested in the subject from reading de Sitter’s papers.”[Crea72, S. 180]

²Somit war Eddington nicht zuerst an de Sitter herangetreten und hat um solch einen Artikel gebeten, wie manchmal (vielleicht auch nur etwas unklar) berichtet, etwa in [Tenn94, S. 29] oder [Smith82, S. 171] oder auch neuerdings in [vanDelft06, S. 58].

³Nach [Warwick03, S. 457] könne man Eddingtons Brief entnehmen, dass de Sitter Ende Mai/Anfang Juni geschrieben hatte, wofür ich aber keinen Anhaltspunkt in dem Brief sehe.

⁴[Einstein16a]

⁵Sonst hätte er seiner Meinung nach bereits früher etwas dergleichen unternommen: “Had de Sitter merely been concerned to inform his British colleagues of Einstein’s new theory, he would have contacted Eddington in 1915 when the field equations were first published.”, [Warwick03, S. 457, Fn 39]

⁶Dass Eddington zu dieser Zeit Sekretär der RAS gewesen war, mag sicherlich auch eine Rolle gespielt haben, vgl. [Chandrasekhar83, S. 24].

⁷[Eddington15]

⁸Siehe dazu de Sitters Notizen in S12, S. 46, Box 21C, LEID.

⁹De Sitter wusste schon für die Entwurftheorie, dass eine Konsequenz daraus eine Periheldrehung war, welche er selbst für Merkur berechnet hatte, siehe beide letztgenannten Abschnitte.

¹⁰Veröffentlichungen in den *Memoirs* hatten einen strengen Begutachtungs- und Abstimmungsweg zu durchlaufen, wie Eddington schrieb.

widely distributed than the Memoirs, which is an advantage [...]¹

Daran erkennt man, dass Eddington nicht nur ein großes Interesse an baldiger Informationen über die Theorie hatte, sondern zusätzlich den erreichbaren Kreis der potenziellen Rezipienten vergrößern wollte.²

Auf die Frage antwortete de Sitter in einer Postkarte, wie aus Eddingtons Brief vom 04.07.1916 hervorgeht. Demnach hatte de Sitter zusätzlich zu einem Artikel in den *MNRAS* auch noch einen Artikel für *The Observatory* angeboten, was Eddington dankbar annahm. Eddington berichtete von seinem Plan, bei “a discussion at the British Association [for the Advancement of Science] on Gravitation – at Newcastle, Sept 5-8” über die neue Theorie zu berichten, wobei er bedauerte, dass de Sitter leider aufgrund kriegsbedingter Einschränkungen nicht teilnehmen könne:

I feel sure you will allow me to make use of the papers you send, in making my contribution to the discussion. So far as I can make out, no one in England has yet been able to see Einstein’s paper and many are curious to know the new theory.³ So I propose to give some account of it at the Meeting.⁴

Somit musste Eddington auf die Zusendung de Sitters warten, durch die er dann erstmals in Kontakt mit der ART treten würde.⁵

Zeitpunkt	Autor	Titel	Referenz
Februar 1915	Eddington	“Some problems of astronomy. XIX. Gravitation”	[Eddington15]
November 1915	Einstein	„Zur allgemeinen Relativitätstheorie“	[Einstein15c]
November 1915	Einstein	„Zur allgemeinen Relativitätstheorie (Nachtrag)“	[Einstein15d]
November 1915	Einstein	„Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie“	[Einstein15b]
Dezember 1915	Einstein	„Die Feldgleichungen der Gravitation“	[Einstein15a]
Mai 1916	Einstein	„Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“	[Einstein16a]
Juni 1916	Einstein	„Näherungsweise Integration der Feldgleichungen“	[Einstein16c]
September 1916	de Sitter	“Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences. First paper”	[deSitter16]
September 1916	de Sitter	„De relativiteit der rotatie in de theorie van EINSTEIN“	[deSitter16b]
Oktober 1916	de Sitter	“Space, time, and gravitation”	[deSitter16g]
Oktober 1916	(Eddington)	“Mathematics and Physics at the British Association”	[N.N.16]
November 1916	Einstein	„HAMILTONSCHES Prinzip und allgemeine Relativitätstheorie“	[Einstein16b]
Dezember 1916	Eddington	“Gravitation and the principle of relativity”	[Eddington16]
Dezember 1916	See	“Einstein’s Theory of Gravitation”	[See16]
Dezember 1916	de Sitter	“On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences. Second paper”	[deSitter17]

Fortsetzung siehe nächste Seite

¹Eddington an de Sitter, 11.06.1916, LEID

²Die Frage, ob dies hier schon den politisch-religiös motivierten Hintergrund hatte vor dem seine Aktivitäten hin zur Sonnenfinsternisexpedition 1919 zu sehen sind, klammere ich bewusst aus und verweise auf diesbezügliche Publikationen, etwa [Stanley03] oder [Stanley04].

³Das Interesse scheint demnach nicht nur bei Eddington selbst vorgelegen zu haben.

⁴Eddington an de Sitter, 04.07.1916, LEID

⁵vgl. [Eddington23, S. vi]

Zeitpunkt	Autor	Titel	Referenz
1917	Einstein	<i>Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie (Gemeinverständlich)</i>	[Einstein17]
Januar 1917	Jeans	"Einstein's Theory of Gravitation"	[Jeans17]
Februar 1917	Eddington	"Einstein's theory of gravitation"	[Eddington17d]
Februar 1917	Eddington	"Einstein's theory of gravitation" (council note)	[Eddington17c]
Februar 1917	Einstein	„Kosmologische Betrachtungen zur Allgemeinen Relativitätstheorie“	[Einstein82]
August 1917	de Sitter	"The motion of the perihelion on the classical theory of relativity"	[deSitter17f]
August 1917	Lodge	"Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter"	[Lodge17a]
September 1917	Eddington	"Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Note on Sir Oliver Lodge's Suggestions."	[Eddington17a]
Oktober 1917	Eddington	"Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Note on Sir Oliver Lodge's Suggestions, II."	[Eddington17b]
November 1917	de Sitter	"Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences. Third paper"	[deSitter18]
Dezember 1917	Lodge	"Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Supplementary Note by Sir Oliver Lodge"	[Lodge17b]
Dezember 1917	(Eddington)	"Meeting of the Royal Astronomical Society. Friday, 1917 November 9"	[RAS17]
März 1918	Eddington	"Gravitation and the principle of relativity"	[Eddington18a]
März 1918	Eddington	"Gravitation and the principle of relativity. II."	[Eddington18b]
April 1918	Eddington	"Relativity and Gravitation"	[Eddington18d]
1918	Eddington	<i>Report on the Relativity Theory of Gravitation</i>	[Eddington20a]
Februar 1918	Lodge	"Continued Discussion of the Astronomical and Gravitational Bearings of the Electrical Theory of Matter"	[Lodge18]
Juni 1918	Eddington	"Electrical Theories of Matter and their Astronomical Consequences with special reference to the Principle of Relativity"	[Eddington18c]

Tabelle 4.1. – Veröffentlichungen zur allg. Relativitätstheorie 1916-1918 (Auswahl)

An dieser Stelle möchte ich auf einen Punkt in der Folklore zu de Sitters Verdiensten eingehen, der sich in leichten Varianten bei diversen Autoren wiederfindet: De Sitter als Übersender der ersten Exemplare von Einsteins Arbeiten zur ART an Eddington, der sie damit als erster in England in den Händen gehalten hatte. Sicher ist, *dass* de Sitter Originalarbeiten Einsteins an Eddington geschickt hatte und dass diese Kopien wohl die ersten waren, die England erreichten.¹ Um *welche* es sich dabei gehandelt und *wann* genau er diese geschickt hatte, darüber gibt es verschiedene Ansichten. Manchmal ist davon die Rede, dass er eine Arbeit Einsteins seinem ersten Brief an Eddington beigelegt habe.² Schaut man sich allerdings die Antwort Eddingtons vom 11.06.1916 (siehe obiges Zitat aus diesem Brief) daraufhin an so wird klar, dass dies äußerst unwahrscheinlich ist. Eddington hätte diesen Brief wohl kaum mit den Worten "I am immensely interested in what you tell me about Einstein's theory." begonnen, wenn er das Original bereits

¹Dass es die ersten und einzigen waren wird oft und gerne erwähnt, um de Sitters Verdienst zu würdigen.

²Dies kommentiert [Warwick03, S. 458, Fn 40], wo er eine Vermutung äußert, wer diese Aussage initial getätigt haben könnte.

in den Händen hielt. Und auch Anfang Juli hatte er noch keinen Blick darauf werfen können, wie man aus der zitierten Stelle vom 04.07.1916 ablesen kann. Erst mit dem Brief vom 13.10.1916 – so scheint es – gibt es einen Beleg dafür, dass Eddington zu diesem Zeitpunkt „den Artikel“ Einsteins gelesen hatte.¹

I need scarcely say that this philosophical difficulty [absolute rotation] does not to my mind detract in the least from the remarkable practical importance of the paper. Also I suspend judgment until I have seen your paper – but I thought you might like to know how it appears (or is misunderstood, perhaps) to another mind.²

Welche(n) Artikel Einsteins de Sitter an Eddington verschickt hattet kann man dem erhaltenen Teil der Korrespondenz nicht (direkt) entnehmen, man ist auf Vermutungen angewiesen. Eddington selbst schrieb in seinem Nachruf auf de Sitter nur unkonkret:

Einstein's original paper was almost inaccessible here, owing to the interruption of international communication; probably the only copy in England was one which de Sitter kindly sent to the present writer about this time [1916].³

Ob es sich dabei etwa um „Die Feldgleichungen der Gravitation“⁴ von 1915 oder um „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“⁵ von 1916 gehandelt hat, dazu existieren verschiedene Meinungen. Für erstere Arbeit sprachen sich J. Earman und C. Glymour zunächst aus⁶, revidierten dies aber zugunsten letzterer Arbeit wieder. Sie beriefen sich dabei auf S. Chandrasekhar, einem Schüler Eddingtons⁷ als Quelle, der ihnen dies mündlich mitgeteilt habe, was er von Eddington wisse.⁸ Liest man bei Chandrasekhar selbst nach, dann ist gar die Rede von mehreren Artikeln Einsteins:

And the Dutch astronomer Willem de Sitter, as a mark of his personal friendship, had sent copies of Einstein's papers to Eddington. (As Eddington told me, these were the *only* copies of Einstein's papers that were available in Britain or the United States until the end of the war.)⁹

Dass es in der Tat *mehrere* Arbeiten waren, ist aus Einsteins Brief an de Sitter vom 23.01.1917 ersichtlich:

Gleichzeitig mit dieser Karte erhalten Sie die gewünschten¹⁰ und noch einige andere Abhandlungen für den Kollegen. Wenn wieder Friede ist, werde ich ihm schreiben.¹¹

¹vgl. auch [Warwick03, S. 462ff]

²Eddington an de Sitter, 13.10.1916, LEID

³[Eddington34, S. 924]

⁴[Einstein15a]

⁵[Einstein16a]

⁶[Earman80a, S. 50]

⁷vgl. [Warwick03, S. 490]

⁸[Earman80b, S. 183]

⁹[Chandrasekhar75, S. 18], Hervorhebung im Original

¹⁰Das Schriftstück, in dem de Sitter diesen Wunsch geäußert haben muss, ist leider nicht als erhalten bekannt.

¹¹Einstein an de Sitter, 23.01.1917, [Einstein98, Doc 290], EA 20-540. Mit Kollege ist höchstwahrscheinlich Eddington gemeint, siehe [Einstein98, Doc 290, Fn 2]. Nach dem weiteren Inhalt dieses Briefes zu urteilen, hatte Eddington auch eine Kopie von „Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“ von 1914, [Einstein14b], zur Verfügung gehabt.

Fölsing und Clark geben als die betreffende Arbeit die genannte von 1916 an¹. Ein Beleg dafür, dass es sich um den Artikel von 1916 gehandelt hatte wurde von Crelinsten angegeben. Dies könne man einem Brief von Eddington an Dyson vom 09.12.1916 entnehmen.² Überprüfen konnte ich diese Angabe allerdings nicht, da keine Standnummer oder Sammlungsname für das betreffenden Archiv angegeben war.³

Ohne wirkliche Beweise bleibt also zunächst weiter unklar, *wann* genau Eddington *welche* Originalarbeiten Einsteins erhalten hatte.⁴

Zurück zu Eddingtons Brief an de Sitter vom 04.07.1916. Bei der darin angekündigten Diskussion während des Meetings der BAAS hatte zunächst Cunningham, dann Eddington zu Einsteins neuer Theorie "which brings gravitation within the scope of the principle of relativity" gesprochen.⁵ Sie hatten zuerst das zugrunde liegende Äquivalenzprinzip erläutert um dann über die astronomischen Auswirkungen von Einsteins neuer Theorie – Lichtablenkung am Sonnenrand sowie Merkurperiheldrehung – zu berichten. Dabei wurden auch die Zahlenwerte dieser Effekte angegeben und die gute Übereinstimmung der vorhergesagten Periheldrehung mit der Beobachtung betont.⁶ In dem bereits zitierten Bericht in *Nature* über das Meeting füllte der Teil zur ART etwa 1/3 des gesamten Artikels aus, was meines Erachtens für ein stärkeres Interesse daran spricht, zumal über andere Veröffentlichungen aus Platzgründen nicht berichtet wurde: "There were many other interesting papers, most of which we must pass unnoticed for want of space"⁷. Inwieweit Eddington bei seiner Vorstellung auf de Sitters (oder gar Einsteins) Arbeit zurückgegriffen hatte, geht aus dem Bericht nicht hervor.

De Sitter saß im Juli daran, seinen Artikel für die *MNRAS* zu schreiben. Er schrieb dazu an Einstein:

Ich bin jetzt damit beschäftigt für die „Monthly Notices of the Royal Astron. Soc“ (London) eine kleine Abhandlung zu schreiben über die neue Gravitationstheorie und ihre Astronomischen Konsequenzen. Ihre Theorie scheint in England noch beinahe ganz unbekannt zu sein. Wenn Sie in der letzten Zeit noch neues gefunden haben, würde es mich sehr freuen wenn Sie mir es baldigst mitteilen könnten, und überhaupt wird mir Ihr Rat bei meiner Arbeit sehr willkommen sein.⁸

¹[Fölsing95, S. 490], einen Beleg gab er dafür nicht. In [Clark71, S. 208] wird der Artikel nicht namentlich genannt, lediglich von Exemplaren der *Annalen der Physik* gesprochen, enthaltend "his paper on the General Theory".

²[Crelinsten84, S. 23, Fn 61]

³Der Brief stammt aus der Cambridge University Library, aber ohne nähere Angaben sah man dort keine Chance den Brief in endlicher Zeit aufzufinden.

⁴Dies wird in [Warwick03, S. 458, Fn 40] ebenso gesehen.

⁵[N.N.16]. Zu den weiteren Anwesenden zählten A.N. Whitehead, F.W. Dyson und E. Rutherford, siehe [BAA17, S. xli].

⁶In [N.N.16] heißt es zum Abschluss des Abschnittes über Einsteins Theorie: "The new theory removes what is probably the most celebrated of the few cases of failure of gravitational astronomy."

⁷[N.N.16]

⁸de Sitter an Einstein, 27.07.1916,[Einstein98, Doc 243], EA 20-535. Ähnliches schrieb er auch an Innes: "I have been deeply interested lately in Einstein's new theory of gravitation, - which explains completely the anomalous motion of the perihelion of Mercury. I expect it [die ART] will be still

Aus dieser geplanten kleinen Abhandlung entstanden schließlich die drei längeren einführenden Abhandlungen¹ “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences” (zu den Artikeln siehe Abschnitt 3.1.2.1), deren ersten Teil de Sitter im August fertiggestellt und an Eddington geschickt hatte.²

Für wie wichtig Eddington de Sitters einführenden Artikel zur Allgemeinen Relativität hielt, lässt sich an einem Brief ablesen, den er am 24.08.1916 an Wesley (zu diesem Zeitpunkt Sekretär der RAS) schrieb:

I enclose 3 papers I have received.³ De Sitter’s paper⁴ is of exceptional importance + should go in the supplementary number. The other two papers are to wait for the November council.⁵

Um den Druck zu beschleunigen unterbreitete Eddington de Sitter Mitte Oktober folgenden Vorschlag:

I think it is scarcely practicable to send a second proof, as it would mean holding over the paper till the November number and that will certainly appear very late. Indeed our printing is going to be a difficult matter in the coming year.⁶ I saw Mr. Wesley yesterday who told me your proof had arrived he did not mention excessive corrections. I will read the page proof myself as carefully as possible.⁷

Inhaltlich beschäftigte sich Eddington in dem Brief außerdem mit der Problematik der absoluten Rotation. Seiner Meinung nach (er bat de Sitter um dessen Meinung) habe Einstein diese nicht gleichermaßen abgeschafft wie die absolute Translation.

I gather that when you choose axes which are rotating relatively to Galilean axes you get a gravitational field which is not due to observable matter; but is of the nature of a complementary function due to boundary conditions – sources or sinks – at infinity [...] That seems to me to contradict the fundamental postulate that observable phenomena are entirely conditioned by other observable phenomena. It

practically unknown in England, and I intend to write a paper on the astronomical consequences of it in the MN.”, de Sitter an Innes, 30.07.1916, CSIR.

¹[deSitter16], [deSitter17] und [deSitter18]

²Interessanterweise war der Informationsfluss in die umgekehrte Richtung, also von England nach Deutschland, auch möglich. Dies kann man einem Brief von Freundlich an de Sitter entnehmen, in dem er de Sitter darauf aufmerksam machte, dass dieser ihn in [deSitter16, S. 720] falsch referenziert habe: „Ich habe niemals behauptet, dass die Einstein’sche Theorie die systematische Rotverschiebung bei den B-Sternen erklärt. Ich sprach nur von „Anzeichen“ dafür, die sich bemerkbar machen [...] Mir ist es natürlich nicht angenehm, dass der Frage eine Wendung gegeben wird, die im Widerspruch zu meiner eigenen Auffassung steht.“, Freundlich an de Sitter, 04.01.1917, LEID. In dem Entwurf einer Antwort auf diesen Brief, der sich in Box 31, LEID findet, erklärte de Sitter, wie er zu der kritisierten Aussage gekommen war.

³Von Eddington hinzugefügt: Jeffreys, Houpe, de Sitter. Der Artikel von Jeffreys war möglicherweise [Jeffreys16], siehe dazu Abschnitt 5.1.

⁴Hier fügte Eddington die Fußnote hinzu: “sent to printer for Supp. No. 1916 Aug. 29”.

⁵Eddington an Wesley, 24.08.1916, abgedruckt in und zitiert nach [Crelinsten06, S. 97].

⁶Das Drucken stellte ein Problem dar, da die Druckerei Neill abgebrannt war, wie Eddington am 11.06.1916 an de Sitter geschrieben hatte.

⁷Eddington an de Sitter, 13.10.1916, LEID

is no great advance to be told that instead of being conditioned by a framework of reference (which we can materialize as the aether) they are conditioned by things equally outside observation at infinity. But then (one asks) where is infinity according to the new conceptions? I do not know that it matters, because infinity is necessarily outside observation + that is the main point – we must bring in something outside observation.¹

Wie es scheint war Eddington *unabhängig* von de Sitter diese Problematik aufgefallen. De Sitter hatte in der Sitzung der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam vom 30.09.1916 seine Arbeit „De relativiteit der rotatie in de theorie van EINSTEIN“² vorgestellt, in der er die „fernen Massen“ Einsteins in dessen Anwesenheit³ kritisierte. Während Einsteins Besuch in Leiden hatte de Sitter mit ihm über die Problematik gesprochen, wie man der Gesprächsnotiz vom 28.09.1916 (siehe Abschnitt 3.1.2.1) und dem Artikel entnehmen kann. Diese Gespräche wurden danach auf brieflichem Wege fortgeführt⁴ und gehören zur Einstein – de Sitter Kontroverse, in der de Sitters Kritik an Einsteins Auffassung schließlich zur Einsteinschen Zylinderwelt und damit zur relativistischen Kosmologie führte.⁵ Sicherlich hatten sie auch über de Sitters Korrespondenz mit Eddington gesprochen, über die Einstein sehr erfreut war: „Es ist schön von Ihnen, dass Sie über den Abgrund der Verblendung diese Brücke schlagen.“⁶ Vielleicht hatte de Sitter Einstein auch über Anmerkungen Eddingtons berichtet, die dieser zu ihm von de Sitter zugeschickte Arbeiten gemacht hatte, wie im selben Brief zu lesen war:

Wenn Sie ihm selbst schreiben, so sagen Sie ihm bitte, dass sein Gefühl meiner Arbeit von 1914⁷ gegenüber ihm nicht getäuscht hat; folgende zwei Denkfehler waren darin: [...]⁸

Dass Eddington sich auf dem neuen Terrain noch nicht sicher fühlte und er sich noch auf de Sitters Autorität verließ, kann man der bereits teilweise zitierten Passage entnehmen, deren relativ bekannten letzten Satz ich nun noch hinzunehme:

I need scarcely say that this philosophical difficulty [absolute rotation] does not to my mind detract in the least from the remarkable practical importance of the paper. Also I suspend judgment until I have seen your paper – but I thought you might like to know how it appears (or is misunderstood, perhaps) to another mind. I was interested to hear that so fine a thinker as Einstein is anti-Prussian.⁹

¹Eddington an de Sitter, 13.10.1916, LEID

²[deSitter16b], engl. Übersetzung in [deSitter17c]

³Einsteins Anwesenheit ist in *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **25**, Nr. 3 (1916), S. 495 dokumentiert.

⁴Siehe dazu etwa de Sitter an Einstein, 01.11.1916 [Einstein98, Doc 272], EA 83-131.

⁵Siehe dazu [Röhle02], [Kerszberg89b] oder "The Einstein-de Sitter-Weyl-Klein debate" in [Einstein98, S. 351-357].

⁶Einstein an de Sitter, 23.01.1917, [Einstein98, Doc 290], EA 20-540

⁷[Einstein14b]

⁸Einstein an de Sitter, 23.01.1917, [Einstein98, Doc 290], EA 20-540. Einer der Denkfehler war das sog. „Loch-Argument“. Welches Gefühl Eddingtons hier gemeint war ist unbekannt.

⁹Eddington an de Sitter, 13.10.1916, LEID

Mit “your paper” meinte Eddington wohl de Sitters zweiten Teil aus der kleinen Reihe¹, den dieser im Oktober fertig stellte und worin in den Punkten 29 und 30 auf die Problematik eingegangen wurde.² Der Druck der Abhandlung verzögerte sich, da in der November-Ausgabe aufgrund vieler kleiner Arbeiten kein Platz mehr für vier längere Abhandlungen gewesen war (darunter de Sitters), wie Eddington am 31.12.1916 an de Sitter schrieb.³ In der Dezember-Ausgabe wurde die Arbeit dann aber abgedruckt.⁴

In der Zwischenzeit hatte de Sitter noch die angebotene populäre Abhandlung für *The Observatory* fertiggestellt, die im Oktober als “Space, Time, and Gravitation”⁵ erschien und von der er Einstein einen Separatabdruck zuschickte⁶. Diese Arbeit war an ein allgemeineres Publikum adressiert, deutlich kürzer als die Artikel in den *MNRAS* und enthielt wenig Algebra.⁷ Er bemühte sich darin, „Werbung“ für Einsteins Theorie zu machen. Im Anfangsabsatz hieß es:

The characteristic feature of the new theory, which constitutes its great charm, is that the postulate of general relativity – i.e., the postulate that all laws of nature shall be invariant with regard to *any* transformation of coordinates – leads with logical necessity to a definite theory of gravitation.⁸

Im nächsten Satz, der als Aufhänger für Kritik in Reaktion auf den Artikel dienen würde (s.u.), stellte er die neue Qualität der Gravitation heraus:

Gravitation is thus put on quite a different footing from all other forces of nature – it is no longer a “force,” properly speaking – it is more of the nature of a property of the four-dimensional time-space, imparted to it by matter or energy located in it.⁹

Wiederum im nächsten Satz gab er das Ziel seiner Ausführung an:

In the present article an attempt is made briefly to explain the chief features of the theory, without entering into any technical details. Also I will restrict myself to

¹[deSitter17]

²Es könnte aber auch [deSitter16b] gemeint gewesen sein.

³Außerdem waren immer noch Auswirkungen des Brandes in der Druckerei zu spüren.

⁴Sowohl der erste als auch der zweite Teil der Reihe wurden im Meeting der RAS am 10.11.1916 “announced and partly read”, siehe [RAS16b]. Im März berichtete de Sitter dann Einstein den erfolgten Abdruck, siehe de Sitter an Einstein, 15.03.1917, [Einstein98, Doc 312], EA 20-543.

⁵[deSitter16g]. Eine Übersetzung des Artikels ins Holländische hatte de Sitter „auf Betreiben von befreundeter Seite“ (meine Übersetzung von „[o]p aandraang van bevriende zijde“) in [deSitter16f] veröffentlicht.

⁶vgl. de Sitter an Einstein, 01.11.1916, [Einstein98, Doc 272], EA 83-131

⁷Siehe auch [Crelinsten06, S. 97f] oder [Moyer79, S. 59f]. Obwohl in der Oktober Ausgabe von *The Observatory* erschienen, muss sich de Sitters Anmerkung in der ersten Fußnote “Full references to the literature of the subject will be given in a paper which is to appear in the next number of the *Monthly Notices of the R.A.S.*” [deSitter16g, S. 412] auf den *ersten* Artikel seiner Reihe dort beziehen, da die Literaturangaben darin ([deSitter16]) zu finden sind und nicht auf den zweiten Artikel, der zu sein gemeint scheint.

⁸[deSitter16g, S. 412], siehe auch Abschnitt 5.2.

⁹[deSitter16g, S. 412]

pure gravitation, and make no mention of the interaction of gravitation and other physical phenomena (e.g., electro-magnetism).¹

Die Reduktion auf die reine Anziehung ohne Berücksichtigung des Elektromagnetismus schien mir dazu zu dienen, die bekannten Reibungspunkte (wie etwa den Äther) zunächst einmal außen vor zu lassen und die Akzeptanz der Theorie dadurch nicht unnötig zu gefährden.²

Zunächst versuchte er dem Leser auch anhand eines Beispiels von Poincaré klar zu machen, dass die Wahl eines Koordinatensystems für ein jeweiliges Problem lediglich eine Frage der Konvention darstelle und es nicht das „wahre“ Koordinatensystem gebe.³ Daher müssten sich Ausdrücke für die Naturgesetze finden lassen, die *unabhängig* von der Achsenwahl seien. Dies sei mit "certain things called *tensors*"⁴ möglich, die er kurz charakterisierte. Die Metrik eines n-dimensionalen Raumes sei durch das Linienelement bestimmt und seit Minkowski sei das 4-dimensionale Kontinuum dem Physiker bekannt, dessen g_{ij} er als Gleichung (1) angab. Diese (die g_{ij}) seien in der neuen Theorie für jeden Punkt im Raum und für jede Richtung anders.⁵ Er formulierte dann, dass Aussagen über Beobachtungen immer Aussagen über Intersektionen von Weltlinien seien, was er anhand des Beispiels „Meridiandurchgang eines Sterns“ seinem astronomischen Publikum näher brachte. Die Schnitte der Weltlinien blieben bei Verwendung unterschiedlicher Bezugssysteme immer erhalten und auch ihre Abfolge bliebe gleich, was zum Postulat der Invarianz in Bezug auf beliebige Transformationen führe.

Erst nach diesen Vorbereitungen begann er, auf die Gravitation selbst einzugehen. Er wies zunächst wieder auf den Ausnahmecharakter der Anziehung hin, wie schon mehrfach zuvor⁶:

Gravitation differs from all other forces of nature by its generality and its independence of anything else. The acceleration [...] does not depend on the chemical constitution nor on the physical status of the body [...]⁷

Danach machte plausibel, wie Einstein über das Äquivalenzprinzip (diesen Begriff nannte er jedoch nicht) zu der Feststellung kam, dass die g_{ij} eng mit Gravitation verknüpft seien und formulierte Einsteins Gravitationstheorie "briefly":

In a portion of space where there is no gravitation a material point not subjected to other forces describes a straight line: its world-line is also a (four-dimensional) straight line, i.e., a geodetic line in a space in which the g_{ij} have the constant values (1).

¹[deSitter16g, S. 412]

²In seinem Artikel [deSitter11c] hatte er den Äther sogar explizit in einem analogen Zusammenhang erwähnt, siehe Abschnitt 2.1.1.

³[deSitter16g, S. 412ff]

⁴Hervorhebung im Original

⁵[deSitter16g, S. 415]

⁶vgl. [deSitter08a] (siehe Abschnitt A.4) oder [deSitter12c] (siehe dazu Abschnitt 2.1.3), auch in [Eddington15] zu finden

⁷[deSitter16g, S. 416]

In a portion of space where there is gravitation the world-line of a material point subjected to no other forces is also a geodesic line, but now the g_{ij} have no longer the simple values (1), but are functions of the co-ordinates. In other words, gravitation is *not* a “force” in the new theory.¹

Da die geodätischen Linien über “ $\int ds = \text{a minimum}$ ” definiert seien, seien damit die Bewegungsgleichungen die Differenzialgleichungen der Geodäten. Da ds invariant gegenüber allen Transformationen sei, seien es die Bewegungsgleichungen also ebenfalls.² Mit der Konstruktion der Bewegungsgleichungen sei aber nur die eine Hälfte der neuen Theorie fertiggestellt, “[t]he other half is the determination of the g_{ij} .”³ Er erklärte in groben Zügen, dass Einstein dazu die Gleichung $G_{ij} = \kappa T_{ij}$ (2) verwende, welche auch von Lorentz und Hilbert über ein verallgemeinertes Hamiltonsches Prinzip abgeleitet worden sei.

Um nun die neue Theorie in Bezug zu Bekanntem zu setzen erwähnte er, dass sie in erster Näherung das Newtonsche Gesetz reproduziere und in zweiter Ordnung die Merkurperihel-Anomalie erkläre, ohne in anderen Bewegungen der Himmelskörper neue Abweichungen zu produzieren (siehe dazu Abschnitt 5.1).⁴ Dass Gravitation nun als Eigenschaft des Raumes auch auf alle anderen physikalischen Phänomene einen Einfluss habe, gab er in den bekannten Vorhersagen der Lichtablenkung und Rotverschiebung in der Nähe von großen Massen an.

Den Abschluss der Abhandlung bildete sein Hinweis darauf, dass zur Bestimmung der 10 g_{ij} nur 6 unabhängige Gleichungen aus (2) existierten, was aber wichtig sei, da dies widerspiegele, dass stets ein beliebiges Koordinatensystem (durch die restlichen 4 Parameter festgelegt) zur Darstellung gewählt werden könne.

4.1.2. Erste Reaktionen

Als Reaktion auf de Sitters Artikel wurde ein Leserbrief von T.J.J. See in der Dezemberausgabe von *The Observatory* abgedruckt, auf den J. Jeans im Januar 1917 antwortete, was wiederum von Eddington im Februar kommentiert wurde.⁵

See bescheinigte de Sitter zwar eine gute Zusammenfassung von Einsteins Gravitationstheorie

but, whilst he carefully discusses the *analysis* of Einstein’s treatment, he so completely passes over all *physical considerations* as actually to convey the impression that gravitation is not a *physical problem*, but only an *analytical one*. In fact, he actually states that under this theory gravitation is not a “force”, but a “property

¹[deSitter16g, S. 416], Hervorhebung im Original

²Weil die Bewegungsgleichungen von den g_{ij} (welche selbst Funktionen der Koordinaten sind) und deren ersten Ableitungen abhängen, könne man diese auch in der gewohnten Form ausdrücken, [deSitter16g, S. 417].

³[deSitter16g, S. 417]

⁴[deSitter16g, S. 418]

⁵Siehe dazu auch [Crelinsten84, S. 25-7], [Crelinsten06, S. 98-100], [Kerszberg89b, S. 120], [Warwick03, S. 464ff], [Moyer79, S. 61f].

of space" (S. 418). It would be difficult to find a more deceptive piece of reasoning than that here discussed. It is evident that Minkowski, Einstein, and De Sitter have had in view nothing but *Analysis* – ignoring the physical Universe altogether, – and thus reasoned on a false basis, as has happened more than once in the past history of Science.¹

Im weiteren Verlauf unterstützte er diesen Kern seiner Kritik und argumentierte u.a. auch mit „Fakten“ dafür, dass die Gravitation natürlich eine *Kraft* sein müsse. Er referenzierte dazu Berechnungen von Oliver Lodge, der die enorme Stärke der Kraft – etwa zwischen Erde und Mond – berechnet hatte:² "It obviously is so clearly an influence exerted by *matter* that one is astonished at this talk of a "property of space."³ Seinen zweiten Kritikpunkt (RT basiere auf falschen Voraussetzungen) führte er ebenfalls weiter aus, denn schon die Griechen wären daran gescheitert, dass Ihre Theorien nicht zu den Fakten gepasst hätten: "Dozens of books have appeared on the subject. Thus our problem to-day is not merely to discover Truth, but to discover a way out of an ensnaring mesh of errors."⁴ Um den Mißstand aufzuheben wäre es nach See hilfreich, "some *physical agency*" als Träger der Gravitation auszumachen, um die enormen Kräfte zu erklären. Am Ende der kurzen Abhandlung verwies er hierzu noch auf seine eigene Arbeit zur Suche nach der Ursache der Gravitation:

For more than a third of a century I have been at work on the cause of gravitation, and since early in 1914 have been almost incessantly occupied with testing the results and applying them to all known physical phenomena. It will not be out of the way to say that notable progress has been made, with results altogether different from those described by Prof. De Sitter as reached by Einstein.⁵

See lehnte also die ART ab weil a) danach die Anziehung keine Kraft mehr darstellte, b) die Theorie auf falschen Voraussetzungen beruhte und c) er eine eigene Alternative anbieten wollte.⁶

Die Antwort von Jeans zielte fast vollständig darauf ab, Bedenken oder Ablehnung der ART wie hier durch See aufgrund der beinahe „mystischen Form“, in der Einstein seine Theorie formuliert hatte, entgegenzuwirken.

Any such tendency ought to disappear when it is noticed that the more concrete part of Einstein's work is quite independent of the metaphysical garment in which it has been clad.⁷

¹[See16, S. 511], Hervorhebungen im Original

²Die Kraft wurde dabei mit der "breaking strength" von Stahlsäulen verglichen.

³[See16, S. 512], Hervorhebungen im Original

⁴[See16, S. 512]

⁵[See16, S. 512]

⁶Mit der Position von See könne man sich zumindest teilweise etwas anfreunden, so Curtis in [Curtis17, S. 64], wenn auch dessen Angaben zur Größe der Kraft "apt to be misleading" seien. Curtis hatte die ART zunächst attraktiv gefunden, war aber später ins Lager von See gewechselt.

⁷[Jeans17, S. 57]

Anhang des Beispiels von auf dem Jupiter lebenden Astronomen, welche auf der Suche nach den Bahngleichungen der Jupitermonde¹ mit einer richtungsabhängigen Brechung in der Atmosphäre zu kämpfen haben, versuchte er deutlich zu machen, woraus der Kern von Einsteins Aussage bestünde, der sich hinter der komplizierten Darstellung verberge.² Für Jeans war die durch die ART beschriebene Beeinflussung des Raumes durch Masse nicht real: “Einstein’s crumpling up of his four-dimensional space may, for the present, be considered to be [...] fictitious [...]”³ Hier scheint sein Standpunkt durch, dass euklidischer und nicht-euklidischer Geometrie *nicht der selbe Status* eingeräumt werden dürfe, was repräsentativ für die Einstellung vieler in Cambridge ausgebildeter theoretischer Physiker war.⁴ Zu Sees Anmerkungen bezüglich einer Erklärung des Mechanismus der Gravitation schrieb Jeans am Ende seiner knapp einseitigen Note:

But it does not appear that Einstein’s conception ought to be said to have explained the nature of gravitation. Gravitational theory has, so far, been trying to fit round pegs into elliptical holes; the new theory finds a new round hole into which the pegs will fit perfectly, but this does not explain the physical nature of the pegs.⁵

Eddington hatte in einem Brief an de Sitter vom 31.12.1916 von den Beiträgen Sees und Jeans’ gesprochen und über eine Reaktion dazu nachgedacht:

Jeans has an interesting note in the Jan. number in reply to See which I think is very well put, though he rather underrates (probably not in his own mind but in the wording of the note) the so called metaphysical aspects of the theory, and I am turning over in my mind the idea of commenting on that next month.⁶

Diese angedachte Antwort erschien dann in der Februar-Ausgabe von *The Observatory*. Darin bemühte er sich “[...] to attempt a defence of the “metaphysical” garb in which the theory is usually clothed [...]”⁷ da durch Jeans Darstellung die Gefahr bestünde, die neue Auffassung von Raum und Zeit unterzubewerten. Er modifizierte dazu das Jeanssche Beispiel der Astronomen auf dem Jupiter leicht für seine Zwecke. Der eigentliche Witz der Theorie – das Revolutionäre – sei nicht die Verbesserung der Gesetze (im Beispiel die Bahngleichungen der Jupitermonde und das Brechungsgesetz) sondern die Relativierung einer bislang ausgezeichneten Größe (im Beispiel die Vertikale).

¹Dass ausgerechnet Jupiter mit seinen Monden als Beispiel herangezogen wurde war möglicherweise eine Referenz an de Sitters Expertise auf diesem Gebiet?

²Die Analogie wird etwa in [Crelinsten06, S. 99] näher erläutert. In einem im August 1917 verfassten Brief an Lodge äußerte er sich sieben Monate später dazu noch etwas deutlicher: “I agree entirely about the complexity of the presentation of relativity. Einstein is not a trained mathematician or I suspect he could have put the whole matter much better. [...] I fear de Sitter has rather prejudiced the reception of Einstein’s theory by a too abstruse presentation. I wrote a polite note to this effect in the Observatory of about Jan 1917.”, Jeans an Lodge, 14.08.1917, UCL.

³[Jeans17, S. 58]

⁴Siehe hierzu [Warwick03, S. 465], wo noch ein weiteres Charakteristikum für diesen Personenkreis angegeben wurde – die Ablehnung eines axiomatischen Status des RP, welches lediglich als analytische Eigenschaft der elektromagnetischen Eigenschaften angesehen wurde.

⁵[Jeans17, S. 58]

⁶Eddington an de Sitter, 31.12.1916, LEID

⁷[Eddington17d, S. 94]

In einem Punkt war Eddington nicht mit Jeans einverstanden. Jeans hatte die Raumveränderung ("crumpling up") durch Gravitation ja als scheinbar bezeichnet¹, Eddingtons Standpunkt hingegen war:²

I think it is not relativity-space – the "shadow" – that gets crumpled [...] [it is] a mere matter of obtaining sufficiently delicate measurements, to show that the space we have hitherto supposed we were measuring gets crumpled in a gravitational field.³

Interessanterweise hatte er dem Satz am Ende des Zitates folgende Fußnote hinzugefügt: "I assume here, as throughout, that Einstein's results are true. I am not necessarily defending the theory, but its mode of presentation."⁴ Warum war er hier so vorsichtig? Wollte er sich eine Hintertür für einen ggf. nötigen Rückzug offen halten? War es, weil er sich auf dem neuen Gebiet noch nicht sicher genug fühlte, wie er ja noch im Oktober de Sitter gegenüber hatte durchscheinen lassen⁵ oder war es einfach nur Taktik, um nicht zu sehr als Verfechter einer deutschen Theorie dazustehen (und weshalb ihn Larmor bereits kritisiert hatte)⁶? Jedenfalls nahm er die Darsteller der Theorie (und damit de Sitter und Einstein) in Schutz, denn "[t]he metaphysical language of the theory is not due to the perversity of its exponents."⁷ Dies erläuterte er anhand der Frage, ob nach der neuen Theorie die Kraft zwischen zwei Massepunkten noch proportional zum inversen Quadrat des Abstands sei. Man könne darauf keine Antwort geben, da der Abstand auf verschiedene Weisen gemessen werden könne:

Neither the new conceptions nor the old suggest any one value from the various possibilities as being the true distance. Thus we are led to the metaphysical question immediately – What is distance? What is space?

The transition from the old ideas to the new is full of difficulties and paradoxes – the more reason, therefore, to get it over at the start with a view to clear thinking.⁸

In seiner unnachahmlichen Art gab Eddington noch ein ganz praktisches Beispiel dafür, dass die Transformationen die *real* gemessen oder empfundene Zeit beeinflussten:

Thanks to the Government, we have recently become familiar with the simplest of all the mathematical transformations of the principle of relativity – a change of origin (of time).⁹ [...] It is not an abstract time that is affected by the relativity-transformation, but the time of experience [...] (the one, for instance, which informs us when the dinner-hour is approaching). This exercise of our almost unsuspected power of making the Sun rise and set later is not a bad starting-point

¹[Jeans17, S. 58]

²Siehe auch [Kerszberg89b, S. 120] und [Warwick03, S. 465].

³[Eddington17d, S. 94]

⁴[Eddington17d, S. 94, Fn *]

⁵Eddington an de Sitter, 13.10.1916, LEID. Damit wäre er zu *diesem* Zeitpunkt *noch nicht* von der Richtigkeit der ART überzeugt gewesen, was er etwa nach [Sponsel02, S. 441] bereits irgendwann *vor* der Sonnenfinsternisexpedition gewesen war.

⁶[Warwick03, S. 466]

⁷[Eddington17d, S. 95]

⁸[Eddington17d, S. 95]

⁹Damit meinte er die Einführung der Zeitumstellung zwischen Sommerzeit und Winterzeit.

for approaching the scarcely more startling paradoxes of the Principle of Relativity.¹

Damit endete eine kleine Diskussion zur ART und man kann an Eddingtons wenn auch noch etwas zaghaften Reaktion bereits seine kommende Rolle als Verteidiger der ART erahnen.² Sees Einwände waren nach Crelinsten nicht ganz unbegründet – denn was für den einen eine brillante und höchst elegante Theorie war, war für andere einfach nur metaphysischer Unsinn.³

De Sitter, der die Diskussion zwar verfolgt, sich aber nicht daran beteiligt hatte, hatte in einem Brief an Innes vom 08.11.1917 den Grund angegeben, weshalb See seiner Meinung nach die Theorie ablehnte:

You have probably read what Jeans and Eddington have written about it [GTR] in the Observatory. And the great T.J.J. See does not like it because he has not invented it and his own invention, on which he has been working [the?] last 30 years, was not yet quite completed at the time!⁴

Und damit hatte er höchstwahrscheinlich sogar Recht.⁵

4.1.3. Angesteckt: Eddington veröffentlicht selbst zur ART

Eddington hatte noch vor seiner Reaktion auf Jeans eine eigene, zweiseitige Kurzeinführung “Gravitation and the principle of relativity” in die ART für die Dezemberausgabe 1916 von *Nature* verfasst.⁶ Diese allererste Veröffentlichung Eddingtons zur ART beruhte vermutlich auf seinem Vortrag bei dem Meeting der BAAS.⁷ Darin bemühte er sich noch weniger technisch⁸ als de Sitter in *The Observatory* (den er zusammen mit Einstein referenzierte⁹), die neue Theorie plausibel zu machen oder nach Moyer “[t]o persuade his

¹[Eddington17d, S. 95]

²Nach [Stanley03, S. 69] war Eddington im Grunde der einzige Verteidiger der ART in England. Zu Eddington und seiner Verteidigung der ART siehe die unveröffentlichte Dissertation von Warwick “The Electrodynamics of Moving Bodies and the Principle of Relativity in British Physics, 1894-1919”, Cambridge University, 1989, S. 262, 263 nach [Brush99, S. 196, Fn *].

³[Crelinsten84, S. 27]

⁴de Sitter an Innes, 08.11.1917, CSIR

⁵Von Crelinsten wurde See als “a pompous plagiarizer” beschrieben, siehe [Crelinsten84, S. 25] und auch [Crelinsten06, S. 98f], wo auch Details aus Sees Karriere als Beleg gegeben werden.

⁶[Eddington16]. Siehe dazu auch [Moyer79, S. 60], [Stachel86, S. 230].

⁷Diese Vermutung wurde in [Stachel86, S. 230] geäußert.

⁸Er gab keine Gleichung an, nicht einmal die Feldgleichungen: “It is not possible to write down here these final equations, since a very elaborate notation is needed for their expression”, [Eddington16, S. 329]. Ob Eddington sich zu diesem Zeitpunkt bereits intensiver mit den technischen Feinheiten der Mathematik auseinandergesetzt hatte oder nicht, kann man daher dieser Veröffentlichung leider nicht direkt entnehmen, nach dem im Folgenden beschriebenen war er mit der Mathematik noch nicht vertraut genug gewesen, siehe auch [Warwick03, S. 463].

⁹Er verwies auf [Einstein16a] (eigentlich dem Separatabdruck davon), [deSitter16] sowie [deSitter16g].

colleagues to take the new theory seriously”^{1,2} Bevor er mit der Charakterisierung der eigentlichen Theorie begann, schickte er voraus (vielleicht um keine falschen Erwartungen aufkommen zu lassen):

No attempt is made to explain the cause of gravitation – as a kink in space or anything of that nature. But the extended law of gravitation is determined, to which Newton’s law is an approximation under ordinary conditions.³

Als Testmöglichkeiten führte er schließlich die drei Vorhersagen Einsteins an, von denen in der Merkurperiheldrehung “the most celebrated case of discordance in gravitational astronomy” nun aufgelöst worden sei. In einer Fußnote dazu wies er darauf hin, dass es neben der guten Übereinstimmung noch eine Abweichung bei den Knoten der Venus gebe. Mit demselben statistischen Argument welches de Sitter schon in Bezug auf die Seeligersche Theorie angewendet hatte⁴, relativierte er dies jedoch.

Zwei Monate später, im Februar 1917, thematisierte Eddington die ART in einem Beitrag zum *Report of the Council to the Ninety-seventh Annual General Meeting* (der RAS).⁵ Dieser war länger ausgefallen als der zuvor genannte Artikel in *Nature* und auch anders gewichtet ob der astronomischen Zielgruppe.⁶ In der ersten Hälfte klärte er Grundlagen zur Theorie (elektromag. Energie hat Masse, RP, kein absolutes Bezugssystem vorhanden, Koinzidenzen⁷ etc.), in der zweiten widmete er sich den astronomischen Konsequenzen oder Tests (den drei klassischen Tests) und einem „Vergleich“ zwischen Newtonschem und Einsteinschem Gesetz der Gravitation. Wie zuvor in *Nature* verzichtete er wieder auf die Mathematik und verwies stattdessen auf de Sitters bisher in England erschienene Arbeiten, in denen wiederum Einsteins Werke referenziert würden.⁸ Die Äther-Problematik hingegen erwähnte er diesmal kurz und dass es noch kontrovers sei, ob Einsteins Theorie die “co-ordinate relations to the æther” eliminiert habe oder nicht.⁹

Bei dem Punkt Konsequenzen/Tests der ART verzichtete er nicht wie im ersten Teil des Berichts auf Formelangaben und er ging auch auf mehr Details ein, insbesondere bei der Periheldrehung. Dieser Test sei bereits ausgeführt und ergebe bei den Planeten, insbesondere Merkur eine sehr gute Übereinstimmung. Dass es bei Venus noch eine Abweichung gab relativierte er auch hier mit demselben abmildernden Argument, jedoch

¹[Moyer79, S. 60]

²Insbesondere legte er Wert darauf, die Notwendigkeit einer Erweiterung der Newtonschen Theorie zu begründen, beispielsweise aufgrund der Geschwindigkeitsabhängigkeit der Masse. Auf diese Problematik hatte er bereits Anfang 1915 in seiner Bestandsaufnahme [Eddington15] hingewiesen.

³[Eddington16, S. 328]

⁴[deSitter13k, S. 302]

⁵[Eddington17c]

⁶Siehe dazu auch [Moyer79, S. 61], [Sánchez-Ron92, S. 61].

⁷Zur Wichtigkeit von Koinzidenzen bzw. “pointer readings” für Eddington als Basis der Wissenschaft siehe etwa [Graham82, S. 112f].

⁸[deSitter16g], [deSitter16], [deSitter17]

⁹“[T]hey have disappeared completely from the differential equations, but they seem to reappear in the boundary conditions at great distances”, [Eddington17c, S. 379]. Wie es scheint wusste er auch von der diesbezüglichen Debatte zwischen Einstein und de Sitter.

direkt im Text und nicht mehr in einer Fußnote.¹ Er erwähnte in diesem Kontext noch de Sitters Anwendung der Theorie auf die Mondbewegung und dass es zum Vergleich dieser Ergebnisse mit der Beobachtung noch einer höheren Genauigkeit der Messmethoden bedürfe. Schließlich zeigte er, dass der Vergleich des alten mit dem neuen Gravitationsgesetz schwierig sei aufgrund der Tatsache, dass man dazu das neue Gesetz in der Sprache der euklidischen Geometrie ausdrücken müsse, was nur approximativ möglich sei.

Im Juli oder Anfang August 1917 hatte Eddington von de Sitter dessen dritten und letzten Teil aus der Reihe “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences”² erhalten. In seinem Brief an de Sitter vom 16.08.1917 schrieb er zu Beginn: “I have read your very interesting paper, though I could not venture to go into the analysis in detail.”³ Dies dokumentiert, dass er weiterhin noch nicht genügend mit der Theorie vertraut war, um sich in die Tiefe zu wagen.⁴ Er äußerte sich in dem Brief zu den beiden Weltmodellen A und B, seiner ersten Einschätzung zu ihnen und auch zu deren Bedeutung:

I feel a strong objection to system A. It seems to me that the world-matter in that is simply the aether coming back again - only instead of the useful aether that we are accustomed to it is an idle substance whose only function seems to be just to be there. [...] ⁵ Hypothesis B is not open to this objection and seems promising. I am trying to grasp it physically. I take it that there must be some distinctive property of space when we use “natural measure” which does not appear when we use any other kind of measure. Is it this? [...] My first impression was that the new proposals merely represented a different point of view, but I see that it does introduce fundamental (i.e. theoretically observable) differences; and that is some mitigation of the objection to hypothesis A.⁶

Neben der noch erkennbaren Unsicherheit schien ihm also de Sitters Modell B zunächst vielversprechender als Einsteins Modell A, was er auch bei seiner Vorstellung des Artikels (s.u.) zum Ausdruck brachte.⁷

Nachdem Eddington das Manuskript des Artikels weitergeleitet hatte, erschien dieser im November 1917 in den *MNRAS*. Eddington selbst stellte ihn auf der Sitzung der

¹“On Einstein’s theory the largest residual, that of the node of Venus, is $4\frac{1}{2}$ times its probable error – a little larger than the theory of probability predicts, but scarcely to be considered a very serious discordance.”, [Eddington17c, S. 381]

²[deSitter18]

³Eddington an de Sitter, 16.08.1917, LEID

⁴Siehe auch [Warwick03, S. 467].

⁵In dieser ausgelassenen Passage ging er noch weiter darauf ein.

⁶Eddington an de Sitter, 16.08.1917, LEID

⁷Diese Einschätzung wurde von ihm in seinem *Report* 1918 öffentlich bekräftigt, [Eddington20a, S. 87, 90], vgl. [Stachel86, S. 232]. In *The Mathematical Theory of Relativity* von 1923 sah er zwar noch die Nachteile von A, war aber bereit die eigentlich begründete Bevorzugung von B aufzugeben weil er in A die Möglichkeit sah “to offer a distant hope of accounting for the occurrence of a very large pure number as one of the constants of nature” (er wollte hier das Verhältnis von Radius eines Elektrons zu seiner Gravitationsmasse mit der Gesamtzahl aller Teilchen im Universum in Verbindung bringen). Siehe [Eddington23, S. 167-8] und auch [Röhle02, S. 72].

RAS am 09.11.1917 vor.¹ Er schickte voraus, dass de Sitters Beitrag *mehr* als nur bloße Wiedergabe von Einsteins Theorie darstellte:

It is not merely a continuation of the two previous papers, but breaks out into new ground and gives some new possible extensions of the theory, which can be considered apart from the conclusions already arrived at.²

Danach stellte er den Grundgedanken der Verallgemeinerung dar (es existiert kein bevorzugtes Koordinatensystem) und berichtete über die von Einstein gewählte verallgemeinerte Form der Poissonschen Gleichung (die er in der herkömmlichen Form als einzige Gleichung überhaupt angab), welche für alle Koordinatensysteme gelte. An dieser Stelle wies er auf den Mangel in der Theorie hin, dass die Randbedingungen nicht unabhängig von den gewählten Koordinaten seien – das RP als nur für die Differentialgleichungen und nicht für die Randbedingungen gelte. Ob dieser „Schwachstelle“ schlug er als Maßgabe eine pragmatische Einstellung zur Theorie vor – vermutlich auch, um erwarteter Kritik entgegenzutreten:

That need not worry us unless we wish it to, for we should not regard the theory of relativity as a fetish. It is a theory which has suggested a number of striking generalisations, and we should follow it as far as it leads us rightly and be prepared to give it up where it fails. We should regard it rather as something suggestive than as something which must necessarily be fulfilled.³

Es habe bereits Versuche gegeben, die Problematik zu eliminieren – den Einsteinschen Vorschlag dazu (Modell A) stelle de Sitter neben seinem eigenen (Modell B) in dem Artikel vor.

It would complicate matters to attempt to speak about them both, so that I will confine my remarks to de Sitter's theory, which is the one which appeals to me more.⁴

Bei de Sitters Vorschlag sei die Welt die 4-dimensionale Oberfläche einer 5-dimensionalen Kugel (die 5. Dimension sei dabei nicht wirklich existent sondern nur ein mathematisches Hilfsmittel), wodurch die Randbedingungen unnötig würden. Neben merkwürdigen Gebieten in denen es weder Bewegung noch Zeit gebe habe die Theorie auch astronomische Auswirkungen, da sie anscheinend etwa die großen Radialgeschwindigkeiten der Spiralnebel und ihre Richtung von der Sonne weg (im Mittel) erkläre. *Dies* sei momentan nicht aber zukünftig zweifelsfrei überprüfbar – wohingegen die Theorie *im Ganzen* keinem Test unterwerfbar sei:

This theory does not lend itself to testing, as did the theory of the first two papers, because it brings in an arbitrary constant, the radius of curvature of the space-time world, which is at our disposal. The beauty of the old theory was that it gave quantitative predictions.⁵

¹[RAS17]

²[RAS17, S. 424]

³[RAS17, S. 425]

⁴[RAS17, S. 425]

⁵[RAS17, S. 426]

Zum Abschluss der Vorstellung gab Eddington noch seine Meinung zur Thematik der Raumkrümmung preis. Die Annahme einer Krümmung erkläre nicht alles und sie sei auch nicht notwendigerweise real. Vielmehr zeige sich, dass manche Gesetze in gekrümmter Umgebung eine einfachere Darstellung haben als im flachen Raum. Warum dies so sei, so glaube er, verberge sich eher in den Eigenschaften der Gesetze selbst als dass es an der Existenz eines absoluten Raumes liege.

Im Anschluss an den Überblick wurde den Anwesenden Gelegenheit gegeben Kommentare abzugeben. Dies wurde wahrgenommen von Crommelin, der auf die von Eddington nicht angesprochene Thematik von einmal um die Welt laufendem Licht (Abbild der Rückseite der Sonne) einging und die Frage einer diesbezüglichen Untersuchung in den Raum stellte um etwa eine untere Schranke für den Radius festlegen zu können. Chapman fragte, ob man aus der Bewegung der Spiralnebel wohl auf den Radius rückschließen könne und ob dieser nicht eine Naturkonstante sein müsse. Lindemann spekulierte, ob nicht allein die Lichtablenkung durch Materie ausreichende Erklärung biete und man dann bei genügend zur Verfügung stehende Masse auf das Konzept einer Raumkrümmung verzichten könne. Eddington ging in seiner Antwort auf diese Kommentare ein.¹ Er gab eine Abschätzung de Sitters zum Radius an, bestätigte die Existenz einer neuen Naturkonstante (experimentelle Überprüfung vorausgesetzt) und präziserte, dass Licht nur in Einsteins Weltmodell die Welt in endliche Zeit komplett umrunden könne.

Noch vor dem Erscheinen von de Sitters “3rd paper” hatte nicht nur in den Seiten des *Philosophical Magazine* ein „Schlagabtausch“ zwischen Lodge und Eddington begonnen, der durch einen Artikel von Lodge im August 1917 ausgelöst worden war und der sowohl in Artikeln als auch in Briefen geführt wurde.²

Lodge, ein Anhänger der “Electronic Theory of Matter” (ETM³) und Verfechter⁴ des Äthers (zu dieser Zeit Mitherausgeber der Zeitschrift) hatte in dem Artikel astronomische Auswirkungen seiner Hypothese untersucht, dass die durch Bewegung eines Körpers hinzutretende träge Masse in der ETM nicht der Gravitation unterworfen sei.⁵ Er versuchte unter anderem⁶ unter dieser Annahme eine Erklärung für die Merkurperiheldrehung⁷ zu finden: “I wish to show that one of them [the astronomical and optical consequences of the principle of relativity] at least can be deduced without reference to

¹[RAS17, S. 427]

²Ich gehe hier nicht auf die Details der Debatte ein, verweise dazu auf [Warwick03, 469-75]. Siehe auch [Moyer79, S. 65f] und [Sánchez-Ron92, S. 62f]. Als Anhängsel an diese Debatte kann man noch [Eddington18c] ansehen als Antwort auf Walker, George W., “Relativity and Electrodynamics”. *Philosophical Magazine* **35** (1918), S. 327-38.

³Zur ETM siehe [Warwick03, S. 367ff].

⁴Siehe hierzu [Goldberg84, S. 223-5].

⁵[Lodge17a]

⁶Ebenso betrachtete er die Lichtablenkung. Von weiteren Aspekten der Arbeit wie etwa der Bestimmung der Bewegungsgeschwindigkeit und Richtung der Sonne gegenüber dem Äther habe ich hier abgesehen.

⁷Diese wurde hier „verursacht“ durch die absolute Bewegung der Sonne durch den Äther, da Merkur sich in seinem exzentrischen Orbit einmal *mit*, einmal *gegen* diese bewege, siehe auch [Warwick03, S. 470].

that principle."¹ Es war sein Versuch, die ETM auf dem Gebiet der Astronomie zu stärken, da sie sich von dort aus als angreifbar erwiesen hatte.² Lodge hatte Eddington vorab die Arbeit zukommen lassen. Dieser hatte zwar bereits postalisch darauf geantwortet, sah es aber als notwendig an, auch öffentlich dazu Stellung zu beziehen. In seiner ersten "note" (September) ging Eddington der Frage nach, ob die Annahme von Lodge (die er anscheinend durchaus ernst nahm) neben einer Erklärung der Merkurbewegung keine neuen Abweichungen bei den anderen der vier inneren Planeten hervorrufen würde.³

His [Lodge's] explanation is comparatively simple, and on that account will be widely preferred to the recent theory of Einstein, which introduces very revolutionary conceptions, provided that it meets certain other astronomical requirements which seem necessary. In removing the discordance for Mercury, it must not introduce discordances for Venus and the Earth, which at present satisfy gravitational theory. If the explanation breaks down under this further test, the discussion will make prominent a feature of the success of Einstein's theory which has perhaps not been sufficiently emphasized.⁴

Bei seiner Betrachtung verwendete er als Grundlage die Werte, die de Sitter in seinen diesbezüglichen Betrachtungen angegeben hatte.⁵ Eddington kam zu dem Ergebnis, dass genau solche Störungen auftraten, die sich nicht mit der Beobachtung in Einklang bringen ließen:

It is disappointing to find that this interesting suggestion, which gives a simple explanation of the most celebrated discordance of gravitational theory, is apparently unable to satisfy the more stringent test proposed.⁶

In seiner zweiten "note" (Oktober) untersuchte er noch einmal quantitativer und in einer genaueren Rechnung die auftretenden Störungen und fand dadurch eine Bestätigung seiner vorhergehenden Ergebnisse: "So far as I can see, the conclusions of my previous paper are not materially modified by this more rigorous calculation."⁷ Lodge lobte in seiner Antwort im Dezember die klare Darstellung von Eddington und gab zu, dass er momentan keinen Weg sehe, die gute Übereinstimmung seiner Hypothese mit der Bahnbewegungen von Merkur und Mars einerseits und den Abweichungen bei Venus und Erde andererseits aufzulösen.⁸ Aber, so Lodge, dass letzte Wort sei in dieser Angelegenheit sicher noch nicht gesprochen, zumal die Übereinstimmung von Merkur und Mars bemerkenswert sei, was kaum zufällig sein könne.⁹ Aber auch mit seinem letzten Artikel

¹[Lodge17a, S. 82]

²[Warwick03, S. 470]

³Ähnlich wie de Sitter dies bei Betrachtung der Seeligerschen Ellipsoide durch Woltjer hatte berechnen lassen, siehe Abschnitt 2.1.1.

⁴[Eddington17a, S. 163]

⁵Er verwies auf [deSitter13k, S. 297] und [deSitter16, S. 728].

⁶[Eddington17a, S. 167]. Eddington, der an Lodge geschrieben hatte "I am somewhat of an Einsteinian" (zitiert nach [Warwick03, S. 471]), formulierte hier bewusst rhetorisch elegant.

⁷[Eddington17b, S. 327]

⁸[Lodge17b]

⁹[Lodge17b, S. 519]. Zusammen mit Larmor hatte Lodge 1917 versucht, eine konsistente Theorie der Planetenbewegung auf Basis der ETM aufzubauen, was aber aufgrund verschiedener Faktoren scheiterte, siehe [Warwick03, S. 472]. Zu Larmor und der ETM siehe [Warwick03, S. 357-98].

zu der Thematik, den er im Februar 1918 veröffentlichte, konnte Lodge seine Theorie nicht stützen und musste schließlich zugeben, dass das Relativitätsprinzip auch für die Gravitation Gültigkeit besitze.¹ Damit habe er, so Warwick, aber keinesfalls Einsteins Arbeit akzeptiert sondern „nur“ öffentlich zugegeben, dass die ETM die Merkur-anomalie nicht erklären könne.²

Eddington hatte durch seine Beiträge der ART zu einem Etappensieg verholfen, welcher ihr schon nach seiner ersten Antwort im September in *Nature* attestiert worden war³

[I]ndeed, the discussion suggests that no theory of the general type suggested by Sir Oliver Lodge can be made to fit all the facts, so that the relativity theory appears to be left in a stronger position than ever.⁴

und nach Ansicht von Warwick war der öffentliche Teil dieser Debatte generell wichtig, um die Grundhaltung der scientific community gegenüber ETM und ART zu formen.⁵

Gestärkt durch die mehr oder weniger öffentliche Demonstration der Stärke der ART und sein wachsendes Verständnis begann Eddington nun selbst aktiv für die Verbreitung der ART zu sorgen – auch unter interessierten Laien.⁶ Am 01.02.1918 hielt er den ersten Vortrag für ein allgemeines Publikum an der Royal Institution in London, dem noch viele folgen würden.⁷ In diesem Vortrag, der in zwei Teilen im März in *Nature* veröffentlicht wurde⁸, stellt er in sehr bildlicher⁹ Sprache teilweise heiter¹⁰ die Grundelemente der RT

¹[Lodge18, S. 155]. Durch eine geschwindigkeitsabhängige Gravitationskonstante würde uns die Möglichkeit genommen, Absolutbewegungen gegenüber dem Äther festzustellen: “I had hoped that by aid of the astronomical perturbations calculable from the electrical theory of matter this compensating influence might be overcome, and that the force of gravity would not, so to speak, join the conspiracy to defeat our object. We must, however, now face the possibility that gravitation too obeys a compensating law, and declines to enable us to receive information about absolute motion of matter through æther.” [Lodge18, S. 143f]

²[Warwick03, S. 475]

³Weitere Berichte finden sich auch in *The Observatory*, siehe [N.N.17b].

⁴[N.N.17d], leider ohne Angabe des Autors

⁵[Warwick03, S. 469]

⁶Eddington wollte auch ein “popularizer” sein, siehe [Graham82, S. 111]. “[...] Eddington was inventive gifted at using analogies and visual aids to help those without a strong understanding of astronomy or mathematics to comprehend technical scientific concepts.”, [Sponsel02, S. 447]

⁷[Warwick03, S. 475]

⁸[Eddington18a] und [Eddington18b]. Ein weiterer detaillierter Bericht wurde veröffentlicht in *Engineering: An Illustrated Weekly Journal*, 08.02.1918, S. 153-4, siehe dazu auch [Sponsel02, S. 447f].

⁹Sogar nahezu im Wortsinn: “Imagine that we have drawn the world-lines of all the particles, light-waves etc., in the universe: we shall then have a complete history of the universe. It will be a rather dull history-book; the Venus of Milo will be represented by an elaborate schedule of measurements, and Mona Lisa by a mathematical specification of the distribution of paint; [...]”, [Eddington18a, S. 17].

¹⁰Nach der Darlegung dass Licht Masse habe warnte er: “In case anyone should be thinking of going to an electric light company to buy a pound of light, I had better warn you that it is a rather expensive commodity.”, [Eddington18b, S. 34].

vor.¹ Dabei arbeitete er sich von der speziellen zur allgemeinen Theorie vor und ging auf alle wichtigen Punkte ein, ohne jedoch – im Hinblick auf die Zielgruppe – auf Formeln zurückzugreifen und überwiegend ohne Verwendung der Fachterminologie. Den Möglichkeiten einer Überprüfung der ART widmete er sich ausführlich, verzichtete dabei aber auf die problematische Rotverschiebung. Der von Einstein vorhergesagten Periheldrehung attestierte er hervorragende Übereinstimmung mit der Beobachtung (insbesondere bei Merkur) ohne neue Abweichungen hervorzurufen. Für den möglichen Test der Lichtablenkungsvorhersage² nannte er die kommende Sonnenfinsternis die "best opportunity for some generations"³ und gab genau drei Werte an, welche als Ergebnis in Frage kamen: Keine Ablenkung, den Newtonsche Wert $0,83''$ und den Einsteinschen Wert von $1,74''$.⁴ Diese *bewusste Reduktion* auf ausschließlich drei Möglichkeiten – die sog. "false trichotomy"⁵ – war für Eddington (aber auch Crommelin und Dyson) Vorbereitung für eine Vereinfachung in der Bestätigung der Vorhersage, welche sich in vielen ihrer auf die Expedition Bezug nehmenden Artikel wiederfand.⁶ Jedes Ergebnis jenseits des Newtonschen Wertes konnte damit leichter als Bestätigung der ART gewertet werden.⁷ Zum Abschluss des Artikels war er darum bemüht, das verbreitete Missverständnis aufzulösen, dass Einsteins Theorie zum Ziel habe den möglichen *Mechanismus* hinter der Gravitation zu erklären.

Als Reaktion auf den veröffentlichten Vortrag erschien im April eine Zuschrift eines Lesers, der eine vermeintliche Lösung zum Problem der Unmöglichkeit des Nachweises der Längenkontraktion enthielt – eben nur vermeintlich, wie Eddington in seiner direkten Antwort darauf zeigte.⁸

Im selben Jahr (1918) in dem Eddington seinen „Sieg“ über Lodge davontrug und begonnen hatte, sich vermehrt für die Verbreitung der ART auch unter Laien zu engagieren, erschien sein *Report on the Relativity Theory of Gravitation*⁹, der sich an die Fachwelt richtete und von dieser durch die „vorbereitende“ Debatte antizipiert und gut angenommen wurde.¹⁰ Es war eine für die Physical Society (London) verfasste Einführung, die "the first complete account of general relativity to appear in the English language"¹¹ war. Mit ihr festigte Eddington seine Rolle als "the theory's master and champion in

¹Dieser Stil, den er zunächst bei Vorträgen entwickelte, fand sich später auch in seinen Veröffentlichungen wieder, siehe [Douglas56, S. 46]. Eddington war ein "master of metaphor and literary craftsmanship", [Graham82, S. 111].

²Im Zusammenhang mit der Lichtablenkung sprach er von "weighing light" [Eddington18b, S. 36].

³[Eddington18b, S. 36]

⁴Die angegebenen $0,83''$ statt den üblichen $0,87''$ ergaben sich aus leicht abweichenden Konstanten bei der Berechnung, siehe [Sponsel02, S. 448].

⁵[Earman80a, S. 84], [Sponsel02, S. 442]

⁶Hier war sie vermutlich das erste Mal verwendet worden, vgl. [Sponsel02, S. 447f]. Siehe letzteren Artikel für eine detaillierte Darlegung der Bemühungen Eddingtons für eine Vorbereitung der Allgemeinheit und der Spezialisten auf die geplante Prüfung von Einsteins Vorhersage.

⁷[Sponsel02, S. 442f]

⁸Der Vorschlag findet sich unmittelbar vor Eddingtons Antwort [Eddington18d] abgedruckt.

⁹Unveränderter Abdruck (bis auf das ergänzte Vorwort) in [Eddington20a].

¹⁰[Warwick03, S. 469].

¹¹[Sánchez-Ron92, S. 63]

Britain”¹: “The *Report* awakened the English-speaking physicists and astronomers to the importance of the new theory.”² Schon zu Beginn des Vorworts hob Eddington die Vorzüge von Einsteins neuer Theorie hervor

Whether the theory ultimately proves to be correct or not, it claims attention as one of the most beautiful examples of the power of general mathematical reasoning. The nearest parallel to it is found in the applications of the second law of thermo-dynamics, in which remarkable conclusions are deduced from a single principle without any inquiry into the mechanism of the phenomena; similarly, if the principle of equivalence is accepted, it is possible to stride over the difficulties due to ignorance of the nature of gravitation and arrive directly at physical results. Einstein’s theory has been successful in explaining the celebrated astronomical discordance of the motion of the perihelion of Mercury, without introducing any arbitrary constant³; there is no trace of forced agreement about this prediction. It further leads to interesting conclusions with regard to the deflection of light by a gravitational field, and the displacement of spectral lines on the sun, which may be tested by experiment.⁴

und gestand den hohen mathematischen Anspruch ein:

The main difficulty of this subject is that it requires a special mathematical calculus, which, though not difficult to understand, needs time and practice to use with facility.⁵

Bei Eddington selbst hatte dieser Prozess von seinem ersten Kontakt mit den technischen Details durch de Sitters Artikel im September/Okttober 1916 bis zu seiner Zusammenstellung des *Report* Anfang 1918 viele Monate gedauert. Obwohl Eddington mathematisch äußerst versiert war und im Gegensatz zu den meisten bereits Kenntnisse in Differentialgeometrie mitbrachte⁶, fehlte ihm zum schnelleren Erlernen klarerweise das Umfeld, wie es in Leiden vorhanden war und in dem die dortigen Wissenschaftler recht zügig zu Experten auf dem Gebiet avancierten, auch weil diese bereits die Vorstufen der Theorie verfolgt hatten. Eddington hatte neben den Artikeln von de Sitter auch Originalarbeiten Einsteins zur Verfügung aus denen er sein Wissen schöpfen konnte (vgl. Abschnitt 4.1.1), es fehlte ihm aber jegliche orale Komponente. Er konnte nicht wie die Leidener Fachgenossen bei Verständnisproblemen einen Kollegen fragen, der bereits weiter war oder einfach nur mit ebenfalls Interessierten in der nötigen Tiefe über die Theorie diskutieren. Er konnte auch nicht, was das naheliegendste gewesen wäre, einfach nach Leiden oder Berlin fahren um das Wissen vor Ort zu erwerben. Hier zeigt es sich, wie wichtig für die Verbreitung von neuen Ideen und Theorien der direkte Kontakt zwischen

¹[Warwick03, S. 468]

²[Douglas56, S. 42]

³Damit sah er dies zunächst so wie de Sitter als großen Vorteil an, siehe [deSitter17b, S. 1225], später hingegen änderte sich seine Einstellung im Zusammenhang mit dem λ -Glieder, siehe etwa Abschnitt 5.2.

⁴[Eddington20a, S. v]

⁵[Eddington20a, S. v]

⁶[Warwick03, S. 493]

Wissenschaftlern ist, da der reine Austausch von Publikationen nur ein *Teil* eines solchen Transferprozesses sein kann und das Erlernen lediglich aus gedruckten Quellen zwar möglich, aber sehr schwierig ist.¹

Als Hauptquellen für seinen *Report* hatte Eddington Einsteins „Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie“² von 1916 sowie de Sitters Artikelserie³ in den *MNRAS* angegeben “which in some places have been followed rather closely”⁴, unter den weiteren Quellen waren Arbeiten von Hilbert, Lorentz, Droste, Schwarzschild und Levi-Civita⁵, in deren Besitz er vermutlich auch über de Sitter gelangt war.

Eddington fühlte sich aber noch nicht gänzlich sicher auf dem Terrain, denn er stützte sich für den *Report* noch ein letztes Mal auf de Sitters Autorität. Nachdem er sein Buch fertiggestellt hatte schrieb er im April 1918 an de Sitter:

I venture to ask if you would kindly read the proof-sheets – not, of course, primarily for typographical mistakes but for general criticism and detection of blunders if I have fallen into any. I should be greatly indebted to you if you would; it is a subject in which it is very easy to go astray.⁶

Dass de Sitter einverstanden war kann man Eddingtons Brief an ihn aus dem Juni 1918 ablesen: “Thank you very much for consenting to read my proofs.”⁷ Um sicherzustellen dass die Korrekturbögen auch durch die Zensur kamen hatte Eddington sich eine entsprechende Genehmigung geholt, wie er de Sitter berichtete, bat aber dennoch um eine Empfangsbestätigung. Bei den algebraischen Umformungen der Gleichungen fühlte Eddington sich inzwischen sicher genug:

However⁸ it is not so much the mathematics as the explanatory matter that I wished to submit to you; I shall be interested especially in your opinion of the last Chapter [Modelle A und B].⁹

Weiterhin ersuchte er de Sitter – obwohl er dessen momentanen Arbeitsreichtum (vgl. Abschnitt 6.2.1) wegen des Todes von E.F. van de Sande Bakhuyzen erahnte¹⁰ – ihm

¹Siehe dazu auch [Warwick03, S. 467], auch S. 447 und S. 493-5. Douglas bemerkte man solle bedenken, dass Eddington sich in der Zeit von 1916-23 nicht ausschließlich der RT gewidmet habe, siehe [Douglas56, S. 55], was dann sicher zusätzlich eine Erklärung für den recht langen Lernprozess sein dürfte.

²[Einstein16a]

³[deSitter16], [deSitter17] und [deSitter18]

⁴[Eddington20a, S. vi]

⁵Welche Arbeiten genau dazu siehe [Eddington20a, S. vi].

⁶Eddington an de Sitter, 28.04.1918, LEID. Er hatte ebenfalls indirekt gefragt, ob eine von ihm gefundene Relation bereits anderweitig publiziert worden war.

⁷Eddington an de Sitter, 24.06.1918, LEID

⁸Damit bezog er sich auf zuvor geschilderte Probleme mit der Druckerei: “The printers do not seem to be aware of any difference between ν and v and use them indiscriminately; also they have a way of using a small letter (preferably Greek) instead of capitals.”, Eddington an de Sitter, 24.06.1918, LEID.

⁹Eddington an de Sitter, 24.06.1918, LEID

¹⁰“I expect your are very busy with your plans for Leiden Observatory.”, Eddington an de Sitter, 24.06.1918, LEID

die Bögen nach drei Wochen wieder zurückzusenden, da man seine Befreiung vom Militärdienst inzwischen zurückgezogen habe und seine Zukunft daher sehr ungewiss sei.¹ Leider sind bislang keine der Korrekturen de Sitters aufgefunden worden, sodass sich nicht herausfinden lässt, *ob* und wenn *welche* Anmerkungen von diesem gemacht wurden (anders als in der Korrespondenz mit Kottler 1922, siehe Abschnitt 4.2).² Diese wären sicherlich äußerst aufschlussreich.

Inhaltlich gliedert sich der 91-seitige Report in acht Kapitel³, deren Inhalt hier sehr grob aufgelistet ist:⁴ Die ersten beiden widmen sich im Wesentlichen der SRT und dem Übergang zur allgemeinen Theorie, betonen im Hinblick auf die Anhänger der ETM auch ihre Unabhängigkeit von elektromagnetischer Theorie.⁵ Im dritten Kapitel wird in die Tensorrechnung eingeführt mit dem Ziel, im vierten Kapitel Einsteins Gravitationsgesetz vorstellen zu können. Das fünfte Kapitel behandelt die drei Vorhersagen der ART (ohne bei der Lichtablenkung die “false trichotomy” zu verwenden), im sechsten untersucht er die Gesetze für kontinuierliche Massenverteilungen (im Unterschied zur sonst diskreten Massenverteilung) und im siebten Kapitel führt er die auf dem Prinzip der kleinsten Wirkung beruhende Formulierung der Theorie nach Hilbert vor. Das abschließende achte Kapitel widmet sich den kosmologischen Konsequenzen der Theorie mit den Vorschlägen Einsteins und de Sitters für die Struktur des Universums (Modelle A und B).

Der *Report* wurde mit großen Interesse angenommen und als wichtig eingestuft, da er eine rudimentäre Grundlage zum Erlernen bot, als Referenz für die nun möglichen Diskussionen diente und das, obwohl der Schwierigkeitsgrad für viele ein Problem darstellte⁶:

Generalisation is the supreme intellectual achievement, but it may leave us thirsting for the particular and for simplicity. This report on what may be the most remarkable publication during the war leaves us wondering in which direction the greater satisfaction is given.⁷

Auch für Fokker, der sich intensiv mit der ART befasst hatte, war das Buch ein wichtiger Beitrag, wie er Rutherford zwei Jahre nach dem Erscheinen schrieb: “The best accounts I know of the gravitation theory have been given by Eddington in his beautiful Report,

¹Das Ende seiner Befreiung war zum 30.04.1918 terminiert worden und wurde erst im Juli für die Dauer von 12 Monaten verlängert. Die Details dazu finden sich in [Stanley04, S. 222-9] bzw. [Douglas56, S. 92-5].

²Sicher ist nur, *dass* de Sitter die Korrekturbögen angeschaut hat: “I am especially indebted to Prof. de Sitter, who has kindly read the proof-sheets of this Report.”, [Eddington20a, S. vi].

³Die Kapitel sind: 1. The restricted principle of relativity, 2. The relations of space, time, and force, 3. The theory of tensors, 4. Einstein’s law of gravitation, 5. The crucial phenomena, 6. The gravitation of a continuous distribution of matter, 7. The principle of least action, 8. The curvature of space and time.

⁴Für weitere Details zum *Report* siehe etwa [Stachel86, S. 231-3], [Moyer79, S. 67-9] oder [Stanley04, S. 238-43].

⁵vgl. [Warwick03, S. 468]

⁶Siehe etwa Eddington an Einstein, 01.12.1919, [Einstein04, Doc 186], EA 9-260, oder auch [Stanley04, S. 241ff].

⁷[N.N.19b]

and by Weyl in his book "Raum, Zeit, Materie"(ed.Springer,Berlin)."¹ Viele Jahre später und nachdem es unzählige weitere Veröffentlichungen zur ART gegeben hatte wurde der *Report* weiterhin geschätzt, wie dieses Zitat von Chandrasekhar aus dem Jahr 1983 belegt: "Eddington's *Report* is written so clearly and yet so concisely that it can be read, even today, as a good introductory text by a beginning student."²

Nachdem die Sonnenfinsternisexpedition (auf die ich nicht weiter eingehe da hierzu bereits genügend Untersuchungen vorliegen³) um Eddington 1919 die Bestätigung der Einsteinschen Vorhersage gebracht hatte wuchs im Einklang mit Einsteins Bekanntheitsgrad das Interesse der Allgemeinheit an der ART. Da kam 1920 Eddingtons semi-populäres *Space, Time, and Gravitation*⁴ (den selben Titel hatte de Sitter 1916 für seinen ebenfalls semi-populären Artikel in *The Observatory* gewählt⁵) gerade recht um dieses für die anglofone Leserschaft zu befriedigen.⁶ Obwohl es sich an ein allgemeines Publikum wendete war es doch recht technisch und nach Stanley vermutlich für viele Leser "completely opaque"⁷. Dennoch war es ein Bestseller "it was effectively *the* text on relativity for Anglophones"⁸, nicht zuletzt weil der Autor Eddington hieß und weil man sich erhoffte, endlich den schon legendär unverständlichen Einstein zu verstehen.⁹ De Sitter hatte vom Erscheinen des Buches während seines Aufenthaltes in Arosa durch Hertzprung erfahren¹⁰ und nachdem er es gelesen hatte an Lorentz geschrieben: „Haben Sie sein neues Buch „Space, time and gravitation“ gelesen? Das finde ich prächtig!“¹¹ Auch am *Report* hatte er gefallen gefunden, wie man seiner Empfehlung an Innes im Februar 1922 entnehmen kann:

The best thing I know about Einstein is Eddington's book „Time, Space and gravitation“, and his „Report on the theory of relativity“ to the physical society of London.¹²

Einstein selbst fand das Buch zwar „ausserordentlich geistvoll“ und hat es zur Übersetzung ins Deutsche empfohlen, er war aber nicht durchgängig mit Eddingtons Interpretation einverstanden.¹³

¹Fokker an Rutherford, 26.05.1920, CAM2

²[Chandrasekhar83, S. 24]

³Zur Sonnenfinsternisexpedition siehe z. B. [Earman80a], [Sponsel02], [Moyer79] oder [Stanley03].

⁴[Eddington20b]

⁵[deSitter16g]

⁶Zu Details des Buches siehe [Stanley04, S. 261ff], vor allem auch für die philosophischen Aspekte. Siehe auch [Stachel86, S. 235] und [Douglas56, S. 45-50]. Zur Philosophie Eddingtons siehe [Hentschel90, S. 473-80], [Kerszberg89b, S. 6-8] oder [Graham81].

⁷[Stanley04, S. 264]

⁸[Stanley04, S. 277], Hervorhebung im Original

⁹[Stanley04, S. 267]

¹⁰Hertzprung an de Sitter, 21.07.1920, AAU C046/10

¹¹Meine Übersetzung von: „Hebt U zijn nieuwe boek „Space, time and gravitation“ gelezen? Dat vind ik prachtig!“, de Sitter an Lorentz, 19.09.1920, RNH.

¹²de Sitter an Innes, 10.02.1922, CSIR

¹³[Stachel86, S. 237]

Report und *Space, Time, and Gravitation* waren Vorgänger des epochalen Werkes *The Mathematical Theory of Relativity*, welches Eddington 1923 veröffentlichte.¹ In diesem Werk, welches als eines der bedeutendsten Lehrbücher aus der Zeit zwischen den Weltkriegen gilt² und vermutlich mehr noch als der *Report* zur Einführung der wissenschaftlichen Öffentlichkeit diente³, konnte er die ART endlich umfassend sowohl mathematisch als auch interpretierend darstellen. Es sollte nicht nur einführen sondern auch Dinge klarstellen, welche in den Jahren zuvor diskutiert worden waren, etwa die Frage der Realität der Raumkrümmung.⁴ In der Bibliografie fanden sich neben Verweisen auf Einsteins Originalarbeiten auch die bedeutenden Beiträgen anderer, darunter einige Werke der inzwischen nicht mehr aktiven Leidener Relativitätsgruppe. Am Ende des Vorwortes gab Eddington an, welche Quellen für ihn die wichtigsten gewesen waren:

After the original papers of Einstein, and those of de Sitter from which I first acquired an interest in the theory, I am most indebted to Weyl's *Raum, Zeit, Materie*.⁵

Wie schon der *Report* zuvor kam das Buch gut bei dem Leserkreis an, wenn auch wie zu erwarten die schwierige Mathematik moniert wurde.⁶ Für Studenten war es nach Diracs retrospektiver Aussage von 1982 damals die erste Möglichkeit, zu einem wirklichen Verständnis der ART zu gelangen:

Our professors were not able to help us, because no one really had the precise information needed to explain things properly, except for one man, Arthur Eddington. [...] No one in the engineering faculty at Bristol had heard anything about these things, and it was all completely new to us. Then we had Eddington to explain things. Eddington was very good at popular exposition. He had a great talent for it, and he applied his talent to explaining the foundations of relativity theory to the general public. [...] We really had no chance to understand relativity properly until 1923, when Eddington published his book, *The Mathematical Theory of Relativity*, which contained all the information needed for a proper understanding of the basis of the theory.⁷

Dies bestätigt die Aussage von Douglas, dass oftmals, wenn Professoren ihre Studenten in der Anfangszeit unterrichteten, man von “the blind leading the blind” sprechen konnte.⁸ Nicht nur aus rein inhaltlicher Sicht war das Buch empfehlenswert, wie sich Chandrasekhar ein Jahr später erinnerte:

It is my judgement that Eddington's greatest contribution to the general theory of relativity is his wondrous treatment of the subject in his *Mathematical Theory of*

¹vgl. [North90, S. 16]

²[Stanley04, S. 278], [Warwick03, S. 484]

³vgl. [Stachel86, S. 241], [Sánchez-Ron92, S. 68]

⁴Zur Teilinhalten siehe etwa [Stanley04, S. 277f]. Eine Inhaltsübersicht des Buches zu geben, die diesem gerecht werde sei jedoch unmöglich, so Douglas in [Douglas56, S. 52].

⁵[Eddington23, S. vi]

⁶[Stanley04, S. 284]

⁷[Dirac82, S. 80ff]

⁸[Douglas56, S. 42]

Relativity. Besides, the mathematical treatment is interspersed with many striking aphorisms.¹

Einstein selbst empfahl es 1954 noch als bestes Buch zur ART und auch heute wird es noch als lesenswert empfohlen.²

4.2. Von Eddington und de Sitter in die Welt

Da bekanntermaßen aufgrund des Krieges die Einsteinschen Beiträge zur ART kaum ins Ausland gelangen konnten, waren während dieser Zeit die Veröffentlichungen de Sitters und Eddingtons – vor allem dessen *Report – die Quellen der anglofonen community*, speziell in England und Amerika.³ Mancher war vermutlich wie Silberstein bemüht, selbst an die Quellen zu gelangen:

You would oblige me very much indeed by having the kindness to send me a copy of your paper on "Kosmolog. Betr.en zur allg. Relat.theorie" which I see mentioned in Sitter's paper (Roy. Astr. Soc. Nov. 1917, just out). I am compelled to appeal to you since we do not receive here the "Sitzungsberichte" of the academy in question.⁴

Aber ob es gelang bleibt unklar.⁵ Wie man an den oben geschilderten Diskussionen etwa mit Jeans und Lodge sehen kann, hatte es die Theorie in England anfangs nicht leicht trotz der außerordentlichen Bemühungen von Eddington, der diese auch in den 1920er Jahren fortsetzte.⁶

¹[Chandrasekhar83, S. 32]

²Siehe [North90, S. 16] bzw. [Stachel86, S. 242].

³Auf die dortigen Rezeptionen kann ich hier kaum eingehen und verweise daher auf die dazu vorhandene Literatur: Zur Rezeption der RT in Cambridge siehe [Warwick03], für England siehe [Sánchez-Ron92, S. 68-72]. Speziell zur Rezeption von Eddingtons Werken zur ART siehe [Stanley04, S. 234ff]. Zur Rezeption der (S)RT in Amerika siehe [Goldberg84, S. 267ff]. Zur Rezeption der ART in Amerika siehe etwa [Crelinsten84, S. 22ff] (hauptsächlich unter Astronomen) bzw. auch [Glick87b].

⁴Silberstein an Einstein, 15.01.1918, EA 21040

⁵Nebenbei bemerkt hatte de Sitter auch Levi-Civita mit diesem noch nicht vorliegenden Arbeiten versorgt. Dieser hatte Ende 1916 gebeten: „Monsieur et très honoré Collège, Je viens de lire dans les Monthly Notices du dernier Octobre votre article très intéressant et substantiel "On Einstein's theory of gravitation". Je vous serais très obligé si vous auez la bonté de m'en envoyer un exemplaire.“, Levi-Civita an de Sitter, 19.12.1916, LEID. Auch besitze er nur einen Teil der in dem Artikel genannten Arbeiten und de Sitter möge ihm doch einige aktuelle Arbeiten zukommen lassen. „Im Gegenzug“ kündigte er an, dass de Sitter in Kürze einige seiner aktuellen Arbeiten erhalten werde, die gleichzeitig mit der Postkarte verschickt worden seien. De Sitter fragte darauf hin Anfang Januar 1917 bei Lorentz an, ob dieser Sonderdrucke von seinen (Lorentz') Arbeiten an Levi-Civita senden könne, sofern noch vorhanden. Offenbar wurde der Bitte Levi-Civitas gerne entsprochen und ihm einige Arbeiten übersendet, wofür er sich im April 1917 bei de Sitter per Postkarte bedankt hatte: „Je viens de recevoir avec le plus grand plaisir votre second mémoire "On Einstein's theory of gravitation and its astronomical consequences". Je vais l'étudier sérieusement ainsi que j'ai fait du premier et des autres travaux remarquable que vous avez en l'amabilité(?) de m'envoyer.“, Levi-Civita an de Sitter, 19.04.1917, LEID.

⁶“General relativity in Great Britain during the period 1920-30 was dominated by the towering figure of Arthur Eddington.“, [Sánchez-Ron92, S. 68]. Nach [Crelinsten84, S. 87f] haben sich die vorwiegend

Nicht nur die traditionelle Verhaftung am Äther (oder auch der ETM) war hier eine Hürde, sondern wie überall war es vor allem die Mathematik, die durch ihre hohen Anforderungen abschreckte. So schrieb im August 1917 beispielsweise Jeans an Lodge:

I agree entirely about the complexity of the presentation of relativity. Einstein is not a trained mathematician or I suspect he could have put the whole matter much better. [...] I fear de Sitter has rather prejudiced the reception of Einstein's theory by a too abstruse presentation. I wrote a polite note¹ to this effect in the Observatory of about Jan 1917.²

Die Theorie in ihrer ganzen Fülle zu akzeptieren, vor allem auch ihre Interpretation(en), war nicht leicht. George Mathews, ein Mathematiker, schlug im Oktober 1917 in *Nature* eine pragmatische Herangehensweise an "The new Physics" vor:

[T]he most striking fact, from the physical point of view, is that Einstein has used his formulæ successfully to account for the secular motion of the perihelion of Mercury. This does not show that Einstein has said the last word on the theory of gravitation, but it does show that these post-Newtonian theories provide a calculus which gives a better image of actual facts than the purely Newtonian theory seems able to do. The more predictions the new theory can give us, which are verified by experiment, the more we shall be inclined to trust it; and this is quite independent of what we call the "real meaning" of the symbols involved.³

Dieser Ansatz war sehr vorteilhaft, denn so konnte man ohne eine größere Zahl von Konflikten an den Vorteilen des neuen Ansatzes partizipieren. Für Astronomen war die Beschäftigung mit und das Einlassen auf die ART einfacher gewesen als für Physiker (wenn auch in beiden Gruppen nur wenige in der Lage waren, der komplizierten Mathematik zu folgen), da sie sich in Bezug auf die Merkurperiheldrehung in eine Tradition von Änderungsversuchen von Newtons Gesetz einreihete.⁴ Dies traf bei Eddington ("People seem to forget that I am an astronomer [...]")⁵ sicher zu, wenn auch weitere Aspekte wie die dargelegte Entwicklung und seine Begabung für Mathematik eine Rolle dabei spielten. Er nahm die ART nicht zuletzt auch deshalb so gut an, weil er durch Briefe und Artikel de Sitters damit in Kontakt gekommen war.⁶ Zum einen, so Warwick, habe de Sitters Reputation als Astronom und seine technische Beherrschung der Einsteinschen Theorie Eddington versichert, dass diese stimmig und zukunftsweisend war. Zum anderen habe er durch dessen Arbeiten eine verlässliche und vor allem auf Englisch

als praktische Astronomen tätigen amerikanischen Astronomen auf der theoretischen Seite sehr auf Eddingtons Kompetenz verlassen. Auch 1923 gab es nur wenige britische Physiker, die Interesse am Erlernen der RT hatten, siehe [Warwick03, S. 496].

¹[Jeans17]

²Jeans an Lodge, 14.08.1917, UCL

³[Mathews17]. Ausgangspunkt für den Kommentar waren drei neue Artikel von Levi-Civita zur ART gewesen.

⁴[Stanley03, S. 69]

⁵Zitiert nach [Douglas56, S. 115], wo der Satz von 1923 komplett lautet: "People seem to forget that I am an astronomer, and that relativity is only a side issue."

⁶[Warwick03, S. 463f], [Warwick03, S. 493]

gehaltene Einführung erhalten, die dem 'state of the art' entsprach und pädagogisch durch Lorentz' Einführung in Leiden geprägt war¹. Eine bessere Einführung habe es für einen theoretischen Astronomen nicht geben können². Dieser Einschätzung stimme ich überwiegend zu, gebe aber zu bedenken, dass es auch nur *diese eine* Einführung gab. . .

Wie dargelegt, begann schon vor dem *Report* Eddingtons Karriere als „Einsteins Prophet“³ und Verteidiger:

[...] Eddington set himself up as the chief exponent of relativity. He responded to concerns about de Sitter's papers, defended the theory at the RAS, and elucidated confusion caused by the new mathematics. He had become Einstein's "bulldog."⁴

De Sitter hingegen geriet kaum in die Rolle des Verteidigers die RT betreffend, vielleicht einmal abgesehen von seiner Diskussion mit La Rosa in den 1920er Jahren zur Thematik der Lichtgeschwindigkeit (siehe Abschnitt 2.2.2). Aber auch ohne proaktive Beteiligung in dieser Art waren de Sitters Beiträge initial wichtig, auch in Amerika.

Dort hatte man wie in England zunächst auch keinen direkten Zugang zu den Veröffentlichungen Einsteins und war auf Vermittler wie de Sitter angewiesen. Belegt ist dies z. B. durch Äußerungen dazu von Edwin Bidwell Wilson in einem Artikel über verallgemeinerte Koordinaten, Relativität und Gravitation von 1917:

[A]lthough all of us in this country are in a somewhat precarious situation relative to new German scientific investigations, by virtue of the British blockade, which prevents our receiving German periodical literature, I venture to offer a few comments from my lectures.⁵

In der zitierten Literatur berief er sich direkt u.a. auf de Sitter⁶ und Eddington⁷. Bei den Verweisen auf die Arbeiten Einsteins fand sich folgende Bemerkung: "Some of these references are cited, not from the unobtainable originals, but from other citations, and are not verified."⁸ Dass es die Veröffentlichungen de Sitters und Eddingtons und nicht die Originale waren, die die anfängliche Rezeption der ART maßgeblich beeinflusst hatten, brachte der Präsident der Physical Society, J.S. Ames, bei seiner Ansprache anlässlich der Versammlung der Gesellschaft in St. Louis am 30.12.1919 zum Ausdruck:

Einstein's original memoirs upon gravitation appeared in the years 1916 to 1918; and there are two excellent papers in English expounding and explaining his method, one by Professor deSitter, of Leyden, and one by Professor Eddington, of Cambridge. While Einstein's work may be known to many of you either in its original form or in one of the two papers mentioned, I fear that the attention of most

¹[Warwick03, S. 467]

²[Warwick03, S. 463f]

³[Fölsing95, S. 490]

⁴[Stanley03, S. 71]. Zu Eddingtons Rolle siehe auch [Crelinsten06, S. 157-60], wobei hier im Wesentlichen auf die Zeit ab 1919 eingegangen wird.

⁵[Wilson17, S. 245]

⁶[deSitter16], [deSitter16g]

⁷[Eddington16].

⁸[Wilson17, S. 244]

of us was first directed seriously to the matter by the articles in the newspapers to which I have referred.¹

Betont wurde die schlechte Quellenlage noch 54 Jahre später, denn Chandrasekhar erinnerte sich 1975:

It may be worth noting here that it is not now generally realized that the *only* sources for Einstein’s work in Britain and the United States for some years after World War I were Eddington’s *Report on the Relativity Theory of Gravitation* (London: Fleetway Press, 1919), *Space, Time and Gravitation* (Cambridge University Press, 1919) – described by Hermann Weyl as “an excellent, popular, and comprehensive review of the general theory of relativity” – and, of course, his still most readable *The Mathematical Theory of Relativity* (Cambridge University Press, 1923).²

Dies ist sicher ein wenig übertrieben wie das Zitat von Ames und als weiteres Beispiel die zweite Auflage des Buches *The Theory of Relativity* (1920) von Carmichael belegen, denn es waren offensichtlich inzwischen Kopien der Einsteinschen Arbeiten dort verfügbar. Im Vorwort des Buches schrieb Carmichael, dass neben der Einsteinschen Originalarbeit von 1916³ der *Report* von Eddington für ihn sehr nützlich gewesen sei und er verwies seine Leser auf diesen, wenn sie sich weiter in die Theorie vertiefen wollten.⁴

Als weiteren kleinen Beleg für Einfluss und Abhängigkeit möchte ich noch Curtis’ Artikel “Space, Time, and Gravitation”⁵ (1917) erwähnen, in welchem er aus de Sitters “Space, Time, and Gravitation”⁶ (1916) zitierte und dessen darin verwendeter Begriff “time-space” (statt üblicherweise “space-time”) übernommen wurde.⁷ Trotz der aufmerksamen⁸ Lektüre von de Sitters Artikel und obwohl er sich bereits seit 1911 “more as an amateur than an investigator”⁹ für die RT interessiert hatte (siehe etwa Abschnitte 2.1.1 und 3.1) wurde er letztlich ein Ablehner der ART.¹⁰

Nicht nur im englischsprachigen Raum galt de Sitter vor allem in Bezug auf astronomische Belange als Experte auf dem Gebiet der Relativitätstheorie, denn wie von Eddington 1918 war de Sitter 1922 von Friedrich Kottler (eine der Hauptfiguren der

¹[Ames20, S. 253]. Es waren keine speziellen Zeitungsartikel gemeint sondern Ames hatte als Begründung für die Wahl des Themas seiner Ansprache die Berichterstattung allgemein über Einstein in den Zeitungen angegeben. Genaue Quellenangaben zu Originalarbeiten (etwa von de Sitter oder Eddington) sind nicht vorhanden.

²[Chandrasekhar75, S. 19], Hervorhebung im Original

³[Einstein16a]

⁴[Carmichael20, S. 4], siehe auch [N.N.21b]. Verständlich – denn Einstein hatte ja in deutscher Sprache geschrieben...

⁵[Curtis17]

⁶[deSitter16g]. Weiterhin wurde er auf [deSitter16] und [See16] verwiesen.

⁷Siehe auch [Crelnsten06, S. 100f]. Zumindest in [deSitter16g] und [deSitter16] hatte de Sitter von “time-space” gesprochen.

⁸Zu [deSitter16] hatte er de Sitter eine Frage gestellt in Curtis an de Sitter, 18.01.1917, LEID.

⁹Curtis an de Sitter, 18.01.1917, LEID

¹⁰[Crelnsten84, S. 27]

Rezeption in Wien, siehe Abschnitt 3.1) gebeten worden, eine Abhandlung Korrektur zu lesen. Es handelt sich dabei um Kottlers Beitrag „Gravitation und Relativitätstheorie“¹ zur *Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen* (1922), der das für die „astronomischen Anwendungen der Relativitätstheorie Nötige“ behandelte (sowohl SRT als auch ART).² Kottler hatte sich im April 1921 während der Vorbereitung sowohl mit Fragen als auch mit Bemerkungen zu de Sitters relativistischen Arbeiten an diesen gewendet:

Für die baldige Beantwortung der ersteren wäre ich sehr dankbar [...]. Die Bemerkungen enthalten mehr meine persönl. Meinung, aber nichts was mit den Referaten zusammenhängt; wenn Sie mir auch darauf antworten wollten, was nicht so dringend wäre, wie das erstere, so brauche ich wohl nicht zu versichern, wie sehr mich ein solcher Meinungs austausch freuen würde.³

Ob de Sitter der Anfrage entsprochen hatte ist nicht klar, lässt sich aber nach einer späteren Anmerkung Kottlers vermuten.⁴ Auf jeden Fall hat Kottler sich erneut im Mai 1922 an de Sitter gewandt und ihn um Mithilfe gebeten:

Ich habe bei der Abfassung der einschlägigen Paragraphen mich im wesentlichen an Ihre Arbeiten in Monthly Notices 1911 und 1916 angelehnt, da mir diese vom astronomischen Gesichtspunkt die umfassendste und geeignetste Zusammenstellung dieser Anwendungen zu sein scheinen. Aus diesem Grunde würde ich es im Interesse eines gedeihlichen Zusammenwirkens aller beteiligten Fachkreise für außerordentlich vorteilhaft halten, wenn Sie sich dazu entschließen könnten, eine Korrektur meines Referats einer genauen kritischen Durchsicht zu unterziehen. Bei dieser Gelegenheit könnten auch einige kleinere Punkte in Ihren genannten Arbeiten zur Erörterung kommen, die nach gemeinsamen Rechnungen von Dr. Lense (Wien) und mir einer Nachprüfung zu bedürfen scheinen.⁵

Als Antwort auf de Sitters (bislang nicht gefundene) Zusicherung der Durchsicht schickte Kottler ihm dann im Juni noch nachträglich die erwähnten Unstimmigkeiten zur Stellungnahme.⁶ De Sitter tat Ende Juli wie versprochen:

Mit vielem Freuden habe ich Ihren Artikel für die Enzyklopädie der math. Wiss. gelesen. Infolge Ihrer Bitte erlaube ich mir dazu folgende B[e]merkungen zu machen, die, wie Sie sehen werden, durchaus nur Nebensachen betreffen. [...] Weiter ist mir beim – leider noch zu oberflächlichen Lesen Ihres Artikels nichts aufgefallen, worauf ich Kritik üben könnte. Nur möchte ich noch darauf aufmerksam machen, dass Sie

¹[Kottler22]

²Aus Platzgründen war der Beitrag darauf beschränkt, siehe [Kottler22, S. 159, Fn 1], und beinhaltete keinerlei Kosmologie.

³Kottler an de Sitter, 08.04.1921, LEID, im Original gewellt unterstrichen. Es handelt sich um Fragen und Bemerkungen zu 12 Punkten.

⁴Siehe Kottler an de Sitter, 20.06.1922, LEID

⁵Kottler an de Sitter, 23.05.1922, LEID, im Original gewellt unterstrichen

⁶Kottler an de Sitter, 20.06.1922, LEID

meine Untersuchung des Gravitationsfeldes der Fixsterne (M.N.LXII, 175, II §28)¹
nirgends erwähnen.²

Ein kurzer Abgleich mit dem gedruckten Text zeigt, dass Kottler die Anmerkungen überwiegend umgesetzt hatte.³ Ob de Sitters Expertise noch von anderen Autoren in ähnlicher Weise in Anspruch genommen worden war, bleibt bisweilen unbekannt.

Trotz Ihres gemeinsamen Engagements für die Verbreitung von Einsteins Ideen gibt es im Vergleich von de Sitter und Eddington nicht nur markante Gemeinsamkeiten sondern erwartungsgemäß auch Unterschiede. De Sitters Frau bemerkte in ihrem Nachruf zu dem Verhältnis der beiden:

Eddington und Willem bewunderten einander, haben viel miteinander verkehrt und gearbeitet. Aber sie waren sich manchmal so heftig uneins, dass sie für einen Moment lang nicht wussten, was sie vom Verstand des Anderen halten sollten.⁴

Ein wirklich umfassender Vergleich der beiden gerecht würde kann hier aufgrund des zu erwartenden Umfangs nicht durchgeführt werden, es sollen aber zumindest einige interessante Aspekte noch aufgeführt oder angerissen werden um das Fehlen eines solchen in der Literatur zu unterstreichen.

Zu den Gemeinsamkeiten zählt ihre Ausbildung, denn beide kamen von der Mathematik zur Astronomie, was sicher ein Grundstein für ihre herausragende Position bei dem Verständnis der ART war.⁵ In ihrem Verständnis der Theorie waren sie sich einig darüber, dass die ART nützlich, schön und tiefgründig zugleich war. Die Frage der Realität der Theorie (etwa ob die Krümmung des Raumes nur mathematisches Hilfsmittel oder ein Faktum sei) spielte keine so große Rolle und die Ergebnisse der Tests *bestärkten* sie in ihrer Überzeugung von Stellenwert und Nützlichkeit⁶ statt wie bei anderen Überzeugungsarbeit leisten zu müssen – die *Richtigkeit* hatten beide bereits aus der Theorie selbst für sich angenommen.

Auch war das Bemühen um eine Versöhnung unter Wissenschaftlern nach dem Ersten Weltkrieg beiden gemein (Eddington instrumentalisierte dazu beispielsweise die Sonnenfinsternisexpedition⁷, de Sitter trug durch die IAU Assembly in Leiden 1928 dazu

¹[deSitter17]

²de Sitter an Kottler, 29.07.1922, LEID. Im Gegensatz zu de Sitters Korrektur von Eddingtons *Report* sind hier die, wenn auch spärlichen, Korrekturen bekannt.

³„Für Verbesserung- und Ergänzungsvorschläge ist der Referent Herrn W. de Sitter (Leiden) [...], zu herzlichem Danke verpflichtet.“, [Kottler22, S. 159, Fn 1]

⁴Meine Übersetzung von: „Eddington en Willem bewonderden elkaar, hebben veel samen verkeerd en gewerkt. Maar ze waren het soms zoo heftig oneens, dat ze op een oogenblik niet wisten, wat zij van elkanders verstand moesten denken.“, [deSitter Suermondt40, S. 56].

⁵Zu Eddingtons Ausbildung siehe [Warwick03, Abschnitt 9.2, S.449].

⁶[Crelinsten06, S. 322]

⁷Siehe dazu [Stanley03]. Beispielsweise nahm er außerdem 1921 als einziger Engländer an der Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Potsdam teil, siehe [Hertzprung-Kapteyn28, S. 153] (hier wird aber irrtümlich 1920 anstatt 1921 angegeben, vgl. <http://www.ari.uni-heidelberg.de/AG/ag6taggalt.html>, 01.12.2004) oder [Blaauw94, S. 90].

bei¹⁾ Nachdem ihre Kooperation am Ende der zweiten Dekade des 20. Jahrhunderts zur erfolgreichen Verbreitung der ART geführt hatte, stand ihre erneute Zusammenarbeit Anfang der 1930er Jahre im Zeichen der Abkehr von den statischen Weltmodellen hin zu den Lemaître'schen Ergebnissen von 1927 und leitete damit den „Geburtsvorgang“ des expandierenden Universums ein.²

Unterschiede gab es etwa bei der Interpretation der ART und ihrem Wissenschaftsverständnis, worauf vermutlich obiges auch Zitat anspielte. Hierzu existiert bereits eine detailliertere Untersuchung von Gale, auf die an dieser Stelle verwiesen sei.³ In Bezug auf Religiosität waren beide ebenfalls sehr unterschiedlich veranlagt: Auf der einen Seite Eddington als tief verwurzelter Quäker, auf der anderen Seite de Sitter ohne Verbindung zu einer Glaubensgemeinschaft. Es scheint einiges dafür zu sprechen, dass er, wenn überhaupt, dem Pantheismus näher stand. Dafür sprechen nicht nur die Einschätzung von de Sitters Enkelin Wobine Ishwaran

The family was non-denominational. [...] My Grandmother's father and the family Suermondt, with whom she was brought up, were originally Jewish, but were not religious. Both my Grandparents and also my father [Aernout], were nature lovers, and had a feeling of wonder for the beauty of their world around them. I am of the opinion that that was their religion.⁴

sondern auch die Aussage seiner Frau, dass ihn das Lesen von Spinoza erbaut habe (auch Einstein war ein Bewunderer von Spinoza gewesen⁵): „Er liest Spinoza auf Latein. Er wird erfrischt und gestärkt durch eine Lebensweisheit, die er als höchste Äußerung empfindet nach seiner eigenen Überzeugung.“⁶ Weitere Indizien sind auch die Berichte anderer, nach denen de Sitter ein großer Liebhaber der Natur gewesen sei und etwa zum Besuch der Sternwarte ein obligatorischer Gang in den unmittelbar angrenzenden Botanischen Gartens gehörte.⁷

Wie genau das Verhältnis von de Sitter zu Religion war, ob und wenn wie er versucht hat, Naturwissenschaft und seine, falls definierbare religiöse Einstellung miteinander

¹Siehe Abschnitt 6.4.1.1

²Siehe z. B. [D.35, S. 36].

³[Gale05]

⁴Per E-Mail am 20.10.2004 von Wobine Ishwaran. Explizit nach dem Verhältnis zu Religion gefragt erhielt ich von ihr folgende Antwort: “Religion did indeed play a very minor role in the de Sitters family. The Bible was not read to the children. I remember the anecdote told by my Mother about her sister-in-law Agnes de Sitter-Zoetelief Tromp. As a child she had a book about two ravens Adam and Eve. One day the subject of Paradise came up and Agnes as youngest girl in the family piped up “I know who Adam and Eve were, two crows!” My Grandmother de Sitter was interested in world religion. She read with me Tagore and The Lives of Buddha. And we discussed the religion of those beliefs. You have described the way Grandmother and Grandfather lived their personal religion in the beauty of nature around them. Grandmother later as a widow had the most beautiful garden of the neighborhood. And until she died at the age of 80, she still worked daily in her garden. When ever we visited her, we always had to do a tour of her garden.”, via Reinold de Sitter, 20.01.2001.

⁵[vanDelft06, S. 62]

⁶Meine Übersetzung von: „Hij leest Spinoza in 't Latijn. Hij werd verkwikt en gesterkt door een levenswijsheid, die hij de hoogste uiting vond van zijn eigen overtuiging.“, [deSitter Suermondt40, S. 35]. Nach [deSitter Suermondt40, S. 35] hat er auch Schriften von Henri Bergson gelesen.

⁷[Gratton35b, S. 13]

zu vereinbaren (falls überhaupt nötig) ließ sich bislang kaum klären. In seinen Schriften jedenfalls konnte ich keine Verbindungen zu Religion finden. Die einzigen direkten Bezüge zu Religion lassen sich in Niederschriften seiner Frau entdecken, die etwa während einer Reise nach Schottland folgendes in einer Art Reisetagebuch niedergeschrieben hatte:

On Sunday in St Andrews a student came to sit with us at our table. He had attended a religious meeting that day. He was in some kind of ecstasy and wanted to convert us. A Scottish young girl who had joined us, and I [Eleonore] tried to calm him down, and I too tried to understand more, but failed both. In the afternoon I [Eleonore] said: "Don't you think so too, Willem, that there is something beautiful in such ecstasy?" "I [Willem] can't see any beauty in that. I find it painful to see a person who says things wildly without using his brain. And you could see in the expression of his eyes that he was in a mood close to being delirious. Ecstasy has a different meaning for me." Eleonore: "Even if you feel differently, don't you know that religious ecstasy exists in greatness and in minuscule. This boy could feel something and wanting to express the Experience of spiritual elevation, we can read about the devotee of all times. Aren't there so many wonders which go above our understanding?" Willem: "O, life is full of wonders. Life itself is the greatest wonder of all, a wonder we might never solve. That boy was in a kind of hysterical situation, in which a person can bring himself and others too, if he so desires and has some experience. But this has nothing to do with happiness of a human who experiences the wonders of love, the ecstasy when he adores, or have suddenly seen a glimpse of truths, when he sees the Cosmos rise out of Chaos. This experience is, how unexplainable it might be, logically one with our spiritual mind, with all that is clear and known to us. I don't know anything about the Asian and Egyptian beliefs, but a person should be allowed his belief in his own pure feelings, so that he can distinguish between real and unreal in what the sees and hears."¹

Und auch in Ihrem Nachruf existiert eine kurze Passage, die zur Charakterisierung seines Verhältnisses zu Religion beiträgt:

Er hat auch gesprochen im „Quaker College“ in Swarthmore. Am folgenden Tag wurde er gebeten noch ein einzelnes Wort an die Studenten zu richten in ihrer „Kapelle“. Ein wenig verwundert sagte er zögernd, dass er nichts religiöses würde sagen können. Aber die Antwort war, das was er zu sagen habe, schön und erhaben sein solle.²

Im Gegensatz zu Lemaître oder Eddington war de Sitter also kein religiöser Mensch. Wenn man ihn zusammen mit diesen beiden betrachtet, könnte man zu folgender „Positionierung“ gelangen: De Sitter auf der einen Seite als Vertreter des „weltlichen“, unreligiösen bzw. positivistisch-objektiven, Eddington auf der anderen Seite als Vertreter

¹Die Übersetzung aus dem Niederländischen stammt von Wobine Ishwaran, die mir auch den Reisebericht "Schotland" zur Verfügung stellte. Das niederländische Original der Passage findet sich in Anhang A.4.

²Meine Übersetzung von: „Hij had ook gesproken in het „Quaker College“ in Swarthmore. Den volgenden dag werd hem verzocht nog een enkel woord tegen de studenten te zeggen in hun „Chapel“. Een weinig verwonderd zei hij aarzelend, dat hij niet iets godsdienstigs zou kunnen zeggen. Maar het antwoord was, dat wat hij te zeggen had, mooi en verheven zou zijn.“, [deSitter Suermondt40, S. 55].

für religiös beeinflusste Naturwissenschaft¹ und in der Mitte Lemaître, der sowohl eine religiöse als auch eine objektiv-naturwissenschaftliche Seite hatte, diese aber bewusst voneinander getrennt hielt².

¹[Stanley04]

²[Jung04, S. 305f]

5. Übergreifende Aspekte

5.1. Merkurperihel. . . und er bewegt sich doch!

I have been deeply interested lately in Einstein's new theory of gravitation, - which explains completely the anomalous motion of the perihelion of Mercury.

(de Sitter an Innes, 30.06.1916, CSIR)

Dies teilte de Sitter am 30.06.1916 seinem Freund Innes postalisch mit. Dass er dabei die Erklärung der Merkurperiheldrehung hervorhob hat meines Erachtens zwei Gründe. Zum einen konnte er damit Innes als Astronom direkt deutlich machen, wo die Relevanz der neuen physikalischen Theorie für die Astronomie lag, und zum anderen zeigte sich dadurch der Stellenwert, den die praktische Prüfung einer Theorie für de Sitter hatte.

Die Tatsache, dass diese Periheldrehung sich als Kriterium zur Überprüfung von theoretischen Vorhersagen durch astronomische Beobachtungen eignete, hatte er schon 1911 bei seiner Untersuchung zur möglichen Prüfung der von Poincaré gefundenen, mit dem RP verträglichen Gravitationsgesetze bemerkt.¹ Es hatte sich gezeigt, dass dort die Effekte nur bei dieser Bewegung groß genug waren, um in den Bereich des messtechnisch Erfassbaren zu geraten, siehe Abschnitt 2.1.1. Aus der für die Periheldrehung ermittelten Formel

$$\delta\tilde{\omega} = \frac{1}{2} \frac{\lambda^2}{p} v \quad (5.1)$$

hatte er für Merkur den Wert 7,15" berechnet, welcher aber weit unterhalb der fehlenden 41" lag. Daher konnte er die Gültigkeit des RP nicht als experimentell verifiziert ansehen, wies aber darauf hin, dass eine Modifikation der von Seeligerschen Theorie in Kombination mit dem RP immerhin keine neuen Abweichungen in anderen Bahnelementen der Planeten hervorbringen würde – diese Kombination wäre also möglich.

Daran anknüpfend hatte er 1913 durch weitere Modifikationen der von Seeligerschen Hypothese (zunächst auch wieder in Kombination mit dem RP²) nach hinreichender Übereinstimmung mit den beobachteten Werten gesucht, war aber zu keiner zufriedenstellenden, eindeutigen Lösung gelangt und hatte schließlich 1914 auch das RP (und damit Poincarés Theorie) nicht mehr bei den möglichen Varianten erwähnt³, siehe ebenfalls Abschnitt 2.1.1. Dort hatte ich ja bereits anhand von Notizen in seinem Notizbuch

¹[deSitter11c]

²[deSitter13k]

³[deSitter14b]

S8 begonnen darüber zu spekulieren, dass ihn der Kontakt mit Einsteins neuen Ideen zu diesem Weglassen geführt haben könnte.

Tatsächlich finden sich in einem weiteren Notizbuch, S2, Einträge und Berechnungen, die diese Vermutung stützen (siehe dazu Abschnitt 3.1.1, wo auf S. 127 die erste Seite der Notizen abgedruckt ist).¹ Auf zehn Seiten hatte sich de Sitter hier mit dessen Entwurftheorie beschäftigt und, ganz im Stile seiner Arbeit von 1911², vor allem herausgearbeitet, welche beobachtbaren Konsequenzen sich für die Astronomie, hier speziell Perihelbewegungen daraus ergeben würden. Dass es sich um die Entwurftheorie handelt ist klar, da er Einsteins Vortrag „Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems“³ zitierte und Formeln daraus verwendete. In diesem Vortrag hatte Einstein über diese ausführlich berichtet, war aber daneben auch auf Nordströms Theorie eingegangen. Bereits auf der zweiten Seite von de Sitters Notizen findet sich eine Ableitung der Formel für die Periheldrehung aus den Bewegungsgleichungen (1c') von Einstein⁴

$$\delta\tilde{\omega} = +\frac{3}{2}\frac{\lambda^2 p}{v}. \quad (5.2)$$

Da er mit der Näherung in Einsteins Rechnung nicht zufrieden war⁵, berechnete er die Drehung erneut mit einer etwas besseren Näherung⁶ und erhielt⁷

$$\delta\tilde{\omega} = +2\frac{\lambda^2 p}{v}. \quad (5.3)$$

Zwischen diesen beiden Berechnungen finden sich zur Seeligerschen Theorie gehörende Dichtewerte für die beiden Ellipsoide was anzeigt, dass dessen Theorie noch immer als Standard fungierte und zu Vergleichszwecken herangezogen wurde.⁸

In diesen Aufzeichnungen findet sich allerdings nicht der von ihm ausgerechnete Wert von $\delta\tilde{\omega} = +18''$ für Merkur, den Droste später (1915) angeben würde:

As Prof. de Sitter has calculated from the equations of motion determined by Prof. Lorentz, it amounts for Mercurius to 18'' per century, the observed motion being 44''.⁹

¹S2, S. 122, Box 21C

²[deSitter11c]

³[Einstein13]. Im Anschluss an diesen Vortrag war de Sitters [deSitter13] in der *Physikalischen Zeitschrift* abgedruckt. Das könnte eine Erklärung dafür sein, wie er damit in Kontakt gekommen war.

⁴Einstein selbst hatte dazu in seinem Vortrag nichts berechnet und war lediglich auf die Lichtablenkung eingegangen. De Sitter bemerkte zu der Formel, dass die den vierfachen Wert von Lorentz ergebe, „dus twee 4 maal die bij Lorentz“ S2, S. 123, Box 21C.

⁵Dieser hatte bei der Herleitung der Bewegungsgleichungen nur lineare Terme in den $g_{\mu\nu}$ und deren Ableitungen zugelassen, siehe [Einstein13, S. 1259], womit dann nur g_{44} Berücksichtigung fand.

⁶Nun wurden neben g_{44} auch noch die $g_{\mu 4}$ mitgenommen, siehe S2, S. 124.

⁷S2, S. 126

⁸Dabei weichen die angenommenen Werte für q_1 und q_3 sowohl von denen in [deSitter13k] als auch in [deSitter15j] ab.

⁹[Droste15b, S. 1010], zunächst veröffentlicht in [Droste15c, S. 981], wo es heißt „Bij Mercurius bedraagt zij, zooals Prof. DE SITTER uit de door Prof. LORENTZ bewegingsvergelijkingen heeft uitgerekend, 18'' per eeuw, terwijl de waargenomen beweging 44'' bedraagt.“

Den Wert hatte Droste also nicht selbst berechnet, was aus der Literatur nicht immer klar hervorgeht.¹ Es war de Sitter, der Lorentz sein Ergebnis in einem Brief vom 14.05.1914 mitgeteilt, es aber nicht in einem seiner Artikel veröffentlicht hatte. Er bedankte sich bei Lorentz zunächst für die zugesandten Formeln (welche, ist unbekannt²), gab die daraus abgeleitete Gleichung³ für die Änderung des Perihels an

$$ed\tilde{\omega} = +\frac{5}{4} \frac{\lambda^2 p}{v} \quad (5.4)$$

und kommentierte das Ergebnis:

Die Perihelbewegungen sind daher nun $2\frac{1}{2}$ x so groß wie bei dem gewöhnlichen Relativitätsprinzip, dann bei Merkur ungefähr 18". Wir können Seeligers innere Ellipsoide noch nicht missen. Interessant wird sein was Einsteins Theorie beim Mond ergibt. Aber das ist viel schwieriger.⁴

Damit ist durch mehr als die Angabe Drostes belegt, dass zum einen de Sitter nicht erst in Form der ART mit Einsteins neuer Konzeption der Gravitation in Kontakt gekommen war (dies geschah eben schon knapp 2 Jahre zuvor in der Entwurftheorie, wie in Abschnitt 3.1.1 bereits gezeigt) und zum anderen, dass er als erster die aus der Entwurftheorie folgende Periheldrehung für Merkur berechnet und nicht für sich behalten hatte.

Einstein selbst war erst im Rahmen der allgemeinen Theorie am 18.11.1915 mit seiner Arbeit „Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie“⁵ in einer Publikation auf die Thematik eingegangen.⁶ Nach der erfolgreichen Erklärung der gesuchten Abweichung in der genannten Arbeit hatte Einstein seine Freude über die gute Übereinstimmung in einem Brief an Sommerfeld zum Ausdruck gebracht:

Das Resultat von der Perihelbewegung des Merkur erfüllt mich mit grosser Befriedigung. Wie kommt uns da die pedantische Genauigkeit der Astronomie zu Hilfe, über die ich mich im Stillen früher oft lustig machte!⁷

Einige Wochen zuvor hatte er schon Zangger kund getan: „*Ich habe nun die bisher unerklärten Anomalien der Planetenbewegung aus der Theorie abgeleitet.* Stellen Sie sich mein Glück vor!“⁸ Einstein lernte also zunehmend die Dienste der Astronomen zu schätzen,

¹etwa in [Earman93a, S. 135].

²Die Seitenangabe aus dem Brief „S. 404“ passt zu keiner von Lorentz' Veröffentlichungen (nach [Lorentz39]). Daher vermute ich, dass es sich entweder um private Notizen oder aber keine Veröffentlichung von Lorentz handelte.

³e: Exzentrizität der Bahn

⁴Meine Übersetzung von: „De perihelbewegingen zijn dus nu $2\frac{1}{2}$ x zoo groot als bij het gewone relativiteits principe, dan(?) bij Mercurius ongeveer 18". We kunnen den Seeliger's binnenste ellipsoïde nog niet missen. Interessant zal zijn wat Einstein's theorie bij de maan geeft. Maar dit is veel moeilijker.“, de Sitter an Lorentz, 14.05.1914.

⁵[Einstein15b]

⁶vgl. [Roseveare82, S. 154], siehe auch [Norton89a, S. 147f]

⁷Einstein an Sommerfeld, 09.12.1915, [Einstein98, Doc 161], EA 21-383.1

⁸Einstein an Zangger, 15.11.1915, [Einstein06, Doc Vol. 8, 144a], EA 86-538

wie der auch an anderer Stelle bereits betont hatte.¹ 1907 hatte er an Conrad Habicht geschrieben:

Jetzt bin ich mit einer ebenfalls relativitätstheoretischen Betrachtung über das Gravitationsgesetz beschäftigt, mit der ich die noch unerklärten säkularen Änderungen der Perihellänge des Merkur zu erklären hoffe. Bis jetzt scheint es aber nicht gelingen zu wollen.²

Aber erst Ende September 1915 fand sich Merkurs Perihelfrage in Einsteins Korrespondenz erneut wieder.³

Im Zeitraum dazwischen war er nur im (damals) unveröffentlichten, sogenannten Einstein-Besso Manuskript auf die Thematik eingegangen. In diesen Notizen, die erst Ende der 1980er Jahre dem Einstein Papers Project zugänglich wurden⁴, hatten Einstein und sein Freund Besso im Mai/Juni 1913 versucht, auf Basis der Entwurftheorie die Periheldrehung des Merkur zu berechnen. Da von ihnen bereits dieselbe Methode verwendet worden war, mit welcher Einstein später die Periheldrehung in der ART berechnete, wurde klar, warum er letztere Arbeit binnen einer Woche hatte fertigstellen können.

Im Manuskript hatten sie zwar die korrekte Formel gefunden, beim Einsetzen der Werte aber einen Fehler gemacht, weshalb ihr Ergebnis 1821" um den Faktor 100 zu groß ausgefallen war.⁵ Aus dem Manuskript geht wohl hervor, dass Sie ihren Fehler später bemerkt hatten, korrigiert hatten sie das falsche Ergebnis im Manuskript allerdings nicht.⁶

Einstein hatte den von der Entwurftheorie vorhergesagten Wert von 18" also bereits ein Jahr vor de Sitter berechnet. Da, wie im vorstehenden erläutert, Lorentz und de Sitter in dieser Frage kommuniziert hatten kann man also davon ausgehen, dass weder Lorentz noch de Sitter etwas von der Einstein-Besso'schen Berechnung gewusst hatten, zumal Einstein diesen Wert nach bisherigem Kenntnisstand weder jemandem inoffiziell mitgeteilt noch veröffentlicht hatte. Dafür hatte Einstein einen offensichtlichen Grund, den er im Nachhinein etwa Sommerfeld mitteilte:

Ich erkannte nämlich, dass meine bisherigen Feldgleichungen der Gravitation gänzlich haltlos waren! Dafür ergaben sich folgende Anhaltspunkte

1) [...]

2) Die Bewegung des Merkur-Perihels ergab sich zu 18" statt 45" pro Jahrhundert

¹Er hatte am 10.03.1914 im Zusammenhang mit seinem Gang nach Berlin an Heinrich Zangger geschrieben: „Insbesondere sind mir die Astronomen wichtig (gegenwärtig).“, [Einstein93, Doc 513].

²Einstein an Conrad Habicht, 24.12.1907, [Einstein93, Doc 69], EA 12-445

³Im Brief Einstein an Freundlich, 30.09.1915, [Einstein98, Doc 123], siehe auch [Earman93a, S. 135], [Einstein95, S. 344].

⁴[Janssen]

⁵[Einstein95, Doc 14, S. 28], siehe dazu [Earman93a, S. 136]

⁶Im sog. "scratch notebook" von Einstein hatte dieser unter Vernachlässigung der Exzentrizität des Orbits den unter diesen Umständen korrekten Wert von 17" ausgerechnet, [Earman93a, S. 136]. Für weitere Details und genaue Inhaltsangabe siehe "Editorial Note: The Einstein-Besso manuscript on the Motion of the Perihelion of Mercury" in [Einstein95, S. 344-59].

3)[...]¹

Allgemein waren die Autoren von Gravitationstheorien aus dieser Zeit (etwa Abraham, Nordström und Mie) sehr sparsam mit Berechnungen zur Periheldrehung auf Basis ihrer Theorien.² Nach Earman und Janssens „zynischer Erklärung“ lag es daran, dass die Werte einfach nicht als Erklärung taugten, da zu weit von der benötigten Abweichung entfernt – und damit auch nicht als Untermauerung der Theorien dienlich.³ Das mag sicher ein Teil der Erklärung sein, aber der überwiegende Rest der Erklärung ist die damals herrschende Akzeptanz und Zufriedenheit⁴ mit den von Seeligerschen Ellipsoiden, wie auch von de Sitter explizit festgestellt (siehe Abschnitt 2.1.2) und belegt durch seine kontinuierliche Referenz zu dieser Erklärung in seinen diesbezüglichen Arbeiten, selbst dann noch, als die ART bereits ihre Fähigkeit unter Beweis gestellt hatte, 42,9" erklären zu können.

Himmelskörper	$\delta\tilde{\omega}$
Merkur	+42,9"
Venus	+8,6"
Erde	+3,8"
Mars	+1,3"

Tabelle 5.1. – Periheldrehung folgend aus der ART, Quelle: [deSitter16e, S. 375]

Dies war in seinem Artikel “Planetary motion and the motion of the moon according to EINSTEIN’s theory”⁵ (bezeichnenderweise sein erster Artikel zur ART überhaupt!) der Fall, in dem er auf Basis der endgültigen ART die Abweichungen in der Mondbahn bzw. bei den inneren vier Planeten berechnet und mit den Abweichungen von Newcomb verglichen hatte, ganz analog zu seinen Untersuchungen von 1912/13/14 zu Mond⁶ und Planeten⁷, siehe Abschnitte 2.1.1 und 2.1.3.⁸

¹Einstein an Sommerfeld, 28.11.1915, [Einstein98, Doc 153], EA 21-382, siehe auch Einstein an Lorentz, 01.01.1916, [Einstein98, Doc 177]

²Die Berechnungen stammten zumeist nicht von den Autoren selbst, siehe [Earman93a, S. 135].

³Abraham: 14,52" bzw. -3" , Nordström: beide Theorien negative Werte (Regression), Mie: nicht vorhanden, da Newtonsche Anziehung, [Earman93a, S. 135f]

⁴[Earman93a, S. 136]

⁵[deSitter16e] bzw. [deSitter16a]

⁶[deSitter12c], [deSitter13e], [deSitter13f]

⁷[deSitter13k], [deSitter15i]

⁸Neben de Sitter beschäftigte sich auch Freundlich mit der Seeligerschen Hypothese, dieser jedoch „offensiver“. 1915 attackierte er diese in einer Arbeit in den *Astronomischen Nachrichten*, siehe dazu [Roseveare82, S. 86-8]. Er kam zu dem Schluss: „Auf welche Weise die Anomalien der inneren 4 Planeten wirklich zustande kommen, läßt sich leider bis jetzt nicht erschöpfend beantworten.“, [Freundlich15, S. 56]. Dass dieser Angriff dazu dienen sollte, bisherige Theorien zu unterminieren und den Weg zu bereiten für die ART, so wie es [Roseveare82, S. 87] schreibt, scheint zuzutreffen, denn Freundlich schrieb: „Die große Bedeutung dieser Anomalien speziell als Prüfstein für neuere Ansätze, das Attraktionsgesetz der Massen in Einklang mit unseren naturwissenschaftlichen Anschauungen über Fernwirkungs- und Nahwirkungsgesetze zu bringen, rechtfertigt wohl eine eingehende Diskussion der Frage.“, [Freundlich15, S. 50]. Er nahm hierbei keinen direkten Bezug auf Einstein und auch die de Sitterschen Untersuchungen, die in Abschnitt 2.1.1 behandelt werden, fanden keine Erwähnung. Auf diesen Artikel gab es eine recht deutliche Erwiderung von Seeliger, der auf „den scharfen Angriff, den Herr Dr. *Freundlich* (A.N. 4803) für angemessen gehalten hat“ reagierte und seine Theorie verteidigte, [vonSeeliger15, S.279].

Im Jahr 1916 gab es erneut eine „Auseinandersetzung“ zwischen Freundlich und Seeliger in [Freundlich16b] resp. [vonSeeliger16], wo es vordergründig um die Gravitationsrotverschiebung ging und „eigentlich“ um Freundlichs Verhalten, weil er die von von Seeliger zugesandten Korrekturen

In diesem Artikel gab er zunächst eine näherungsweise Lösung der Feldgleichungen für das Gravitationsfeld der Sonne an (“an approximation to the order which is required for practical applications”).¹ Er wählte zur Lösung $\beta - \alpha = 0$ als zusätzliche Bedingung im Unterschied zu Einstein ($\sqrt{-g} = 1$) oder Droste ($\beta = 0$). Als Lösung erhielt er dann

$$g_{11} = g_{22} = g_{33} = -1 + \gamma, g_{44} = 1 + \gamma, \quad (5.5)$$

wobei $\gamma = -\frac{2\lambda^2}{r} + \frac{2\lambda^4}{r^2}$ und die nicht erwähnten $g_{\mu\nu} = 0$ sind.

Die danach von ihm berechneten Bewegungsgleichungen wendete er sodann auf die Bewegung der Planeten an und leitete als Formel² für die Periheldrehung

$$\frac{2\pi}{g} - 2\pi = \frac{3\lambda^2}{p} 2\pi \quad (5.6)$$

ab und errechnete damit die theoretischen Werte für die inneren vier Planeten. Für Merkur ergaben sich

$$\delta\tilde{\omega} = +42,9'', \quad (5.7)$$

was er in seinen Notizen schon im Dezember 1915 berechnet hatte³, weitere Werte siehe Tabelle 5.1.

Zum Vergleich: Einstein hatte in seiner „Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie“ 43" ausgerechnet.⁴

Im nächsten Schritt betrachtete de Sitter die Mondbewegung und fand dabei eine theoretische Perigäums- und Knotenbewegung von +1,91", was er hier nicht weiter kommentierte (aber im “2nd paper”, s.u.).

Abschließend verglich er die berechneten Werte mit den Beobachtungswerten von Newcomb. Dabei kam er zu folgenden Ergebnissen:

- die von von Seeliger innerhalb der Merkurbahn angenommene Materie müsse eine viel kleinere Dichte ($< 1/200$ stel) haben

einer fehlerhaften Formel nicht unter Nennung dessen Namens veröffentlicht bzw. für die nötigen Klarstellungen gesorgt hatte, wozu Freundlich in [Freundlich16a] sein Bedauern äußerte (nach [Hentschel97, S. 30] war der eigentliche Adressat der Kritik Einstein, dem dies bewusst gewesen sei). Freundlich äußerte sich gegenüber de Sitter zur Seeligerschen Kritik: „Ich habe absichtlich auf die Kritik des Herrn Seeliger nicht geantwortet, weil dieselbe nicht objektiv und wissenschaftlich gehalten war; es hat mir genügt, dass alle meine hiesigen Kollegen von der Fakultät mir ihr Vertrauen aussprachen.“, Freundlich an de Sitter, 04.01.1917, LEID.

Ungeachtet seiner eigenen Einschätzung hatte diese Episode (zu dem Streit siehe auch [Hentschel97, S. 28ff]) nach [Pyenson85, S. 234f] Folgen: Freundlich verlor seine Stelle. Einstein sorgte zwar für eine neue Stelle an dem von ihm geleiteten Kaiser Wilhelm Institut (er war damit der erste und alleinige Wissenschaftler, [Hentschel97, S. 38]), hatte aber zuvor auch schon die Distanz zwischen sich und Freundlich größer werden lassen, damit dessen Konflikte seiner Theorie nicht schaden, wie ihm nahegelegt worden war, [Hentschel97, S. 32]. Vgl. auch Einstein an Elsa Einstein vom 28.10.1919, wo Einstein sich über die (mangelnde) Zuverlässigkeit Freundlichs äußerte, [Einstein06, Doc Vol. 9a, 152a].

¹[deSitter16e, S. 369], ähnlich seiner Vorgehensweise in [deSitter11c, S. 388]

²[deSitter16e, S. 375]

³Siehe Notizbuch S12, S. 46, Box 21C, LEID.

⁴[Einstein15b, S. 839]

- die Residuen zeigten nicht bevorzugt in positive oder negative Richtung (siehe Abbildung 5.1, Spalte “Difference”¹), daher gebe es keinen Grund mehr von einer Rotation des Koordinatensystems relativ zum Inertialsystem zu sprechen, wie etwa bei Anding und von Seeliger der Fall
- die Abweichung in der Knotenbewegung der Venus bleibe groß und lasse sich nicht durch eine Erhöhung der Dichte des äußeren Ellipsoids oder der Merkurmasse beseitigen, ohne neue Abweichungen hervorzurufen

		Observed.	Theory.	Difference.	Differences as given by Newcomb.
Mercury	$ed\tilde{\omega}$	+ 118''00	+ 118''58	- 0''58 ± 0''43	+ 8''48
	$id\Omega$	- 92'04	- 92'50	+ 0'46 ± '52	+ 0'61
Venus	$ed\tilde{\omega}$	+ 0'28	+ 0'39	- 0'11 ± '25	- 0'05
	$id\Omega$	- 105'47	- 106'00	+ 0'53 ± '17	+ 0'60
Earth	$ed\tilde{\omega}$	+ 19'46	+ 19'46	0'00 ± '13	+ 0'10
Mars	$ed\tilde{\omega}$	+ 149'44	+ 148'93	+ 0'51 ± '35	+ 0'75
	$id\Omega$	- 72'64	- 72'63	- 0'01 ± '22	+ 0'03

Abbildung 5.1. – Abweichungen zwischen nach ART berechneten und beobachteten Bahnelementen (aus “First Paper” [deSitter16, S. 728]) Periheldrehung: $ed\tilde{\omega}$, Knotenbewegung: $id\Omega$ (Quelle: [deSitter16, S. 728])

Er hatte also in diesem Artikel als erster einen Vergleich zwischen den Beobachtungswerten für die Bahnelemente der Planeten mit den theoretischen Werten der ART unternommen, zu diesem Zeitpunkt jedoch noch keine Aussage darüber getätigt, ob diese Ergebnisse nun *für* oder *gegen* die ART sprächen. Aus seinen Ergebnissen wird aber klar (auch wenn er es nicht betonte), dass sich die von Seeligersche Theorie mit der ART nicht kombinieren ließ, wie er es noch bei der Poincaréschen Gra-

vationstheorie 1911 in Kombination mit der SRT vorgeschlagen hatte (siehe Abschnitt 2.1.1).

In seiner nächsten Veröffentlichung, “Space, time and gravitation”², seiner ersten allgemeinen Vorstellung der ART in England in *The Observatory* hatte er ohne Zahlen zu nennen auf folgendes hingewiesen:

[I]f the approximation is pushed one order further the well-known anomaly in the motion of the perihelion of Mercury is exactly explained, and no other effects at present within the reach of observation are produced in the motions of the planets or the Moon.³

Auch in dem ersten Artikel seiner später berühmten Reihe in den *MNRAS*, “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences. First paper”⁴, gab er noch kein endgültiges Votum pro oder kontra ART. Nachdem er dort zunächst in 18 Punkten eine Einführung in die ART und ihre astronomischen Auswirkungen gegeben hatte, widmete er sich im abschließenden 19. Punkt dem “comparison with observations”.

¹Die Werte in dieser Tabelle aus [deSitter16, S. 728] stimmen größtenteils mit denen aus [deSitter16e, S. 379] überein.

²[deSitter16g]

³[deSitter16g, S. 418]

⁴[deSitter16]

Er gab erneut die Zahlenwerte aus [deSitter16e] an¹ (siehe Tabelle 5.1) und verglich an diesen die Vorhersagen der Theorie mit der Beobachtung.

Im Prinzip zog er dieselben Schlüsse wie in [deSitter16e], bezeichnete die Übereinstimmung aber bereits als *im Ganzen zufriedenstellend*:

Though some of the differences between the observed values and those given by the new theory still exceed their mean errors, the agreement is satisfactory on the whole. Only the node of Venus still shows a considerable discrepancy.²

Er ging sogar noch einen Schritt weiter: Er erklärte die Seeligersche Theorie, die er zuvor stets berücksichtigt und ihre Übereinstimmung mit der Beobachtung als “extremely satisfactory” bezeichnet hatte, nun für überflüssig:³

Also Seeliger’s explanation of the anomalous motion of the perihelion of Mercury by the attraction of nebulous matter in the neighbourhood of the sun now becomes superfluous.⁴

Zum Abschluss betonte er nochmals, dass es zwar eine Diskrepanz bei der Knotenbewegung der Venus gebe, andere Hypothesen⁵ als die ART hätten aber bei zufriedenstellender Erklärung *dieser* Bewegung dafür bei *anderen* Bahnelementen vergrößerte Abweichungen eingeführt.

In seinem “2nd paper” setzte er die Ausführungen anknüpfend an das “1st paper” fort und verglich auch darin aus der Theorie berechnete Werte (für Perigäum und Knoten des Mondes) mit den Beobachtungen, wie schon in “Planetary motion and the motion of the moon according to EINSTEIN’s theory”⁶. Diesmal stellte er aber fest, dass die Residuen hier auch aufgrund der Ungenauigkeit der Brownschen Theorie keine Entscheidung für oder gegen Einsteins Theorie herbeiführen könnten.⁷

Bis dahin hatte er über die „technischen“ Aspekte hinaus keine Stellung zum Wert der neuen Theorie genommen, was er erst im Resümée seines “2nd paper” tat:

Finally, his [Einstein’s] theory not only explains all that the old theory of relativity could explain (experiment of Michelson etc.) but, *without introducing any new hypothesis or empirical constant*, it explains the anomalous motion of Mercury, and it predicts a number of phenomena which have not yet been observed. It has thus at once proved to be a very powerful instrument of discovery.⁸

¹Dabei gibt es kleine Differenzen – Druckfehler oder genauere Berechnung?

²[deSitter16, S. 728]

³Vgl. dazu Abschnitte 2.1.1 und 2.1.2, in denen seine früheren Meinungen zu Seeligers Theorie angegeben werden. Siehe auch de Sitter an Kottler, 29.07.1911, LEID, vgl. dazu Abschnitt 4.2.

⁴[deSitter16, S. 728]. In seinem Notizbuch S12 schrieb er dazu: „Vom ganzen Seeliger bleibt nichts übrig.“, meine Übersetzung von „Van de heele Seeliger blijft niets over.“, S12, S. 183, Box 21C, LEID, Hervorhebung im Original.

⁵Er erwähnte diese leider nicht namentlich.

⁶[deSitter16e]

⁷“The residuals as they stand are therefore not decisive either for or against Einstein’s theory.” [deSitter17, S. 173]

⁸[deSitter17, S. 184], Hervorhebung im Original

Damit war für de Sitter das Thema Merkurperihel zu einem für ihn befriedigenden Abschluss gekommen und er machte deutlich, warum die ART für ihn so interessant war (siehe dazu auch Abschnitt 5.2): Sie gab eine Erklärung für die Periheldrehung (damit war der erste der drei klassischen Tests bestanden), sie führte weder neuen Hypothesen noch Konstanten ein und sie sagte Effekte vorher¹, anhand derer man die Theorie weiter prüfen könnte. Sie war den konkurrierenden Theorien daher überlegen.²

Dass das nicht von allen so gesehen wurde, war sicher zu erwarten gewesen. Exemplarisch habe ich zwei Reaktionen zum Fortschreiten des Perihels herausgesucht, die direkt oder indirekt Bezug auf de Sitter nahmen.³

Für Harold Jeffreys war Ende 1916 die durch die ART unerklärte Knotenbewegung der Venus ein Grund, in seiner Arbeit “The Secular Perturbations of the Four Inner Planets”⁴ (in derselben Ausgabe der *MNRAS* wie de Sitters “2nd paper”, siehe auch Abschnitt 4.1 bzw. [Moyer79, S. 63-5].) die von Seeligersche Erklärung der Einsteinschen vorzuziehen.⁵ Er verwies hierbei auf die de Sittersche Arbeit “Some Problems of Astronomy. VII. The secular Variations of the Elements of the four inner Planets”⁶ von 1913, berücksichtigte einerseits die darin von de Sitter konstatierte geringere Rotation des Bezugssystems (im Vergleich zu von Seeligers Wert), zeigte aber andererseits, dass von de Sitter die Dichte für den äußeren Ellipsoiden zu groß angenommen worden war.⁷ Bis 1919 dauerte sein Festhalten an den Ellipsoiden, ehe er durch die Ergebnisse der Sonnenfinsternisexpedition von der ART überzeugt wurde:⁸ “Thus ended the serious Seeligerizing in England.”⁹

¹z. B. Lichtablenkung und Gravitationsrotverschiebung

²In seinen Hitchcock Lectures war er 1932 neben Rotverschiebung und Lichtablenkung auch noch einmal auf die von der ART vorhergesagten Perihelbewegungen (und der Mondbewegung) und ihrer Abweichung von der Beobachtung eingegangen, siehe [deSitter33j, S. 152f]. Die von ihm nunmehr angegebenen Abweichungen wichen von denen aus seinem “1st paper” ab, da mit verbesserten Massenwerten der Planeten berechnet. Es gab aber immer noch unerklärte kleine Abweichungen, die für ihn allerdings “not very disquieting” (S. 152) waren: “The node of Venus presents the only serious discrepancy, which may or may not be real. The others are not larger than would be expected from the accidental errors.”, S. 153. Auch beim Mond blieb alles beim alten: “The added terms are thus too small to be verified by observation”.

³Da die Literatur zur Rezeption der ART insgesamt sehr umfassend ist, verweise ich nur auf einige ausgewählte Werke wie [Hentschel90] und [Glick87b], die als Wegweiser dienen können.

⁴[Jeffreys16]

⁵siehe dazu auch [Roseveare82, S. 89-93]

⁶[deSitter13k]

⁷Aufgrund der kriegsbedingt(?) fehlenden Referenzen auf [deSitter15i] (bzw. [deSitter14b]), [vonSeeliger15] und [Freundlich15] vermutet Roseveare, dass Jeffreys unabhängig davon zu seinen Ergebnissen gelangt war, [Roseveare82, S. 90].

⁸Davon ließen sich nicht alle überzeugen, denn etwa in [Poor21] wurde sich zwei Jahre danach noch immer in Variationen auf von Seeligers Thema geübt, diesmal mit drei Ellipsoiden. Er hatte an der ART auszusetzen, dass sie nur für Merkur die Residuen erklärte, bei Mars und Venus aber passen musste, was die meisten Befürworter beschönigen würden. Dies war sicher ein nachvollziehbares Argument, aber Jeffreys verwies in [Jeffrey21] noch im selben Jahr auf seinen Artikel von 1916, [Jeffreys16], in dem er gezeigt hatte, dass der Wahl der ellipsoidalen Parameter Grenzen gesteckt wurden, was Poor nicht berücksichtigt hatte. Siehe dazu auch [Earman93a, S. 158].

⁹[Earman93a, S. 163]. Zwischenzeitlich hatte er 1918 auch noch Silbersteins Gravitationstheorie zusam-

Für Silberstein war 1917 das Fehlen einer Überprüfung der Vorhersagen der ART mit ein Grund war, eine Erklärung der Merkurperihelbewegung aus der „alten“ Relativitätstheorie zu suchen.¹ Unabhängig von de Sitters Untersuchung von 1911 (aber in Kenntnis von Wackers Dissertation²) hatte er einen eigenen Versuch unternommen, die Merkurperiheldrehung auf Grundlage der SRT zu berechnen.³ Obwohl die ART zu diesem Zeitpunkt bereits in endgültiger Form vorlag, bevorzugte Silberstein die SRT ihr gegenüber, denn diese sei unangreifbarer in ihren Wurzeln, einfacher und stünde im Einklang mit vielen Fakten, so z. B. dem Null-Effekt beim Michelson-Morley und Trouton-Noble Experiment oder auch den besten Messungen an β -Strahlen – die Vorhersagen der ART hingegen seien noch nicht überprüft worden.⁴ Das Newtonsche Gesetz auf dieser Basis anzupassen sei sicherer als die Verbesserungen “based on fantastic constructions or rash generalisations”.⁵ Sein Ergebnis für die Periheldrehung war

$$\epsilon = 4n\pi^3 \frac{a^2}{T^2 c^2 (1 - e^2)}, \quad (5.8)$$

worin der Faktor $n \in \mathbb{R}$ entsprechend der Beobachtung zu wählen sei (auch de Sitter hatte angemerkt, dass sein Ergebnis für Merkur noch mit einem reellen Faktor multipliziert werden dürfe, siehe Abschnitt 2.1.1, dies aber lediglich *bemerkt*, ohne einen anderen Faktor als 1 vorzuschlagen). Der Fall $n = 1$ entspräche dem Wackerschen Ergebnis (7,2"), für $n = 6$ ergäbe sich die volle Abweichung von 43", also das Gerbersche Ergebnis (resp. das Einsteinsche).⁶

Auf diesen Artikel hatte de Sitter reagiert und einen Leserbrief dazu an *The Observatory* geschickt.⁷ Er wies darin – wohl aus Prioritätsgründen – auf seine Untersuchung von 1911 hin, in der er schon früher auf eine Mehrdeutigkeit für die Periheldrehung hingewiesen hatte.⁸ Weil er damals die mögliche Multiplikation mit einem invarianten Faktor C^m für Gesetz I nur angesprochen, aber nicht bei den Rechnungen berücksichtigt hatte, gab er die daraus resultierende Formel für die Periheldrehung nun im Leserbrief

men mit gravitierender Materie in der Nähe der Sonne zur Erklärung favorisiert, siehe [Roseveare82, S. 92].

¹Siehe dazu auch [Earman93a, S. 160].

²[Wacker09]

³Auf de Sitters Arbeit [deSitter11c] wurde er erst bei der Revision des Manuskriptes durch Eddington aufmerksam gemacht, wie er selber angab, [Silberstein17, S. 505].

⁴[Silberstein17, S. 504]. Er war kein Gegner der ART, aber “he never lost his independent way of looking at general relativity problems”, [Graham82, S. 71].

⁵[Silberstein17, S. 509]. Dazu bemerkten Earman und Janssen: „In periods of scientific revolution, however, small improvements in old laws may in fact be less safe than fantastic constructions, at least if an Einstein is the constructor.“, [Earman93a, S. 161].

⁶[Silberstein17, S. 508f]. Silberstein zog es hier vor, die von Einstein angegebene Formel für die Periheldrehung nach Gerber zu nennen, da dieser sie *vor* Einstein angegeben hatte (auch wenn dessen Theorie dazu nicht haltbar gewesen sei, siehe [Silberstein17, S. 504]) und auch [Earman93a, S. 160].

⁷[deSitter17f]. Zu diesem Zeitpunkt hatte er den Artikel noch nicht selbst gelesen, sondern kannte nur einen Teil des Inhalts aus einem Sitzungsbericht der Royal Astronomical Society, wie er in dem Leserbrief angab.

⁸[deSitter11c]

an:

$$\delta(ed\tilde{\omega}) = \frac{1}{2}n\frac{\lambda^2}{p} \quad (5.9)$$

Dabei entspräche wie bei Silberstein $n = 1$ der Lorentzschen, $n = 6$ der Einsteinschen Theorie. Amüsant finde ich seine Anmerkung dazu: “It does not follow, of course, that you get Einstein’s theory by multiplying the forces in (16) [Gesetz I] by C^6 .”¹ Ob jedoch sein Exponent n und Silbersteins n identisch seien, könne er erst nach Studium des kompletten Artikels sagen – diesbezüglich habe ich aber leider nichts in seinen weiteren Veröffentlichungen finden können.

Man kann an den beiden Reaktionen auf Einsteins ART sehr deutlich erkennen, dass seine Theorie es oft sehr schwer hatte, angenommen zu werden. Nicht jeder war ein “early bird” wie de Sitter und bereit sie anzunehmen, mit ihr zu arbeiten und sie weiterzugeben. Immerhin – die Ablehnung war hier „fair“, denn die Argumente gegen sie waren nachvollziehbar und begründet im Gegensatz zu den Angriffen, die gegen die Person Einsteins oder dessen Glaubensgemeinschaft gerichtet waren, ebenso waren weder Polemik noch mangelnde Intelligenz im Spiel.

5.2. De Sitter und seine Akzeptanz der ART

Obwohl er den neuen Ideen Einsteins anfänglich noch etwas skeptisch gegenüber stand (siehe Abschnitt 3.1.1, S. 118), zählte de Sitter bekanntlich zu den ersten, die die ART in ihrer endgültigen Fassung angenommen und ihre Bedeutung erkannt² hatten (siehe auch Abschnitt 3.1.2) – es scheint fast so, als habe Einstein bei ihm damit offene Türen eingemacht. Nach Brush’s “Why was Relativity Accepted” würde man ihn zu den “prestigious leaders” zählen, welche als erste die neue Theorie angenommen und durch ihre Expertise weitere Wissenschaftler zur Akzeptanz beeinflusst hatten.³ Einmal in ihren Bann geraten „vernachlässigte“ de Sitter sogar seine angestammten wissenschaftlichen Interessen und ließ diese in den Hintergrund treten, wie er Innes im November 1917 „gestand“: “But it is only this week that I have returned to the satellites of Jupiter. Before that I have been deep in gravitation theory.”⁴

Welche Gründe waren es gewesen, die de Sitter so früh von der Wichtigkeit und Korrektheit der Theorie überzeugt hatten? Bei Beantwortung dieser Frage muss man sich darüber im Klaren sein, dass man die wirklichen Gründe, warum jemand eine Theorie akzeptiert, nicht unbedingt hundertprozentig herausfinden kann und dass die von ihm selbst angegebenen Begründungen möglicherweise – je nach Ort der Abgabe – unterschiedlich bewertet werden müssen.⁵

¹[deSitter17f, S. 303]

²vgl. [deSitter Suermondt40, S. 37]

³[Brush99, S. 192]

⁴de Sitter an Innes, 08.11.1917, CSIR

⁵Siehe [Brush99, S. 185], der angibt, dass Begründungen in Veröffentlichungen (first approximation) weniger akkurat seien als solche in privater Korrespondenz oder Interviews (second approximation). Obwohl einleuchtend, müsste man dies dennoch für jeden Einzelfall prüfen.

Brush hat in seiner Untersuchung¹ drei Klassen von Gründen für die Akzeptanz der ART angegeben:

1. empirische Vorhersagen und Erklärungen,
2. sozial-psychologische Faktoren und
3. ästhetisch-mathematische Faktoren.²

Ich füge dem noch eine de Sitter spezifische, weitere Klasse hinzu, sodass sich seine Begründungen in folgende, nicht unbedingt disjunkte Kategorien einteilen lassen:

1. empirische Vorhersagen und Erklärungen
2. sozial-psychologische Faktoren
3. (ästhetisch-)physikalische Faktoren
4. (ästhetisch-)mathematische Faktoren

Im Folgenden stelle ich bei de Sitter zu findende Aussagen in die vorstehenden Begründungsklassen einsortiert zusammen, in denen sich teils schwächere, teils stärkere Argumente für die ART finden.

Empirische Vorhersagen und Erklärungen

Wie in den Abschnitten 2.1.1, 2.1.2 und 5.1 ausführlich gezeigt, war de Sitter schon länger an der Merkurperihel-Thematik interessiert gewesen, bis das Problem für ihn in der ART eine Auflösung fand. Es ist daher nicht überraschend, dass ihm dieser Aspekt der Theorie gefiel und er ihn hervorhob, zumal er in seinen Aufzeichnungen zur ART Ende 1915 damit begonnen hatte:³ “I have been deeply interested lately in Einstein’s new theory of gravitation, - which explains completely the anomalous motion of the perihelion of Mercury.”⁴

Finally, his theory not only explains all that the old theory of relativity could explain (experiment of Michelson etc.) but, *without introducing any new hypothesis or empirical constant*, it explains the anomalous motion of Mercury, and it predicts a number of phenomena which have not yet been observed. It has thus at once proved to be a very powerful instrument of discovery.⁵

Da er schon *vor* der Prüfung der angesprochenen Vorhersagen von der Theorie überzeugt gewesen war, waren sie in diesem Zusammenhang für ihn nicht mehr nötig. Er war zunächst skeptisch, ob man den winzigen Effekt der Gravitationsrotverschiebung überhaupt messen könne. Er schrieb Anfang Dezember 1919 diesbezüglich an Einstein:

Ich kongratuliere herzlich mit dem schönen Erfolg der Englischen Eclips-expeditionen. Die Übereinstimmung ist wirklich *sehr* gut, viel besser als ich es erwartet hatte, und das ganze ist sehr überzeugend. Jetzt noch die Rot-verschiebung auf der Sonne. Aber darauf hoffe ich nicht. Die Schwingenden Atome auf der Sonne sind keine Astronomische Uhrwerke – ich meine sie sind wahrscheinlich *viel mehr* störenden

¹[Brush99]

²empirical predictions and explanations, social-psychological factors, aesthetic-mathematical factors

³Siehe Notizbuch S12, S. 46. Box21C, LEID.

⁴de Sitter an Innes, 30.6.1916, CSIR

⁵[deSitter17, S. 184], Hervorhebung im Original. Die hervorgehobenen Aspekte werden weiter unten kommentiert.

Einflüssen unbekannter Ursprung ausgesetzt als ein Astron. Uhrwerk. Und doch trauen wir selbst den Uhrwerk nicht, und wenn es mal die verkehrte Zeit zeigt, sagen wir nicht dass die Mechanik verändert werden muss. Um desto weniger dürfen wir erwarten dass die Atome auf der Sonne immer die richtige (eigen-)Zeit zeigen werden. Dasselbe gilt vielleicht auch einigermaßen vom Vergleich-Lichtquelle auf der Erde.¹

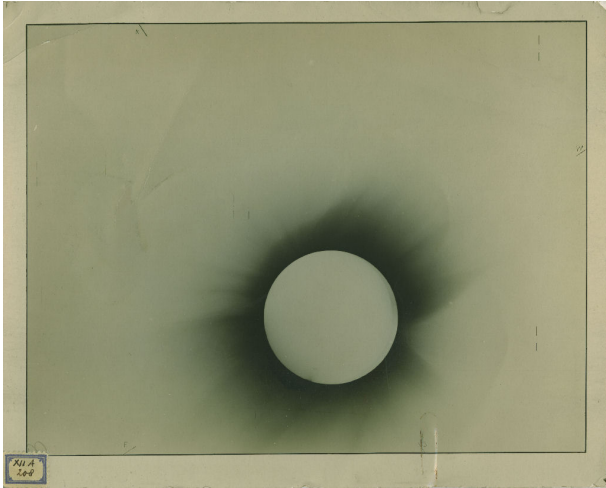


Abbildung 5.2. – “The enclosed print is made from one of the photographs taken at Sobral on May 29, 1919. It will serve to show the character of the star images on the seven photographs taken during the Eclipse.” Auszug aus dem Begleittext zum Foto, das am 15.12.1919 vom Royal Observatory in Greenwich verschickt worden war. (Quelle: de Sitter Archiv, Leiden, Box 5)

nis der Lichtablenkung *nicht zum Beweis* sondern nur *zur Widerlegung* der ART dienen.⁶ Dies trifft natürlich ebenso gut auf den Nachweis der Merkurperiheldrehung zu. Allerdings war die nicht erklärbare Diskrepanz hier schon mehrere Jahrzehnte bekannt gewesen und es waren bereits zahlreiche Versuche – meist mit *ad hoc* Annahmen – unter-

Für ihn hatten die Vorhersagen (“novel predictions”) zunächst weniger Gewicht als die Erklärung bereits vorher bekannter Phänomene (“retrodictions”²), was in der Öffentlichkeit genau anders herum gesehen wurde, wie die Einstein-Hysterie nach 1919 bewies.³ Mit dieser Einschätzung lag er (scheinbar intuitiv) richtig, denn wie sich später herausstellen sollte, war die Merkurperiheldrehung aus mehreren Gründen ein stärkerer Beweis für die ART als die Lichtablenkung: Die Beobachtungsdaten lagen exakter vor, die Berechnung war „tiefer“ in der ART verwurzelt und auch die Tatsache, dass es sich *nicht* um eine “novel prediction” handelte kam ihr zugute:⁴ Obwohl viele Wissenschaftler oft der Überprüfung neuer Vorhersagen mehr Gewicht gaben⁵ haben diese den Nachteil, dass ein solcher Nachweis natürlich nicht ausschließt, dass eine *andere Theorie* die *selbe Vorhersage* macht. Demnach könnte das Messergebnis

¹de Sitter an Einstein, 01.12.1919, [Einstein04, Doc 185], Hervorhebungen im Original. De Sitter hatte von dem Ergebnis der Expedition am 17.11.1919 erfahren, siehe [Einstein04, Doc 168].

²Diese Begrifflichkeiten habe ich [Brush99, S. 187] entnommen.

³Vgl. [Brush99, S. 200]

⁴[Brush99, S. 198f]. Mit „tiefer“ soll gemeint sein, dass für die Berechnung der abweichenden Periheldrehung die 2. Ordnung berücksichtigt werden muss, wohingegen bei Lichtablenkung und Rotverschiebung bereits die 1. Ordnung ausreichend ist, vgl. [deSitter33j, S. 152]. Zudem folgen Rotverschiebung und Lichtablenkung bereits aus dem Äquivalenzprinzip, wobei für letztere noch die konkrete metrische Struktur des Raumes maßgeblich ist, siehe [Fölsing95, S. 489].

⁵Siehe dazu [Brush99, S. 187f, 195f]

⁶In dem Fall, dass ein von der ART abweichender Wert gemessen worden wäre. Stichworte: Falsifizierbarkeit, Karl Popper, siehe [Brush99, S. 187]

nommen worden, sie zu erklären. Daher war es nicht so wahrscheinlich, dass es weitere, alternative Erklärungen gab, die dieselbe Vorhersage wie die ART machen würden.

In seinem populären “Space, time and gravitation” von 1921 erweiterte de Sitter die Menge der die ART stützenden Fakten um die Menge der die Newtonsche Theorie bestätigenden Experimente. Sein Argument: Da die Newtonsche Theorie in erster Näherung aus der Einsteinschen folge, würden die aus zweieinhalb Jahrhunderten stammenden Erkenntnisse ebenso kräftig die neue Theorie bestätigen.¹ Damit erklärt sich der Satz, den er in seiner kurzen Stellungnahme über die ihm zugesandte neu annotiert und erläuterte englische Übersetzung von Newtons *Principia* an den Übersender Crawford schrieb: “The theory of Einstein has undoubtedly enhanced the importance of Newton.”²

In seinen Hitchcock Lectures war de Sitter 1932 gleichwertig auf *alle* “crucial phenomena” kurz eingegangen. Er erläuterte die „Standards“ Rotverschiebung, Lichtablenkung und Periheldrehung, darüber hinaus die von ihm bereits früher schon betrachtete Mondbewegung und zusätzlich die von ihm vorhergesagte geodätische Präzession, welche noch einer weiteren Untersuchung bedürfe.³ Er stellte fest:

We can thus say that all effects of the relativity theory of gravitation have either been verified by observation or are too small for such verification to be possible. It is not probable that any effects have been overlooked – except possibly as regards the precession.⁴

Sozial-psychologische Faktoren

In diese Kategorie lässt sich die „Gruppendynamik“ der Leidener Relativitätsgruppe mit Lorentz, Ehrenfest, de Sitter, Fokker, Droste und Nordström einordnen. Der rege Austausch untereinander und die Zusammenarbeit bei der Einarbeitung in die Theorie war sehr hilfreich, denn dadurch ließen sich Probleme beim Verständnis schnell ausräumen, kontroverse Punkte diskutieren und einander überzeugen.

Ebenso gehört in diese Kategorie der direkte Kontakt mit Einstein, den etliche aus dieser Gruppe pflegten. So konnte man die Theorie aus erster Hand und konnte über das Publierte hinaus Informationen erlangen.

Das konnte nicht anders sein, wo in Leiden Lorentz und Ehrenfest seine Kollegen waren, wo später Einstein selbst Vorlesungen hielt, und wo dadurch die Relativitätstheorie von Beginn an Gegenstand von sehr intensiven wissenschaftlichen Diskussionen war.⁵

De Sitter war eben „mittendrin statt nur dabei“.

¹[deSitter21d, S. 215], Argumentation hier entnommen aus [deSitter32b, S. 111], da etwas detaillierter als an vorstehender Stelle.

²de Sitter an Prof. Crawford, 10.08.1934, LIC, LEID

³[deSitter33j, S. 150-3]

⁴[deSitter33j, S. 153]

⁵Meine Übersetzung von: „Dat kon niet anders, waar in Leiden Lorentz en Ehrenfest zijn kollega’s waren, waar naderhand Einstein zelf kolleges kwam geven, en waar dus de relativiteitstheorie van beginne af onderwerp van de meest intense wetenschappelijke discussies was.“, [Pannekoek35, S. 7].

(Ästhetisch-)physikalische Faktoren

Die Bedeutung der geprüften Vorhersagen war für de Sitter aber nicht alles, denn er relativierte sie in "Space, time and gravitation" und betonte eine andere Qualität der Theorie:¹

The great strength and the charm of Einstein's theory do however not lie in verified predictions, nor in the explanation of small outstanding discrepancies, but in the complete attainment of its original aim: the identification of gravitation and inertia, and in the wide range of formerly apparently unconnected subjects which it embraces, and the broad view of nature which it affords.²

Dass er der Vereinigung von Gravitation und Trägheit "charm" attestierte zeigt die starke (auch „emotionale“?) Bindung de Sitters zur ART, die sich nach Quellenlage weniger aus den empirischen als aus ästhetischen oder strukturellen Gründen ergab.³ Einer dieser Gründe war die eben zitierte Vereinigung von Gravitation und Trägheit, die er auch an anderen Stellen hervorhob:

The great advance made by Einstein's theory is that it combines these two laws [Gravitations- und Trägheitsgesetz] into one.⁴

Even if Einstein has not explained the origin of inertia and gravitation, his theory represents an enormous progress over the physics of yesterday. Perceiving the irrelevance of the representation by co-ordinates in which our science was clothed, he has penetrated to the deeper realities which lay hidden behind it, and not only has he entirely the exceptional and universal nature of gravitation and inertia, but he has laid bare intimate connections between branches of science which up to now were considered as entirely independent from each other, and has thus made an important step towards the unity of nature.⁵

Warum war gerade dieser Punkt für ihn wichtig? In seinem Buch *Kosmos* von 1932 und seiner Rektoratsrede von 1926 finden sich Passagen, die rückblickend eine Erklärung geben können. Danach war er davon überzeugt, dass es eine „dahinter“ liegende Einheit bzw. Wirklichkeit in der Natur gib, zu der man nicht *direkt* vordringen kann:

The essential unity of nature is hidden deep below the surface, which is all that direct observation can show us. The belief in the existence of this unity, of course, lies, and has always lain, at the base of all science, the conviction that there is order and law in nature, that the whole outer world, the universe, is a well-ordered

¹In dieser populären Schrift hatte er die 3 klassischen Tests aufgezählt und bis auf die Rotverschiebung, über deren Bestätigung oder Widerlegung es noch unterschiedliche Ansichten gäbe, über die Bestätigung der ART berichtet, siehe [deSitter21d, S. 215f].

²[deSitter21d, S. 216]

³Dies sieht Roseveare ebenso: "Furthermore, his commitment to general relativity could be based on its *a priori* structure rather than on its remaining empirical consequence which were at this time [1916-17] either equivocal (stellar red-shift) or not yet tested (deflection of starlight).", [Roseveare82, S. 89].

⁴[deSitter32g, S. 101]

⁵[deSitter17, S. 183f]

system, a unit. This is not a scientific thesis, or dogma, it is prescientific, being rooted much deeper in our consciousness than science is, it is what makes science possible.¹

In seiner Rektoratsrede hatte er die Verbindung zwischen der *wirklichen Realität* und den Naturgesetzen, *unserer Realität*, näher erläutert:

Das es eine Realität hinter den Erscheinungen gibt, die unabhängig davon besteht ob und wie sie wahrgenommen wird, daran zweifelt die Naturwissenschaft ebensowenig wie der ungeschulte gesunde Verstand. [...] Die wahrgenommenen Phänomene sind die Wechselwirkung zwischen dieser Realität, deren Existenz wir unterstellen, und unseren Sinnen oder den Instrumenten mit denen wir unsere Sinne verlängern oder verstärken. Sie enthalten somit sicher etwas von der Realität und was sie enthalten ist alles, was wir jemals wissen werden. [...] Die Naturgesetze *sind* für uns, wenn man alles relative, vom Beobachter stammende eliminiert hat, die Realität.²

Dieser Einheit und Realität durch Einsteins ART ein Stück näher gekommen zu sein, wäre somit für ihn verständlicherweise attraktiv gewesen.

Neben der Vereinigung von Gravitation und Trägheit war auch Einsteins Grundgedanke für de Sitter “charming”:

The characteristic feature of the new theory, which constitutes its great charm, is that the postulate of relativity – i.e., the postulate that all laws of nature shall be invariant with regard to *any* transformation of coordinates – leads with logical necessity to a definite theory of gravitation.³

Man sieht ganz klar, dass de Sitter die (ästhetische) Struktur der ART sehr gefiel, vor allem war es auch ihre ursprüngliche Eleganz, welche er an anderer Stelle lobte:

It cannot be denied that the introduction of this constant $[\lambda]$ ⁴ detracts from the symmetry and elegance of Einstein’s original theory, one of whose chief attractions was that it explained so much without introducing any new hypothesis or empirical constant.⁵

¹[deSitter32b, S. 10]

²Meine Übersetzung von: „Dat er een realiteit achter de verschijnselen is, die bestaat onafhankelijk daarvan of en hoe zij waargenomen wordt, daaraan twijfelt de natuurwetenschap evenmin als het ongeschoolde gezonde verstand. [...] De waargenomen verschijnselen zijn de wisselwerking tusschen deze realiteit, waarvan wij het bestaan vooropstellen, en onze zintuigen, of de instrumenten waarmede wij onze zintuigen verlengen en versterken. Zij bevatten dus zeker iets van die realiteit en wat zij bevatten is alles wat wij er ooit van zullen te weten komen. [...] De natuurwetten, als al het relatieve, van den waarnemer afkomstig, er uit geëlimineerd is *zijn* voor ons de realiteit.“, [deSitter26c, S. 7f], Hervorhebung im Original.

³[deSitter16g, S. 412]

⁴Einstein hatte das sog. kosmologische Glied λ im Rahmen seiner kosmologischen Überlegungen eingeführt, die zur Einstein – De Sitter Kontroverse führten, siehe dazu etwa [Kerszberg89b] oder [Röhle02].

⁵[deSitter17b, S. 1225]. Damit sah er dies genau anders herum als Eddington, der 1933 schrieb: “Not only does it $[\lambda]$ unify the gravitational fields, but it renders the the theory of gravitation an its

Letztere Punkte hatte er auch in seiner Stellungnahme im “2nd paper” besonders betont:

Finally, his theory not only explains all that the old theory of relativity could explain (experiment of Michelson etc.) but, *without introducing any new hypothesis or empirical constant*, it explains the anomalous motion of Mercury, and it predicts a number of phenomena which have not yet been observed. It has thus at once proved to be a very powerful instrument of discovery.¹

Gerade durch diese beiden Eigenschaften hob sich Einsteins Theorie deutlich von früheren Theorien wie etwa der von Seeligers ab, bei der sogar mehrere Parameter vorhanden waren (siehe etwa Abschnitt 5.1).² Man könnte sich rückblickend fragen, ob er auch die daraus resultierende Schwäche der ART gesehen hatte. Denn angenommen, es würde ein noch unbekanntes Phänomen entdeckt werden, welches einen Teil der Abweichung in der Periheldrehung des Merkur erklären würde – dann würde man die ART nicht durch eine Justierung der Parameter retten können!³

Das vorstehende Zitat ist auch aus einer anderen Perspektive noch von Relevanz. In ihm werden alle Kriterien aufgelistet, die de Sitter 1908 in seiner Antrittsrede als Bedingungen gestellt hatte, die von Theorien erfüllt werden müssen. Zur Erinnerung:

[D]aß sie nicht allein das zu erklärende Gesetz reproduziert, sondern auch die wahrgenommenen oder noch nicht wahrgenommenen kleinen Abweichungen, dass sie nicht allein das Warum der bekannten Tatsachen begreiflich macht, sondern imstande ist neue Tatsachen vorherzusagen.⁴

Wie bereits in Abschnitt 2.1 angemerkt, erfüllte die ART diese Anforderungen: Sie konnte das Newtonsche Gesetz als Grenzfall sowie in der Merkurperiheldrehung die wahrgenommenen kleinen Abweichungen reproduzieren und sagte in Lichtablenkung und Rotverschiebung neue Tatsachen voraus. Wenn eine Theorie die selbst gesetzten Bedingungen erfüllt, was bleibt einem dann anderes übrig, als diese dann zu akzeptieren?!

relation to space-time measurement so much more illuminating, and indeed self-evident, that return to the earlier view is unthinkable. I would as soon think of reverting to Newtonian theory as of dropping the cosmical constant.”, [Eddington40, S. 31]. Siehe dazu auch Abschnitt 4.2.

¹[deSitter17, S. 184], Hervorhebung im Original

²In seinen Hitchcock Lectures 1932 betonte er die Hypothesenfreiheit der ART und kontrastierte sie mit der Quantentheorie, welche auf Hypothesen basierten, siehe [deSitter33j, S. 147].

³Auf diese Achillesferse der ART wird in [Earman93a, S. 163] hingewiesen.

⁴Meine Übersetzung von „wanneer men aan eene verklaring den eisch wil stellen, dat zij niet alleen de te verklaren wet reproduceert, doch ook de waargenomen of nog niet waargenomen kleine afwijkingen, dat zij niet aleen het waarom der bekende feiten begrijpelijk maakt, maar in staat is nieuwe feiten te voorspellen.“, [deSitter08a, S. 11].

(Ästhetisch-)mathematische Faktoren

Für viele Abschreckend und oft als Gegenargument angeführt: Die komplizierte Mathematik der ART, die für de Sitter keine allzu große Hürde gewesen war. Dass es ihm rasch gelang, diese zu meistern (siehe Abschnitt 3.1.2) war ein wichtiger Grund für seine positive Aufnahme der Theorie.¹

Die Wurzeln für seine mathematischen Fähigkeiten reichen in seine Studienzeit zurück, denn seine Studienfächer waren Mathematik und Physik gewesen, wie in Abschnitt 1.1 erwähnt. Seine Liebe zur Mathematik hatte während ihrer gemeinsamen Studienzeit seinen Freund Johan Huizinga² zu einer „Portrait“-Zeichnung (siehe Abbildung 5.3) mit folgendem Text animiert:

Oh, was wäre das Leben ohne Mathesis? Eine Welt ohne Sonne, ja ein Schatten, der vergangen ist. Dies ist Willem de Sitter, 24 Jahr', Mathematikünstler.³

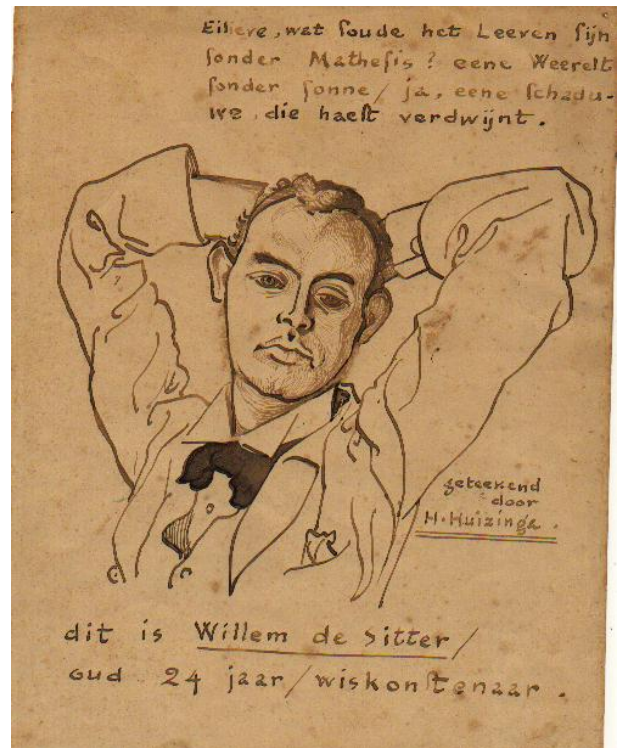


Abbildung 5.3. – Willem de Sitter gezeichnet durch J. Huizinga, ca. 1896 (Quelle: Reinold de Sitter)

Seinen Grad der Beherrschung der Mathematik der ART⁴ kann man neben seinen einflussreichen Schriften einer kleinen, leider undatierten Anekdote entnehmen:

The last evening Willem gave a popular talk about the problems of the “Universe”. The whole town attended, the people had the feeling that they were hearing something very beautiful. The professor of Mathematics from Edinburgh, who had organized the conference, spoke warm word of praise. But he reminded the listeners not to think: “O, Mathematics is a very easy subject”, because the speaker

¹Das das Verständnis der Mathematik eine große Rolle spielte sieht man etwa an dem Beispiel Spanien, wo viele Mathematiker zu den ersten Unterstützern der ART zählten, siehe [Glick87a].

²Auf der Zeichnung ist als abgekürzter Vorname „H.“ statt „J.“ zu sehen. Nach Reinold de Sitter, von dem der Scan der Zeichnung stammt, ist sie aber von Johan angefertigt worden: “I cannot explain the initial 'H' instead of 'J' . I have to guess between: The full name is “JoHannes” , too much wine, a private joke. Make your choice..”, aus E-Mail vom 13.05.2005.

³Meine Übersetzung von: „Eilieve, wat soude het Leeven sijn sonder Mathesis? een Weerelt sonder Sonne / ja, eene Schaduwe, die haest verdwijnt. Dit is Willem de Sitter / oud 24 jaar / wiskonstenaar“

⁴Gelegentlich wurde er sogar nicht als Astronom, sondern als Mathematiker bezeichnet, siehe etwa die Nachrufe [N.N.34k] oder [Esclangon35]. Nach [Schouten50, S. 265] blieb de Sitter sein Leben lang ein „mathematicus“.

had misled the public in hiding the most modern Mathematical problems in very innocent sounding words!¹

Betrachtete man hinreichende mathematische Kenntnisse als begünstigenden Faktor zur Aufnahme der ART, so kann man hier interessante Parallelen ziehen. Astronomen, die eine fundierte mathematische Grundlage hatten wie Schwarzschild², Freundlich³ oder Eddington⁴ waren anscheinend geneigter die ART zu akzeptieren als andere, die bereits an der Sprache scheiterten, in die die Theorie gekleidet war – was allerdings in der Umkehrung nicht bedeutet, dass Astronomen, die die Mathematik nicht begriffen oder Schwierigkeiten damit hatten, der ART ablehnend gegenüber standen.⁵ De Sitters Freund Innes ist ein Beispiel dafür. Er hatte auf dessen Anraten⁶ Eddingtons Bücher *Space, Time and Gravitation*⁷ und *Report on the Relativity Theory of Gravitation*⁸ gelesen und berichtete diesem nach Vollendung der Lektüre:

I think I have absorbed Eddington's books and have fairly grasped all the ideas, but it is the mathematical part that I want to study, and I really cannot find any references that are useful.⁹

Auch für de Sitters Lehrmeister Kapteyn war die ART sehr schwierig. Er war daran sehr interessiert, durchschaute sie aber nicht hinreichend, weshalb Ehrenfest darüber einige Vorträge in Groningen hielt.¹⁰

De Sitter war jedenfalls nach relativ kurzer Einarbeitungszeit mit der Theorie und der Mathematik vertraut und er hielt den Glauben, dass die ART revolutionärer und schwieriger als andere Theorien sei, für ein Missverständnis:

¹Dieser Auszug aus einer Art Reisetagebuch von de Sitters Frau während einer Konferenzreise nach Schottland und auch die Übersetzung aus dem Niederländischen stammt von Wobine Ishwaran, einer Enkelin de Sitters. Nach ihren Angaben ist der Eintrag nicht datiert. Da er über das Universum gesprochen hatte vermute ich, dass dieser Vortrag zu Beginn der 1930er Jahre, nach der Entdeckung seiner Expansion stattgefunden hatte.

²Karl Schwarzschild, der Astronomie zunächst in Straßburg unter Ernst Becker, später in München unter Seeliger studiert hatte, hatte bereits zu Schulzeiten Interesse an über den Schulstoff hinausgehender Mathematik gezeigt und diese an der Frankfurter Sternwarte zusammen mit dem Sohn Paul des Leiters, Theobald Epstein, neben der Teleskopbenutzung erlernt. Während des Studiums hatte Schwarzschild dieses Interesse weiter verfolgt und umfassende mathematische Kenntnisse, u.a. bei Christoffel erworben, siehe [Döbrich99, S. 8-10], vgl. auch [Crelinsten06, S. 89f]. Zu Schwarzschilds Beiträgen zur ART siehe etwa [Schemmel05].

³Freundlich hatte in Göttingen Mathematik und Astronomie (bei Schwarzschild) studiert, siehe [Hentschel97, S. 5].

⁴Zu Eddingtons Ausbildung in Cambridge siehe [Warwick03].

⁵In [Vizgin87, S. 282] wird neben Schwarzschild und de Sitter B.P. Gerasimovich genannt als einer der wenigen Astronomen, die sich für die SRT interessiert haben. Wie weit das Interesse ging, ob er auch eine tiefe mathematische Basis hatte und welchen Beitrag er zur ART lieferte geht daraus leider nicht hervor.

⁶de Sitter an Innes, 10.02.1922, CSIR

⁷[Eddington20c]

⁸[Eddington20a]

⁹Innes an de Sitter, 13.03.1922

¹⁰[Hertzsprung-Kapteyn28, S. 102f], leider ist keine Jahresangabe dabei

Here I must insert some remarks about the theory of relativity. It has often been much misrepresented in popular expositions in the press. The theory of relativity enjoys the reputation of being rather difficult. That reputation is not deserved. Of course all science is difficult, but the theory of relativity is not more difficult, and probably less, than most other physical theories. It also has the reputation of being somewhat revolutionary. It is not revolutionary at all. It is nothing more than the logical consequence of the line of thought that we can trace back through history to the very beginnings of the science of mechanics. [...] The great advance made by Einstein's theory is that it combines these two laws [Gravitations- und Trägheitsgesetz] into one. [...] They [die Gleichungen] are, of course, somewhat more complicated than those of the classical (Newton's) mechanics, but then mathematicians in our days are also much cleverer than in Newton's time, and they have accordingly been able to find solutions of the equations.¹

Ein sehr eindrucksvoller Beleg für seine Bewunderung der Mathematik findet sich in seiner Rektoratsrede. Diese schloss er mit folgender Lobpreisung:

Die Zahl, besser gesagt die Mathematik, die vollendetste und am wenigsten materielle Schöpfung des menschlichen Geistes ist das Mittel von dem wir erhoffen, dass es uns früher oder später von den uns auferlegten Beschränkungen und der menschlichen Unvollkommenheit und materiellen Gebundenheit befreit, die Treppe welche wir zu erklimmen hoffen zu stets reiner, stets freier und unbefangener Anschauung vom allzeit unerreichbaren Wunder.²

Trotz diesen Lobes waren ihm die Beschränkungen dieser Schöpfung vollkommen bewusst: "Mathematical structures are always only approximations to real nature."³ Er hatte die „Gefahren“ im Blick, die ein blindes Verlassen auf Mathematik mit sich brachten, wie Oort über ihn berichtete:⁴

He [Kapteyn] considered mathematics as an indispensable tool but not an ideal tool for approaching physical and astronomical problems. And it seems this spirit was taken over by many of his pupils. In this connection I remember the attitude taken by his pupil W. de Sitter, who worked in the very early days on the expanding universe, and was one of the first to actually apply the general theory of relativity

¹[deSitter32g, S. 100f]. Er sah also in der ART nicht den revolutionären Charakter, den manch früher Verteidiger der Theorie darin gesehen hatte, vgl. [Brush99, S. 190].

²Meine Übersetzung von: „Het getal, beter gezegd de wiskunde, die meest volmaakte en meest onmaterieele schepping van den menschelijken geest, is ons het middel waardoor wij hopen ons hoe langer hoe meer te bevrijden van de beperkingen ons door onze menselijke onvolmaaktheid en materieele gebondenheid opgelegd, de trap waarlangs wij hopen op te klimmen tot steeds zuiverder, steeds vrijer en onbevangener aanschouwing van het, voor altijd onbereikbare, wonder.“ [deSitter26c, S. 24]. Am Ende seines Buches *Kosmos* hat er diese Passage recht ähnlich wiederholt: “By the use of mathematics, that most nearly perfect and most immaterial tool of the human mind, we try to transcend as much as possible the limitations imposed by our finiteness and materiality, and to penetrate ever nearer to the understanding of the mysterious unity of the Kosmos.”, [deSitter32b, S. 138].

³[deSitter32g, S. 102]

⁴Siehe dazu auch Abschnitt 5.3, S. 218, wo auf de Sitters Bemerkungen zur Verwendung von Begriffen wie “universe” oder “radius” hingewiesen wird.

to astronomical problems. He was very much more of a mathematical mind than Kapteyn or I, but he had the same feeling that mathematics was indispensable but contained a danger that it might sometimes lead you away from the actual insight into the problems.¹

Ästhetisch-mathematische Gründe hatten bereits einige von der SRT überzeugt und auch die ART wurde von mehreren Wissenschaftlern bereits aufgrund ihrer mathematischen Eleganz als korrekt empfunden und akzeptiert.² Dabei zählte die Ästhetik oft mehr als die empirischen Nachweise, so wie es Einstein selbst auch gesehen hatte.³ Nach Brush zählten u.a. H. Weyl, E.T. Whittaker bzw. Dirac, Freundlich und Schwarzschild zu den Wissenschaftlern, denen die Struktur der Theorie bereits Argument genug war.⁴

De Sitter kann in dieser Aufzählung eingereiht werden, denn auch er war von der Ästhetik der Theorie gefangen (in Wiederholung eines zuvor angeführten Zitates):

It cannot be denied that the introduction of this constant $[\lambda]$ detracts from the symmetry and elegance of Einstein's original theory, one of whose chief attractions was that it explained so much without introducing any new hypothesis or empirical constant.⁵

Auch zwei Zeilen eines Briefes an Innes unterstrichen dies:

The theory of Einstein sounds very strange at first, and it is rather hard work to get to the root of it, but it is beautiful and admirable. The greatest advance of our understanding of Nature since Newton.⁶

Und in seinem populären Beitrag zum Eugene Higgins Preis von 1921 schrieb er:

Since I have promised not to use any mathematics I can hardly convey to the reader an adequate idea of the difficulty of the problem, nor do justice to the elegance and beauty of the solution.

Was de Sitter *wirklich* initial von der ART überzeugt hatte wird sich nie mit hundertprozentiger Sicherheit herausfinden lassen. Ob schon einzelne Aspekte aus den hier zusammengestellten drei Klassen genügt hatten oder ob es ihre Kombination war? Fakt ist jedenfalls, dass er die ART von Anfang an unterstützt hat, was wichtig für ihre Verbreitung gewesen war. Man stelle sich einmal vor wie wohl die Rezeptionsgeschichte verlaufen wäre, hätte de Sitter die ART *nicht* für gut befunden. . . (was nach der Statistik eigentlich wahrscheinlicher gewesen wäre⁷). . . ?

¹[Oort77, S. 4]

²Zur Rezeption der SRT aus ästhetischen Gründen siehe [Brush99, S. 191, 193].

³[Brush99, S. 201]. Man denke an die berühmte Anekdote, in der Einstein auf die Frage was denn wäre, wenn die Lichtablenkung nicht nachgewiesen worden wäre gesagt habe „Da könnt' mir halt der liebe Gott leid tun, die Theorie stimmt doch.“, zitiert nach [Fölsing95, S. 496].

⁴[Brush99, S. 201, Fn 67] bzw. S. 202

⁵[deSitter17b, S. 1225]

⁶de Sitter an Innes, 08.11.1917, CSIR

⁷Siehe dazu [Brush99, S. 190] und [Sulloway96, S. 40/344]. Danach waren Erstgeborene (siehe Abschnitt 1.1) wie de Sitter bis 1920 mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit Unterstützer der RT als nicht Erstgeborene.

5.3. Wissenschaftliche Grundauffassung

Die Wissenschaft strebt nicht nach Unfehlbarkeit sondern nach Wahrheit.

(Meine Übersetzung von: „*De wetenschap streeft niet naar onfeilbaarheid, doch naar waarheid.*“, [deSitter26c, S. 8].)

Dass de Sitter nicht nur rein fachliche Beiträge geliefert hatte, sondern in seinen Schriften oftmals kritisch über die behandelten Themen oder verwendeten Mittel reflektiert hatte – sich also auf eine höhere „Meta-Ebene“ begab – wurde von Pannekoek in seinem Nachruf betont:

Ein Thema wie dieses [er bezog sich dabei auf [deSitter33j]] – und darin besteht seine wissenschaftliche Wichtigkeit – zwingt fortwährend zur Selbstbesinnung über das, was Wissenschaft eigentlich ist und wie sie zur Erfahrung und Welt steht; was die Bedeutung von unserer Extrapolation außerhalb der Erfahrung ist; in wie weit unsere Raum-Zeit unsere eigene Konstruktion ist, und wieviel davon Willkür ist. De Sitter spricht selbst dann und wann darüber, dass philosophische Grundauffassungen und nicht Erfahrung bestimmte Folgerungen beherrschen. Die Weise, auf die er in all diesen Artikeln und Schriften seine wohl durchdachten Gedanken ausdrückt und anwendet, soll darum auch bei denen, die sich in mancher Hinsicht von seinem Standpunkt unterscheiden, stets mit Verehrung und mit Gewinn für einen selbst gelesen werden.¹

In der Tat finden sich bei de Sitter Bemerkungen zu Konzepten, die andernorts als selbstverständlich angenommen und nicht hinterfragt werden.² Vielleicht ließe sich hier eine kleine Parallele zu Einstein hereindeuten, denn dessen Überlegungen fußten ja oft auch auf der Tatsache, dass er Grundlegendes in Frage stellte.³

¹Meine Übersetzung von: „Een onderwerp als dit – en daarin bestaat zijn wetenschappelijke belangrijkheid – dwingt voortdurend tot zelfbezinning over wat wetenschap eigenlijk is en hoe zij staat tot ervaring en wereld; wat de beteekenis is van onze extrapolaties buiten de ervaring; in hoeverre onze tijd-ruimte onze eigen konstruktie is, en hoeveel daaraan willekeur is. De Sitter spreekt er zelf nu en dan over, dat filosofische grondopvattingen en niet ervaring bepaalde gevolgtrekkingen beheerschen. De wijze, waarop hij in al deze artikelen en geschriften zijn wel overwogen gedachten uitdrukt en toepast, zullen daarom ook bij hen, die in sommige opzichten van zijn standpunt verschillen, steeds met waardeering en met vrucht voor henzelf gelezen worden.“, [Pannekoek35, S. 9f].

²In seiner Rede „De Eenheid der Wetenschap“ (Die Einheit der Wissenschaft), [deSitter26c], die er in seiner Eigenschaft als Rector Magnificus der Leidener Universität gehalten hatte, ging er der grundsätzlichen Frage nach, ob durch die zunehmende Zersplitterung der Gebiete die Einheit der Wissenschaft gefährdet sei. Er beantwortete diese Frage negativ, und auf seinem Weg dahin griff er einige der Dinge auf, die auch in diesem Abschnitt thematisiert werden. Anhand einiger aktueller Fragestellungen stellte er auch dar, wo die Probleme der Astronomie lagen, ohne allzu sehr in Details zu gehen, und welche Entwicklungen sie gerade durchgemacht hat. Eine aus allgemeiner und spezieller Sicht eine interessante Rede.

³Wie etwa den Begriff der „Gleichzeitigkeit“ in der SRT.

Basis aller physikalischen Theorien war für de Sitter die Beobachtung.¹ Die aus ihr heraus entstandenen Gesetzmäßigkeiten müssen sich zur Überprüfung wieder ihrer bedienen:

Every physical theory must begin and end in observation. Its origin is the attempt to account for observed phenomena on the basis of reason, and consequently the final test necessarily is comparison with observation; no theory can survive which is not able successfully to stand this test. This truth has sometimes been lost sight of.²

Er sah es als gegeben an, dass man über gewisse Größen *nie* eine Gewissheit über ihre Werte erlangen kann, wie er beispielsweise im Zusammenhang mit dem Gravitations-tensor schrieb: “How the $g_{\mu\nu}$ are at infinity of space or of time, we will never know.”³ Aus diesem Grund war für ihn die Ausdehnung von Wissen auf Bereiche, die nicht der Beobachtung zugänglich sind, unzulässig:

From the physical point of view everything that is outside our neighbourhood⁴ is pure extrapolation, and we are entirely free to make this extrapolation as we please, to suit our philosophical or aesthetical predilections or prejudices.⁵

Es war ihm also bewusst, dass sich an dieser Stelle Vorlieben oder philosophische Auffassungen mit Tatsachen mischen, was weder ein eindeutiges noch selbstverständliches Ergebnis liefert und mahnte:

One of these convictions [...] is that the particular part of the universe in which we happen to be is in no way exceptional or privileged, [...]. It should, however, be remembered that there have been epochs in the evolution of mankind when this was by no means thought self-evident, and the contrary conviction was rather generally held.⁶

Dass umgekehrt auf philosophische Grundannahmen nicht verzichtet werden *kann*, weil nur so die Theorie „stetig“ in den per definitionem nicht zugänglichen „Raum“ fortgesetzt werden kann, machte er in seinem Beitrag zum Eugene Higgins Wettbewerb⁷ deutlich:

¹Eine tieferliegende Voraussetzung für Wissenschaft überhaupt war nach [deSitter32b, S. 10] “the conviction that there is order and law in nature, that the whole outer world, the universe, is a well-ordered system, a unit”. Dies, so de Sitter, sei keine wissenschaftliche These oder Dogma: “[I]t is prescientific, being rooted much deeper in our consciousness than science is, it is what makes science possible”. Auf diese Überzeugung de Sitters wurde in “The role of faith in physics”, [Jaki67, S. 190] hingewiesen.

²[deSitter32b, S. 6], vgl. [deSitter26c, S. 8]

³[deSitter17b, S. 1217]

⁴„Neighbourhood“ bezeichnet bei de Sitter den Teil des Universums, über den wir sichere Aussagen treffen können.

⁵[deSitter32b, S. 113]

⁶[deSitter32b, S. 113]

⁷ Der Wettbewerb, der Anfang der 1920er Jahre zum Ziel hatte in 3000 Worten dem “layman” die Einsteinsche Relativitätstheorie nahe zu bringen brachte zwar einen Sieger hervor, aber in der abschließenden Veröffentlichung wurde festgestellt, dass “the general reader is not going to pursue

Physical science, like common sense, takes for granted that there *is* a reality behind the phenomena, which is independent of the person by whom, and the particular methods by which it is observed, and which is also there when it is not observed. Strictly speaking, all talk about what is not observed is metaphysics. Nevertheless the physicist unhesitatingly believes that his laws are general, and that the phenomena continue to happen according to them when nobody is looking. And since it would be impossible to prove that they did not, he is fully entitled to his belief. The observed phenomena are the effects of the action of this reality, of which we assume the existence, on the observer's senses – or apparatus, which are extended and refined sense-organs. The laws governing the phenomena therefore must convey some information regarding this reality. We shall never by any means be able to know anything else about it but just these laws. To all intents and purposes the laws *are* the reality, if we eliminate from them all that refers to the observer alone.¹

Manche Ergebnisse basierten sogar ausschließlich auf nicht nachprüfbaren Annahmen, wie er an Fragen zu Eigenschaften des Universums betonte:

If this were so² there would be a physical basis for the finiteness of the universe – though not an *observational* basis, but one depending on the structure of our theory of the electron. Whether this theory will admit such a conclusion to be drawn from it I am unable to judge, but until this has been shown to be so, the assertion that the universe is finite is a pure a priori assumption, which can be based only on philosophical or metaphysical grounds.³

Dass dies eben manchmal unumgänglich war, war auch ihm klar:

Astronomical observations give us no means whatever to decide which of these possible solutions [Werte von k, λ], corresponds to the actual universe. The choice must, as Sir Arthur Eddington says, depend on æsthetical considerations.⁴

In diesen Zitaten verwendete de Sitter das Wort *universe* ganz selbstverständlich. Generell war er aber jemand, der über die Begrifflichkeiten nachdachte und – um Missverständnissen durch die Verwendung von Begriffen entgegenzuwirken – gelegentlich zu erklären bemüht war, was unter ihnen zu verstehen sei:

I must lay stress on the fact that in using the words ‘universe’, ‘radius’, ‘expansion’ etc., we are really speaking metaphorically, putting an interpretation on the equations which is by no means imperative.[...], I will, however, continue to use this convenient metaphorical speech.⁵

Mr. Bolton's essay [welches gewonnen hatte], or any other essay on this subject, with profit.”, [Bird21, S. iv]. Für weitere Informationen zum Wettbewerb siehe Kapitel I (S. 1-18) in [Bird21] oder [Hentschel90, S. 62-64]. De Sitters Beitrag zum Wettbewerb wurde auch in der holländischen Tagespresse erwähnt, siehe [N.N.21c].

¹[deSitter21d, S. 207], Hervorhebungen im Original, vgl. auch [deSitter26c, S. 7f]

²Eddingtons Formel $\frac{\sqrt{N}}{R} = \frac{mc^2}{e^2} = 3,54 \cdot 10^{12}$ etwa aus [Eddington31b, S. 3] oder *Observatory* 55 (1932), S. 206

³[deSitter33j, S. 183]

⁴[deSitter33d, S. 630]

⁵[deSitter31a, S. 707]

Für ihn stand fest, dass durch die Verwendung gewisser Begriffe den benannten Dingen eine gewisse „Realität“, eine gewisse Eigenständigkeit gegeben wird, welche aber *nicht wirklich* existent und auch nicht von Dauer sein müsse:

After all the “universe” is an hypothesis, like the atom, and must be allowed the freedom to have properties and to do things which would be contradictory and impossible for a finite material structure.[. . .], It is not inconceivable that this hypothesis may at some future stage of the development of science have to be given up, or modified, or at least differently interpreted.¹

The constant $\sigma [= \frac{1}{4R^2}]$ only serves to satisfy a philosophical need felt by many, but it has no real physical meaning, though it can be mathematically interpreted as a curvature of space.²

Sehr viel deutlicher wurde er bei der Betrachtung eines physikalischen Klassikers – dem „Äther“. Dieses Medium habe sich aus einem Feld „materialisiert“, wodurch eine Bedeutungsverschiebung ausgelöst worden sei:

Whether we talk of a „particle of matter“ or of a „singularity in the gravitational field“ is only a question of name. But this giving of names is not so innocent as it looks. It has opened the gate for the entrance of hypotheses. Very soon the field is materialised, and is called aether. From the mathematical point of view, of course, „aether“ is still just another word for „field“, or, perhaps better, for „space“ – the absolute space of Newton – in which there may or may not be a field.³

Die dadurch entstehenden Widersprüche waren ihm schon am Anfang seines Studiums suspekt gewesen und umso mehr war er über die Einsteinschen Bemühungen erfreut, diese wieder aufzulösen:

Mit *sehr* grossem Vergnügen habe ich Ihre Leidener Antrittsrede gelesen.⁴ Was mich besonders darin freut ist, dass Sie so endgültig die Unhaltbarkeit einer rein mechanischen Naturerklärung hervorheben. Ich habe mich schon als Student (das ist also um die Zeit von 1894) immer dagegen gesträubt dass man die Materie durch den Aether oder die Elektrizität erklärte, und dann für den Aether wieder eine materielle Erklärung suchte! Das hat mir immer widersinnig erschienen.⁵ Sie haben sich jetzt entschlossen, das $g_{\mu\nu}$ -Feld „Aether“ zu nennen, und Sie zeigen überzeugend dass dieser Aether gerade so gut ist, oder besser, als Physikalisches Ur- Ding wie die „Materie“.⁶

¹[deSitter32b, S. 133f]

²[deSitter17b, S. 1224]

³[deSitter32b, S. 105]

⁴Zu diesem Zeitpunkt hielt de Sitter sich zur Genesung in Arosa auf und konnte nicht anwesend sein.

⁵Den sehr ähnlichen Widerspruch bei der Atomklärung führte er später in selben Zusammenhang auf: “Fifteen, or even ten, years ago, although an atom was no longer, as the name implies, just a piece of matter that could not be cut into smaller pieces, atoms, electrons, and protons were still thought of as mechanical structures, models of the atom were imagined, having the mechanical properties of ordinary matter. The inconsistency of first explaining matter by atoms and then explaining atoms by matter was only slowly realised [. . .]”, [deSitter32b, S. 105].

⁶de Sitter an Einstein, 04.11.1920, [Einstein06, Doc 190], EA 20-571. Vergleiche auch de Sitter an Lorentz, 3?.??1920, RNH.

Schon in seiner ersten Arbeit, in der er Bezug zum Relativitätsprinzip¹ nahm (1911), hatte de Sitter in einer Fußnote den Äther angesprochen, damals aber noch einen diplomatischen Standpunkt eingenommen (im Gegensatz zu Einstein, der das Ätherkonzept für überflüssig hielt, oder beispielsweise Ritz, der den Äther für nicht existent erklärt hatte², oder Lorentz, der zeitlebens am Äther festhielt³).

As there are many physicists nowadays who are inclined to abandon the aether altogether, it may be well to point out that the principle of relativity is essentially independent of the concept of an aether, and, indeed, is considered by some to lead to a negation of its existence. Astronomers have nothing to do with the aether, and it need not concern them whether it exists or not. All Mr. Plummer's results⁴ remain true, and retain their full value, if the "aether" is eliminated from his terminology. And also in Mr. Whittaker's note⁵ the word "aether" is not essential, except, of course, from an historical point of view.⁶

Es scheint mir klar, dass de Sitter, der wie er selbst sagte als Astronom keinen Äther benötigte, diesen in der materiellen Form nicht für existent hielt und das Wort als bloßes Synonym für „Feld“ verstanden hat. Natürlich *wusste* er dies nicht sicher, aber er war

[...] überzeugt – aber das ist natürlich nur ein *Glauben*, dass nicht erwiesen werden kann – dass es mit diesen Massen [Einsteins „ferne Massen“] gehen wird wie mit dem „Aetherwind“. Man wird immer neue Anstrengungen machen sie wirklich zu beobachten, aber das wird niemals gelingen, bis man schliesslich zu der Ueberzeugung kommt dass sie nicht existieren.⁷

Welchen Nutzen hat Wissenschaft im Allgemeinen? In der Beantwortung dieser Frage betonte de Sitter einen Aspekt von Wissenschaft, der immer wieder gerade im Zusammenhang mit ihrer Finanzierbarkeit aufgeworfen wird (auch heute noch!) – Wissenschaft als Selbstzweck. Nur dadurch, dass Wissenschaftler auch ohne konkreten Bezug zu direkten Anwendungen geforscht hätten, wäre technischer Fortschritt möglich gewesen.

It is a significant fact, proved by history, that all the great technical advances have been based on scientific discoveries which at the time appeared to be utterly useless, and were made by men who studied science for its own sake, without giving the slightest thought to the possibility of application. They are the reward accruing to mankind from the disinterestedness of its greatest representatives.⁸

¹In seinem Notizbuch S8 schrieb er im Zusammenhang mit dem Michelson-Morley Experiment bei seinen Notizen zu Gravitation und Relativitätsprinzip: „Dass dann hier eine Möglichkeit bestehen würde um die absolute Bewegung des Sonnensystems (oder wenn man möchte die Bewegung relativ zum/vom Äther) nachzuweisen.“ (meine Übersetzung von: „Dat dan hier een mogelijkhed zou zijn om de absolute beweging van het zonnestelsel (of als men wil de beweging relatief t/o v/d ether) aan te toonen.“, S8, S. 54) Dies scheint mir anzudeuten, dass der Äther für ihn nicht an erster Stelle stand.

²siehe [Martínez04, S. 23]

³siehe etwa [McCormach80, S. 498]

⁴[Plummer10]

⁵[Whittaker10]

⁶[deSitter11c, S. 389, Fn. †]

⁷de Sitter an Einstein, 01.11.1916, [Einstein98, Doc 272]

⁸[deSitter32b, S. 136f]

Für die Astronomie bestand er sogar darauf, dass sie *nur so* praktiziert werden könne:

Astronomy is a science that must be served for its own sake, or not at all. It is, one might say, a useless science, as it has no practical applications worth speaking of, and the little practical knowledge of astronomy, that is required for those few applications that it has, is easily acquired by anybody.¹

Er gab zu, dass sie nicht zu technischem Fortschritt für die Allgemeinheit führe, keine direkt sichtbaren Erfolge feiere und auch kaum etwas als Nebenprodukt abwerfe. Dennoch sei sie eine solide Wissenschaft:

Von anderen Wissenschaften sieht sie [die Öffentlichkeit] fühlbare Resultate: Dampf und Elektrizität, Röntgenaufnahmen, Flugzeuge, Kältetechnik und was nicht alles. Der Mensch, oder zumindest der größte gebildete Teil der Öffentlichkeit, sieht ein, dass sie dem investierten Geld einen Ertrag, und manchmal plötzlich einen unerwartet hohen Ertrag liefert. Bei der Astronomie sieht man dergleiche Resultate nicht. Es ist nicht zu verleugnen dass sie, vom Standpunkt der Belege betrachtet, die spekulativste der Wissenschaften ist. Auf der anderen Seite ist sie ausgesprochen solide. Vergleicht man die anderen Wissenschaften mit handels- und industriellen Unternehmungen, dann ist die Astronomie die Niederländische Bank, deren vorrangigstes Ziel nicht das Auszahlen von hohen Dividenden ist, aber ohne deren Unterstützung die Anderen nicht leben können.²

An selber Stelle liefert er auch eine Erklärung, *warum* die Astronomie sich in diesen Dingen von anderen Naturwissenschaften unterscheidet und zählte einige ihrer Leistungen auf, u.a. die berühmte Bestätigung der von Einstein vorhergesagten Lichtablenkung bei der Sonnenfinsternis am 29.05.1919.³

Das Material, womit die Naturwissenschaften arbeiten, ist Zeit, Raum und Materie. Aber keine Wissenschaft verfügt über Zeiten, Abstände oder Massen die auch nur im Entferntesten vergleichbar sind mit denen, welche der Astronom handhabt. So kommt es dass sie in den meisten grundlegenden Fragen oftmals das erste, und beinahe allzeit das letzte Wort hat. Um nur einige Beispiele zu nennen: Die Entdeckung der Gravitation, die endliche Lichtgeschwindigkeit, die Abberation, die Serien der

¹[Stratton29, S. 208]

²Meine Übersetzung von: „Van andere wetenschappen ziet het de tastbare resultaten: stoom en electriciteit, Röntgenphotographie, vliegmaschinen, koude-techniek, en wat niet al: men, of tenminste het meest ontwikkelde deel van het publiek, beseft dat het er in belegde geld zijn rente, en soms plotseling een onverwacht hooge rente, opbrengt. Van de astronomie ziet men dergelijke resultaten niet. Het valt niet te ontkennen dat zij, van een beleggingsstandpunt beschouwd, de minst speculatieve der wetenschappen is. Daarentegen is zij uitermate solied. Vergelijkt men de andere wetenschappen met handels- of industriele ondernemingen, dan is de astronomie de Nederlandsche Bank, wier voornamste doel niet is het uitkeeren van hooge dividenden, doch zonder wier steun toch de anderen niet kunnen leven.“, [deSitter24q, S. 20f].

³Das folgende und das vorherige Zitat stammen aus seiner Rede bei der Wiedereröffnung der renovierten und reorganisierten Sternwarte 1924, [deSitter24q]. Bei diesem Anlass musste er verständlicherweise Werbung für die Astronomie machen, denn die Anwesenden – unter ihnen die Kuratoren der Leidener Universität und der Kultusminister – mussten davon überzeugt werden, dass sie wichtig genug ist, damit der Geldfluss aufrecht erhalten blieb.

Spektrallinien, das sind alles astronomische Entdeckungen, ja sogar, wie Poincaré gezeigt hat, ist es die Astronomie gewesen, die der Menschheit das Bewusstsein geschaffen hat dass es Naturgesetze sind und somit Wissenschaft möglich ist. Dass die Relativitätstheorie zur Bestätigung ihrer Hypothesen durch Beobachtung die Hilfe der Astronomie einfordern musste, ist zu bekannt um dies hier noch weiter betonen zu müssen.¹

An anderer Stelle berief er sich erneut auf Poincaré um ihre Wichtigkeit hervorzuheben, denn die extremste Konsequenz aus dessen Standpunkt sei es, dass die Astronomie gerade durch ihrer Nutzlosigkeit die profitabelste aller Wissenschaften sei, da sie im Dienste der Ideale der Menschheit arbeite:

As Poincaré has so beautifully expressed it: it is not science that is useful because its discoveries make technical progress possible, but technical progress is useful because it enables mankind, by relieving it of material cares, to give more time to science and to art. From this point of view astronomy might be considered to be liable to the blame of egotism, because it profits by the advantages created with the help of other sciences without contributing anything itself. I will not dwell on the very obvious defence that the science of physics, to which certainly most of the technical progress is due, stands in a heavy debt to astronomy. I will rather accept the extreme consequences of Poincaré's point of view and say that even by its utter uselessness astronomy is the most beneficial of all sciences for serving the ideal aims of mankind.²

Wissenschaft und Kunst, die er hier in einem Atemzug nannte, waren für ihn beides Verkörperungen des menschlichen Geistes. Wissenschaft als intellektuelle, Kunst als emotionale Komponente:

Science and art approach the great problems of the understanding of nature each in its own way, but both require, and use, the full attributes of the human mind. Imagination is as indispensable for the physicist or the astronomer as for the poet; logic is as necessary for the architect or the musician as for the mathematician.³

¹Meine Übersetzung von: „Het materiaal, waarmede de natuurwetenschappen werken, is tijd, ruimte en materie. Maar geen wetenschap beschikt over tijden, afstanden of massa's die ook maar in de verste verte vergelijkbaar zijn met die, welke de astronoom hanteert. Zoo komt het dat zij in de meest fundamentele vragen dikwijls het eerste, en bijna altijd het laatste, woord heeft. Om slechts enkele voorbeelden te noemen: den ontdekking der gravitatie, die van de eindige snelheid van het licht, van der aberratie, die van seriën van spectraallijnen, het zijn alle astronomische ontdekkingen, ja zelfs, zooals Poincaré heeft aangetoond, is het de astronomie geweest, die de mensheid het beseft heeft bijgebracht dat er natuurwetten zijn, en dus wetenschap mogelijk is. Dat de relativiteitstheorie voor bevestiging harer hypothesen door waarneming de hulp van der astronomie moest inroepen, is te bekend om er hier nog den nadruk op te leggen.“, [deSitter24q, S. 21].

²[Stratton29, S. 208]

³[deSitter32b, S. 137]. Kommt hier erneut der Einfluss Kapteyns zum Ausdruck oder ist es ein Zufall – eine „Seelenverwandschaft“ – dass auch Kapteyn in ähnlichen Bahnen dachte? Nach der Biografie seiner Tochter war für Kapteyn die „Kunst die Schwester der Wissenschaft“, [Hertzprung-Kapteyn28, S. 106].

Durch vollständiges Lesen sämtlicher Veröffentlichungen de Sitters ließen sich sicher weitere Stellungnahmen zu den oben aufgeführten und auch weiteren Themen finden. Ich hoffe, dass die hier von mir zusammengetragenen Positionen bereits das eingangs gewählte Zitat von Pannekoek unterstreichen oder zumindest partiell belegen konnten.

Über alles beobachten, messen, berechnen und reflektieren ging seine Bewunderung für die Schönheit der dabei betrachteten Natur nicht verloren - im Gegenteil wuchs diese durch das Wissen:

Die Kraft des Wunders des Sternenhimmels ist so groß, dass sie selbst die erfasst, die kein Wissen darüber haben. Doch es ist Einbildung der Nichtwissenden die denken, dass durch das Wissen das Wunder verloren ginge. Es ist meine Überzeugung dass der geistige Genuss, den das Wissen schenkt, selbst nur partielles Wissen über Farbunterschiede, die funkelnden Lichtabstufungen und noch soviel anderes [...], es ist meine Überzeugung dass dieser Genuss von höherer Ordnung ist als die ästhetische und mystische Verzückerung die das Herz des Künstlers schwindelig macht. Schwindel umfängt auch mein Herz wenn ich den Sternenhimmel betrachte [...]¹

Sehr selten brachte er diese Bewunderung in seinen Schriften zum Ausdruck, aber man kann solche Stellen finden:

If you go out in the open on a clear night, the first thing that strikes you is that bright band of light, the most beautiful feature of the sky, stretching from one horizon to the other, known as the Milky Way. [...] The most beautiful example of these irregular or galactic nebulae is the well-known nebula in Orion, which is visible to the naked eye.²

¹Meine Übersetzung von: „De kracht van het wonder van den sterrenhemel is zoo groot, dat zij zelfs hem die er niets van weet aangrijpt. Doch het is inbeelding van den niet wetende als hij denkt dat door het weten het wonder zou verloren gaan. Het is mijn overtuiging dat het geestelijk genot dat het weten schenkt, het zelfs gedeeltelijk begrip van wat die kleurverschillen, die fonkelende lichtgradaties, en nog zooveel anders [...], het is mijn overtuiging dat dit genot van hooger orde is dan de aesthetische en mystieke vervoering die het hart van den kunstenaar duizelig maakt. Duizeling bevangt ook mijn hart als ik den sterrenhemel beschouw [...]“, [deSitter26c, S. 24].

²[deSitter32g, S. 90f]

6. Biografische Ergänzungen

6.1. Seine Lehrtätigkeit

De Sitter, tall, willowy and gentle[...]

([Struik73, S. 12])

Für seine Studenten war de Sitter – zunächst ein unbeschriebenes Blatt, groß gewachsen, mit blauen Augen¹ – anfangs einfach nur körperlich groß:²

Der „lange“ de Sitter (was wussten wir, die 1908 und später als Student ankamen von „groß“, für uns war er nur „lang“), ob auf Schlittschuhen oder zu Fuß, war eines der ersten Symptome von den großen Veränderungen die, wenigstens für Leiden, auf kamen im Studentenleben und im Umgang von Professoren und Studenten.³

Welche Veränderungen sich durch das Antreten seiner Professur ergaben war für sie aber spürbar. Er führte neue Themen und Methoden in der Sternwarte ein, so zum Beispiel die Veranstaltungsform des Seminars, in dem nun die *Teilnehmer* den aktiven Part übernehmen mussten und selbstständig zu arbeiten lernten.⁴ De Sitter genoss dabei den Umgang mit den Jüngeren, den Studenten, der ihn selbst jung erhielt.⁵

Später, nachdem de Sitter sich durch seine Arbeiten einen Ruf erworben und den Direktorenposten inne hatte, waren die Studenten sich eher bewusst oder sie spürten einfach, *wer* ihnen dort gegenüberstand.⁶

Welche Ziele er in seiner Lehrtätigkeit verfolgen wollte, skizzierte er am Ende seiner Antrittsvorlesung, wo er sich an die Studentinnen(!) und Studenten wendete:

¹[Huizinga35b, S. 103]

²Die Größenangabe von „6 feet, 6 inches“ (ca. 1,98m) findet sich in [vandeKamp77, S. 61]. Dies erscheint aber durch Größenvergleiche auf Fotos (z. B. das Foto, das alle Mitarbeiter der Sternwarte von 1931 zeigt, [deSitter33i, S. 33]) nicht ganz nachvollziehbar.

³Meine Übersetzung von: „De „lange“ de Sitter (wat wisten wij, die in 1908 en later als student aankwamen van „groot“, voor ons was hij alleen „lang“) op de schaats of op de fiets was één der eerste symptomen van de groote veranderingen die, althans voor Leiden, op til waren in het studentenleven en in den omgang van professoren en studenten.“, [Hins35, S. 5]

⁴„De Sitter deed gaarne mede om den frisscheren wind te helpen aanblazen, die zoo omstreeks 1911 door de faculteit waaien ging. Na enkele jaren de theoretische colleges der candidaten gegeven te hebben, stelde hij ter afwisseling het z.g. seminarium in, waar professor en student van plaats verwisselden en het de laatste was, die in voordrachten van enkele weken een onderwerp behandelde onder critisch toezicht von den eerste.“, [Hins35, S. 5]. Für eine allgemeine Studie zum universitären Unterricht in den Niederlanden siehe [Baggen98], wo der sich ändernde Charakter des niederländischen universitären Unterrichts anhand der Verschiebung der Lernideale von „Lernen, wie man unabhängig denkt“ über „Lernen, wie man Wissenschaft in die Praxis umsetzt“ nach „Lernen, wie

Die selbstständige Ausübung der Wissenschaft wurde [in Artikel 1 des Hochschulgesetzes] an erster Stelle genannt und dies hoffe ich auch in meinem Unterricht als an erster Stelle stehend anerkennen zu können. Nicht das Mitteilen von Ergebnissen soll ich mir als vornehmste Aufgabe stellen sondern die Weise, in der die Resultate erreicht worden sind wünsche ich in den Vordergrund zu stellen. Ich soll versuchen Ihnen den Geist der Wissenschaft begreiflich zu machen, Sie etwas fühlen lassen von der heiligen Begeisterung, die die großen Männer zu ihren Entdeckungen geführt hat.¹

In diesem Abschnitt hatte er mehr Abstand zu den Studenten gewahrt als 4 Jahre später Ehrenfest, der an entsprechender Stelle in seiner Inauguralvorlesung die persönliche Beziehung zu ihnen bereits angekündigt hatte, so wie er sie dann auch praktizierte hatte.²

Von seinen Vorlesungen³ (siehe Tabelle 6.1) wurde einerseits berichtet, dass sein hoher mathematischer Anspruch den Studenten gelegentlich zu schaffen machte⁴, andererseits wurde auch von „einfachen“ Kursen gesprochen, wie zum Beispiel in der Beschreibung seiner Vorlesungen Anfang der 1930er Jahre durch A. Blaauw:

DE VORKIN: [...] Did you have astronomy courses at that point?

BLAAUW: Yes. And in fact in the first year I had an astronomy course from de Sitter himself. He gave the elementary astronomy at Leiden, which is a good thing to remember, because nowadays so many professors that are in research leave the elementary course to other people. But de Sitter gave it himself. He took some pleasure in doing this. It was a very simple course, but it was inspiring. DeSitter

man forscht“ dokumentiert wird.

⁵[Hins35, S. 5], [deSitter Suermondt40, S. 32]

⁶“Well, W. de Sitter, of course, was [in the 1930s] a very senior astronomer, and we were much impressed with his personality I still remember. But, of course, he was the director of the observatory, and we knew of his important work on the Jupiter satellites.”, [Wesselink77, S. 26]. “He was a tall fellow, yes. But mostly he looked almost fragile, or fragile. maybe that’s the word. So that he died early did not come as a surprise to us. But anyway it was a shock, because of course deSitter was a very respected man, and an impressive man, very respected. Of course he had been the central man, I remember, at the IAU assembly in Leiden in 1928. And really, he was a distinguished fellow in the international astronomical community. And we sensed that as students also. Of course you don’t always appreciate it, but you do sense these things.”, [Blaauw79, S. 19].

¹Dies ist nur ein Teil des Abschnittes der sich an die Studierenden wendete und meine Übersetzung von: „De zelfstandige beoefening der wetenschap wordt in de eerste plaats genoemd, en daaraan hoop ik ook in mijn onderwijs de eerste plaats toe te kennen. Niet het mededeelen van resultaten zal ik mij tot voornaamste taak stellen, maar de wijze waarop die resultaten bereikt zijn wensch ik op den voorgrond te plaatsen. Ik zal pogen U den geest der wetenschap to doen begrijpen, U iets te doen voelen van de heilige bezieling, die de groote mannen tot hunne ontdekkingen heeft geleid.“, [deSitter08a, S. 28f].

²Zu Ehrenfests Beziehung zu seinen Studenten in deren Leben er sich teilweise sehr stark einmischte siehe [Klein89] bzw. [Klein85, S. 209ff].

³Die Titel der Vorlesungen gehalten an der gesamten Leidener Universität wurde im *Jaarboek der Rijks-Universiteit te Leiden* nach Ablauf des jeweiligen Jahres veröffentlicht (ab 1916: *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden*).

⁴Aus dem „Studenten Almanak“ von 1910, zitiert nach [vanHerk83, S. 59]: “Met een college van candidaten, over de mechanica der hemellichamen, moest Z.H.G. op verzoek eindigen, omdat Z.H.G. te veel mathematische kennis van zijn toehoorders onderstelde ...”

was the sort of person who would slowly walk up to the classroom. He had a beard, and he would sort of tell a nice story to these young kids – that’s the way he gave his astronomy. The volume of what you would learn was not much, but the way in which it was done was encouraging and aroused an interest in the field.

DE VORKIN: Was the content similar to his book, the popular book called KOSMOS?

BLAAUW: No, it was much more elementary in astronomy. It was spherical astronomy, and he did a little bit about the Hertzsprung-Russel diagram, and he would tell us about the structure of the Milky Way system and a very little bit about extra-galactic nebulae, a bit about planetary systems, or Keplerian orbits and things like that. There would be some mathematics in it. Certainly he would not avoid mathematics. But it was done on a leisurely basis, that way.¹

Die Aussage von Blaauw “it was inspiring” scheint demnach zu bestätigen, dass de Sitter sich an seine Vorgaben von 1908 gehalten hat und weniger Wert auf Konkretes als auf Konzeptionelles gelegt hat. Ebenfalls aus der Anfangszeit der 1930er Jahre stammt folgender Eindruck von A. Wesselink:

I must say almost none of us knew in detail what he was doing in that field [Jupiter satellites]. De Sitter lectured on that once in a while, – but I can’t remember much of it.[...] His cosmological work was, of course, also in those days, and he talked about the expanding universe and the recession of the nebulae. He didn’t really lecture much about expanding universe from a theoretical point of view. Of course, he also contributed to that quite a bit. But he thought it was above the understanding of the students.²

Was die Auswahl der Studenten anging hatte de Sitter anscheinend das letzte Wort. A. Blaauw berichtete, dass 1932 für ihn von van der Bilt eine Art Vorstellungsgespräch arrangiert wurde, bei dem de Sitter entschied, dass Blaauw in Leiden studieren könne.³

¹[Blaauw79, S. 13f]. Dieses Interview stammt neben weiteren in dieser Arbeit verwendeten Interviews aus dem Programm “Sources for History of Modern Astrophysics” (SHMA) des American Institute of Physics (AIP, <http://www.aip.org>), Center for History of Physics. Bei diesem sowie den weiteren Zitaten aus diesen Interviews sollte betont werden, dass es sich um sehr subjektive Sichtweisen handeln kann, die nicht notwendigerweise „Fakten“ widerspiegeln. Dennoch gibt es auch ein „belebendes Element“: “Memories are sculptured by subsequent events, buffeted by denial and repression, hammered into self-reflective and self-justifying narratives. [...] Memory is not history, but it is certainly not the *opposite* of history. [...] Historical inquiry tests memory, but it is memory that simultaneously keeps history meaningful and vital.” ([Doel03, S. 350]). Eine kurze Übersicht über das Programm SHMA und zu den Hintergründen und Zielen findet sich in [DeVorkin81], eine allgemeine Übersicht über “Oral history” (Projekte, Sinn und Nutzen, Ziele) bietet der eben zitierte Artikel [Doel03].

²[Wesselink77, S. 26]

³“So he [c.v. Bilt] arranged a visit for me, and I still remember that. I travelled to Leiden and I paid my respects and I visited de Sitter, who was a somewhat elderly man with sort of a fatherly attitude. De Sitter was a very nice person. It was 1932. And de Sitter said to me „OK, I think you ought to study here at Leiden.“ Well, that was decided then.”, [Blaauw79, S. 12]

Als „Schüler“ de Sitters im Sinne von Doktoranden konnte ich schließlich wenigstens sechs Personen ermitteln¹, obwohl in den Quellen meist nur zwei Namen genannt werden: D. Brouwer² und J. Woltjer^{3,4}. Die Auflistung der Doktoranden findet sich in Tabelle 6.2.

Nicht alle Studenten hatten das Gefühl, von de Sitter etwas gelernt zu haben. Bart Bok sagte in seinem SHMA Interview:

[D]e Sitter was always friendly to me. I liked the man. But I can't say I learned anything from de Sitter. The people from whom I learned were Woltjier for the beginning, solid astronomy; Oort; Ehrenfest, and de Haas. They were the four who sort of helped mold me.⁵

Zur Beantwortung der Frage, ob und wie de Sitter versuchte auf seine Studenten Einfluss zu nehmen konnte ich bislang noch kein passendes Quellenmaterial finden. Meine Vermutung wäre, dass er hier ähnlich wie bei seinen Mitarbeitern (siehe Abschnitt 6.2) bemüht war, sie das machen zu lassen, wo ihr Interesse lag. Gesetzt dies stimmte, dann hätte er dieselbe Linie wie Lorentz verfolgt⁶, ganz im Gegensatz zu Ehrenfest, der sich extrem sogar in die Privatangelegenheiten seiner Studenten eingemischt hatte.⁷

Dem eben zitierten Bok hatte de Sitter 1929 jedenfalls durch seine Fürsprache ein „Agassiz fellowship“ der Harvard University verschafft, und er war nicht der Einzige gewesen, für den de Sitter sich um Förderung bzw. Gelder bemüht hatte. Mit seiner Hilfe konnte z. B. D. Brouwer durch Unterstützung des „International Education Board“ in die Vereinigten Staaten gehen.⁸

Still, de Sitter was the most important of the Dutch astronomers as far as raising money for young astronomers was concerned.⁹ [...] So the passing away of de Sitter, a great diplomat and an outstanding astronomer, also seriously hampered the chances of Dutch astronomers of obtaining a position abroad.¹⁰

Damit hatte de Sitter gewiss auch einen Anteil am „Entstehen“ der Anekdote gehabt, bei der Harlow Shapley auf die Aussage „er komme aus Leiden“ eines jungen, bei einem Kongress neben ihm sitzenden Astronomen gesagt haben soll: „Oh, that's the place where they grow tulips and astronomers for export“¹¹

¹dank der Webseite http://www.strw.leidenuniv.nl/nova/PhD_20thC.html

²[Blaauw85],[Tenn94, S. 28]

³[Blaauw85], [Blaauw79, S. 14], [Bok78, S. 10]

⁴[Baneke02, S. 44] bemerkt, dies wären die einzigen wirklichen Studenten von de Sitter gewesen.

⁵[Bok78, S. 18]

⁶[McCormmach80, S. 488f]. Fokker sagte dazu in einem Interview für das AIP: „But he [Lorentz] didn't make an appeal on your soul, so to speak, you see; he just left you to your own intentions and to your own desires. And that's not the way to make a school; if you are making a school, you must shake people, you see.“, [Fokker63, S. 3].

⁷[Klein85, S. 210], siehe ebenfalls [Fokker63, S. 3]

⁸Siehe [vanBerkel00a, S. 163f]. Diese Arbeit befasst sich mit dem „Export“ Holländischer Astronomen in die U.S.A.

⁹[vanBerkel00a, S. 164]

¹⁰[vanBerkel00a, S. 166]

¹¹Zitiert nach [vanHerk83, S. 85], wo leider keine Quelle angegeben wird.

	„Elementare Astronomie“ ^a	„Hauptkapitel der Astronomie“ ^b	„Theorie der Planetenbe- wegungen“	„Lehre, die gewöhnlich von den kleinsten Quadraten genannt wird“
1907-08 ^c				
1908-09	X	X	X	X
1909-10	X	X	X	X
1910-11	X	X	X	X
1911-12	X	X	X	X
1912-13	X	X	X	X
1913-14	X	X	X	X
1914-15	X	X	X	X
1916	X	X	X	X
1917	X	X	X	X
1918	X	X	X	X
1919	X	X	X	X
1920	X	X	X	X
1921		X		
1922		X		
1923		X		
1924		X		
1925		X		
1926		X		
1927	X	X		
1928	X	X		
1929	X	X		
1930	X	X		
1931	X	X		
1932	X	X		
1933	X	X		
1934	X	X		

Tabelle 6.1. – Vorlesungen de Sitters (entnommen aus dem *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden* für den jeweils angegebenen Zeitraum)

^aIm *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden*, dem diese Vorlesungen entnommen wurden, ist die gesamte Auflistung der Vorlesungen in Latein gehalten. Vielen Dank an Volker Remmert, der mir die Vorlesungstitel übersetzt hat. Die hier wiedergegebenen Titel sind keine wortgenaue Übersetzung sondern eine sinngemäße Kategorisierung.

^bUnter diesem Titel wurden mehrere ähnliche Vorlesungen subsummiert, die sich nur unwesentlich im Titel unterschieden haben.

^cIm Anfangsjahr von de Sitter heißt es nur ganz allgemein “Astronomieunterricht von W. de Sitter”.

Person	Datum	Titel
J. Woltjer Jr	12.07.1918	<i>Investigations in the theory of Hyperion</i> [Woltjer18]
A.J. Leckie	17.01.1919	<i>Analytical and numerical theory of the motions of the orbital planes of Jupiter's satellites</i>
P. Kremer	13.07.1923	<i>Discussie van Micrometerwaarnemingen van de satellieten van Jupiter, gedaan te Washington in de jaren 1903-1906</i>
W.H. v.d. Bos	07.07.1925	<i>Micrometingen van dubbelsterren</i> [vandenBos25]
C.H. Hins	15.12.1925	<i>Inleiding tot een catalogus van plaatsen en eigenbewegingen van 1533 Roode sterren</i>
D. Brouwer	12.04.1927	<i>Discussie van de waarnemingen van Satellieten I, II en III van Jupiter, gedaan te Johannesburg door Dr. R.T.A. Innes in de jaren 1908-1925</i> [Brouwer27]

Tabelle 6.2. – Doktoranden de Sitters

6.2. Administratives: De Sitter als Direktor



Abbildung 6.1. – De Sitter in seinem Büro in der Sternwarte(?), undatiert (Quelle: Friedrich Aurig)

Nach dem Tod des Direktors der Sternwarte, Ernst Frederik van de Sande Bakhuyzen am 3. März 1918¹ wurde diese Position de Sitter angeboten², der sie trotz krankheitsbedingter Bedenken 1918 zunächst vorübergehend, am 30. April 1919 dann offiziell übernahm und bis zu seinem Tode inne hatte.³

Seinem Amt des Direktors der Sternwarte widmete de Sitter viel Aufmerksamkeit. Diese Aufgabe war für ihn ebenso wichtig wie seine wissenschaftliche Tätigkeit⁴, auch bei ihm scheint ein Identifikationsprozess stattgefunden zu haben, der ihn eng mit „seiner“ Sternwarte verband.⁵ Dennoch gab er seinen Mitarbeitern das Gefühl, dass es nicht „seine“ sondern dass es „unsere“ – die Sternwarte aller Mitarbeiter – war.⁶

Sein Führungsstil war nicht durch Strenge oder Vorgaben geprägt sondern durch das Gefühl von Freiheit (das er selbst in seiner Assistentenzeit bei Kapteyn erfahren hatte, siehe Abschnitt 1.2), welches er seinen Mitarbeitern dadurch

¹[deSitter00, S. 82]

²Es war nicht einfach gewesen, einen neuen Direktor zu finden, da hier persönliche, fachliche und politische Interessen miteinander verbunden werden mussten. So wurde etwa der zunächst als Anwärter gehandelte Pannekoek wieder verworfen aufgrund seiner kommunistischen Haltung. Eine sehr detaillierte Darstellung der Umstände durch Tagebucheinträge de Sitters und Briefe zwischen ihm und Kapteyn findet sich im Abschnitt “Kapteyn and the reorganisation of Leiden Observatory” in [deSitter00, S. 82-96].

³[Pannekoek35, S. 10], [deSitter21c, S. 5]. Von 1908 an waren die Professur für Astronomie und das Direktorat personell getrennt gewesen; der bisherige Direktor E.F. van de Sande Bakhuyzen war kein voller Professor sondern lediglich Extraordinarius. Nach de Sitters Tod wurde zunächst angestrebt, diese Ämter wieder zu trennen, was aber letztendlich nicht umgesetzt wurde, siehe [Katgert-Merkelijn]. Der Vollständigkeit halber sei noch hinzugefügt, dass Hertzprung ihm auf den Direktorenposten folgte. Zur Nachfolge de Sitters und der einhergehenden Querelen siehe [Katgert-Merkelijn].

⁴[Oort35, S. 26], [deSitter Suermondt40, S. 37]

⁵Diese Identifikation wurde als Charakteristikum der Leidener Astronomen beschrieben: “Een opvallende karakteristiek van veel Leidse astronomen is hun identificatie met de Sterrewacht.” [vanHerck83, S. 7] Dies kam unter anderem auch in [deSitter Suermondt40, S. 37, 40] zum Ausdruck.

⁶[Hins35, S. 9]. In seiner Rede zur (Wieder-)Einweihung des Observatoriums 1924 bedankte er sich bei allen Mitarbeitern für ihr Engagement bei der gemeinsamen Reorganisation, [deSitter24q, S. 18f].

gab, dass er sie motivierte das zu tun, was sie gerne taten und was ihnen am Besten lag:¹

[H]e was an extremely liberal man and he rightly thought that the best science can be got out of people by letting them be entirely free in the choices of their work. He was an ideal director to work under. Although the first years he asked me to clear up some of the old material that was still laying around unpublished on positional astronomy which I surely did but wasn't really deeply interested in.²

Das bedeutete natürlich auch, dass er seine eigenen astronomischen Interessen dadurch kaum durch seine Mitarbeiter ausführen lassen konnte. Diesbezüglich forderte er von ihnen wenig, was ihn in seiner eigenen Produktivität aber scheinbar nicht bremste.³ Das dieser Führungsstil aber auch als Schwäche des Direktors ausgelegt werden konnte, sieht man in folgender Aussage von Bart Bok (dazu auch die Anmerkungen beachten):

DeVorkin: During the twenties de Sitter was doing celestial mechanics. Why didn't Osterhoff work with him? Bok: Well, he was going to. But then Hertzprung got his tentacles in, and before he knew he was doing nothing except variable stars. DeVorkin: But de Sitter was the director? Bok: Yes, but de Sitter was not a very strong director. For example, I never heard de Sitter give a colloquium on the de Sitter universe.⁴ Ehrenfest and de Sitter talked very little to each other. Never science.⁵ They were reasonable good friends.⁶

Willem de Sitter wurde als jemand sehr warmherziges und hilfsbereites beschrieben, dessen eigene Interessen hinten an standen und der um anderen bei ihren Problemen zu helfen seine eigene Arbeit unterbrach.⁷ Ebenso war er ein bescheidener Mensch, der sich für die *Sache* engagierte und nicht für persönliche Vorteile oder sein Ansehen.⁸ Dabei konnte er autoritär sein und einen eisernen Willen an den Tag legen.⁹ Vermutlich war es das, was Pannekoek meinte mit: „Er war ein Papst, der gern sein Meister-sein in den Vordergrund brachte und fühlte.“¹⁰ Zwischen seinem Stellvertreter Hertzprung und

¹[Oort35, S. 26], [deSitter Suermondt40, S. 40], [Schlesinger36, S. 548], [M.H.34, S. 736]

²[Oort77, S. 15f]

³[Hins35, S. 9]

⁴Wenn man diese Aussage mit der von A. Wesselink vergleicht ([Wesselink77, S. 26], siehe 6.1) dann stimmen beide darüber überein, dass de Sitter mit diesen Themen keine Veranstaltungen angeboten hat (was man letztlich aber noch überprüfen müsste). Wenn, wie Wesselink sagte, de Sitter die Thematik als zu schwierig für die Studenten angesehen habe, dann könnte man als „Bevormundung“ deuten, meines Erachtens jedoch nicht als Anzeichen für Führungsschwäche.

⁵Diese Aussage trifft allerdings sicher nicht in der Zeit zu, in der de Sitter sich intensiv mit Einsteins Allgemeiner Relativitätstheorie auseinandergesetzt hatte, vgl. [deSitter Suermondt40, S. 33] und Abschnitt 3.1.

⁶[Bok78, S. 19]

⁷[Oort35, S. 26f], [M.H.34, S. 736], [Hins35, S. 9,13]

⁸[Schouten50, S. 263], [M.H.34, S. 736]

⁹[Baneke02, S. 44]

¹⁰Meine Übersetzung von: „Hij was een paus, die graag zijn meester-zijn nar voren bracht en deed voelen.“, [Pannekoek82, S. 247]. Pannekoek erwähnte dies im Zusammenhang damit, dass er im Nachhinein glücklich war, nicht als stellvertretender Direktor in Leiden angestellt worden zu sein. Er vermutete, es wäre auf Dauer zu Konflikten zwischen ihm und de Sitter gekommen.

ihm selbst kam es immer wieder zu Spannungen, was vermutlich darauf zurückzuführen war, dass beide als Wissenschaftler einen guten internationalen Ruf hatten, einen starken Willen besaßen und in ihrer Vorstellung von Wissenschaft differierten. Wie Baneke schreibt waren sie „zwei Kapitäne auf einem Schiff“.¹

Bei seiner Leitungstätigkeit zeigte er ein ausgesprochenes Organisationstalent², welches Pannekoek wie folgt auf den Punkt brachte³:

- Überblicken der Bedürfnisse der Wissenschaft,
- das Aufbringen der nötigen Mittel und
- das Auswählen der besten Personen.

Dass er diese Fähigkeiten bereits in die Wiege gelegt bekommen hatte wurde von seinem Enkel vermutet:

Willem de Sitter came from a family in which the sons traditionally studied law and pursued careers as magistrates, notaries and judges. [...] Perhaps his upbringing in those circles trained De Sitter to write letters and reports in the correct wording, to win people over to his point of view and steered him to feel at home with magistrates; Ministers, Referendaries, Mayors and Curatoren.⁴

Speziell das Aufbringen der Gelder schien für de Sitter einen größeren Teil seiner administrativen Arbeiten auszumachen. Dabei musste er nicht nur bei der Regierung sondern auch bei Stiftungen und Privatpersonen um Gelder bitten, wenn das Budget der Regierung nicht ausreichend war.⁵

¹„twee kapiteins op één schip“, [Baneke02, S. 46]

²Seine organisatorischen Fähigkeiten wurden von vielen gelobt, siehe z. B. [vanMaanen35, S. 79], [Schlesinger36, S. 548] oder [M.H.34, S. 734].

³[Pannekoek35, S. 10]

⁴[deSitter98, S. 37]

⁵Nach R. de Sitter [deSitter98, S. 3] liegt in dem Nachlass der geschätzte Anteil an Korrespondenz, welche sich mit Dingen finanzieller Art beschäftigt, bei etwa 25%. Eine genauere Untersuchung zur Finanzierung der Sternwarte wäre sicherlich interessant (auch in [deSitter98, S. 58] vorgeschlagen).



Abbildung 6.2. – De Sitter, 1933 od. 1934
(Quelle: Willem Jan de Sitter)

Was unter seiner Führung in der Sternwarte geschah, welche Neuerungen eingeführt, welche Programme verfolgt wurden, für all' diese Fragen kann man den durch de Sitter verfassten "Report of the director" heranziehen, den er seit seiner Gründung der Zeitschrift *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands (B.A.N.)* im Jahre 1921 (siehe 6.2.2) einmal jährlich darin veröffentlichte.¹ Diese Reports sind eine sehr gute Quelle, da dort viele interessante und teilweise sehr detaillierte Informationen gegeben werden: Besucher der Sternwarte, Auslandsaufenthalte von Angehörigen der Stern-

warte, Zustand der Instrumente, laufende Untersuchungen, Personal, Veröffentlichungen etc.²

Während seiner Zeit als Direktor war de Sitter auch für ein Jahr „Rector Magnificus“ der Universität (1925/26), was ihn zeitlich sehr in Anspruch nahm und kaum Zeit für Astronomie übrig ließ.³ In dieser Funktion hielt er seine Rede „De eenheid der wetenschap“⁴ und sprach zum 50 jährigen Doktorat von Lorentz, was er als großes Vorrecht betrachtete.⁵

Trotz seiner administrativen Aufgaben, die ihm teilweise kaum Zeit für seine eigenen wissenschaftlichen Arbeiten übrig ließen⁶, trotz seiner bereits erwähnten, durch seinen Führungsstil bedingten schwachen Inanspruchnahme seiner Mitarbeiter für eigene Projekte und scheinbar unbeeinflusst durch seinen Gesundheitszustand gelang es de Sitter, weiter regelmäßig Publikationen erscheinen zu lassen.⁷

6.2.1. Die Reorganisation der Sternwarte

Als am 03.03.1918 überraschend der bisherige Direktor, E.F. van de Sande Bakhuyzen verstorben war, wurde de Sitter von dessen Bruder und de Sitters Vorgänger H.G. ge-

¹Angefangen in [deSitter21c], wo rückwirkend mit dem Jahr 1919 begonnen wurde.

²Für den Report von 1926 [deSitter27i] lauteten die einzelnen Bereiche: 1. General, 2. Instruments, 3. Observations and reductions (darunter fällt das Astrometric Department), 4. Astrophysical Department, 5. Observations at Johannesburg, 6. Theoretical Department, 7. Staff, 8. Publications

³“I am busy with my function of 'Rector magnificus' and can do ? astronomy only now and then.” De Sitter an Schlesinger, 04.10.1925, YUL

⁴„Die Einheit der Wissenschaft“, [deSitter26c]

⁵[deSitter Suermondt40, S. 44], [deSitter26g], [Hins35, S. 14]

⁶de Sitter an Innes, 10.2.1922, CSIR: “I am terribly busy and have far too little time for my own scientific work.”

⁷Dazu reicht bereits ein Blick in seine Veröffentlichungsliste, siehe auch [Jones35, S. 345], Abschnitt 6.3.2.

fragt, ob er nicht vorübergehend den Direktorenposten übernehmen wolle.¹ De Sitter, der zunächst Bedenken aufgrund seines Gesundheitszustandes hatte (seine Frau hatte unverzüglich Kapteyn um Rat gebeten), sprach zwei Tage später mit dem “President-Curator” de Gijsselaar darüber und teilte ihm mit, dass wenn von den Kuratoren gefragt, er das Amt vorübergehend übernehmen würde.² In diesem ersten Gespräch hatte de Sitter bereits die Notwendigkeit einer grundlegenden Neuorganisation angesprochen³ und wie es scheint, waren (oder wurden) die Kuratoren überzeugt davon, dass dies nötig wäre.⁴ De Sitter hatte aber auch Bedingungen an sein Antreten als Direktor geknüpft, u.a. dass überhaupt eine Reorganisation erfolgen und dass die Wohnung des Direktors „verbessert“ würde (s.u.).⁵ Während den Verhandlungen mit den Kuratoren und auch in der speziell gegründeten Arbeitsgruppe (Lorentz, Onnes, Kuenen, de Sitter)⁶ über diese Frage⁷ und weitere Fragen (Kandidaten für die Nachfolge des Direktors, Beibehaltung der Trennung des Direktorates von der ordentlichen Professur, etc.)⁸ hatte de Sitter stets in Kontakt zu Kapteyn gestanden, dessen Rat er begrüßte und annahm. Bei diesen Verhandlungen schien es von Vorteil gewesen zu sein, dass in de Sitters Adern noch das bereits erwähnte Regenten- und Juristenblut seiner Vorfahren floss.⁹

Nachdem schließlich 1919 die Situation klar war – de Sitter war im April offiziell als Direktor ernannt worden¹⁰, konnte die geplante¹¹ Umstrukturierung, Neuorganisation und Modernisierung des Observatoriums im August angegangen werden.¹² Die Sternwarte wurde in drei Abteilungen aufgegliedert: Eine astrometrische (fundamental astronomy), eine astrophysikalische und eine theoretische Abteilung.¹³ Für die Astrophysikalische Abteilung konnte de Sitter Ejnar Hertzsprung gewinnen, der seinen Posten als Adunktdirektor am 10. September 1919 antrat und am 1. Juli 1920 zum Extraordinarius gemacht wurde.¹⁴ Hertzsprung hatte wie de Sitter an den Direktorenposten auch eine Liste mit

¹Die Geschehnisse sind sehr genau nachvollziehbar, weil de Sitter zu diesen Ereignissen eine Zusammenfassung geschrieben hatte, welche in [deSitter00] in englischer Übersetzung abgedruckt wurde. Siehe auch dazu [Baneke04].

²[deSitter00, S. 85]

³Der Anstoß dazu ging also von de Sitter aus und nicht wie z. B. in [Jones35, S. 344] berichtet von der Regierung. In [Baneke02, S. 10] wird ein Report de Sitters über den Zustand der Sternwarte von 1918 erwähnt, in dem de Sitter den verfallenen Zustand der Institution beschrieben hatte.

⁴[deSitter00, S. 87].

⁵[Baneke02, S. 32]

⁶[deSitter00, S. 87].

⁷Am 22.3.1918 notierte de Sitter, dass die Notwendigkeit einer Neuorganisation nun als Tatsache akzeptiert sei, siehe [deSitter00, S.89].

⁸Welche Kandidaten ins Spiel gebracht wurden, wie die Aufteilung der Ämter angedacht war, dazu siehe [deSitter00].

⁹[Hins35, S. 9]

¹⁰[Baneke02, S. 30]

¹¹In einem Entwurf des „Rijksgebouwkundige voor de gebouwen van Onderwijs“ vom 15.01.1919 wurden die geplanten baulichen Maßnahmen, der Zeitplan sowie die voraussichtlichen Kosten (f 300.000) aufgelistet, siehe Box 46b, LEID.

¹²[Baneke04, S. 11]

¹³Zu den Neuerungen in diesen Abteilungen siehe [Baneke02, S. 34ff]. Die „heimliche“ vierte Abteilung war die Instrumentenmacher-Werkstatt unter H. Zunderman, S. 36.

¹⁴[deSitter21c, S. 5]. Eine kurze Beschreibung des Tätigkeitsfeldes der Astrophysik findet sich in

Forderungen an seine Anstellung geknüpft, u.a. dass man ihm die Möglichkeit geben solle, Beobachtungen auf der Südhalbkugel zu tätigen (siehe dazu auch Abschnitt 6.2.3). Dies konnte de Sitter ihm zu diesem Zeitpunkt nicht garantieren aber er versprach, sein Bestes zu tun, was ihm schließlich 1923 durch die Vereinbarung mit dem Union Observatory gelang.¹

Für die astrometrische Abteilung war eigentlich zunächst Anton Pannekoek als Adjunktdirektor geplant, aufgrund dessen politischer Ausrichtung (Sozialist) konnte de Sitter ihn allerdings nicht durchsetzen.² Nach langen Verhandlungen lief es schließlich darauf hinaus, dass Kapteyn, de Sitters früherer Mentor und Berater nach dessen Emeritierung in Groningen bereit war, als stellvertretender Adjunktdirektor übergangsweise in Leiden tätig zu sein.³ Er trat diesen Posten am 01.11.1920 an.⁴ Als Adjunktdirektoren leiteten Hertzprung und Kapteyn die Abteilungen Astrophysik resp. Astrometrie, de Sitter als Direktor die theoretische Abteilung.⁵

De Sitter musste einen größeren Teil der Reorganisation aus der Ferne durchführen⁶, da er sich lange Zeit in Arosa zur Kur aufhalten musste, was ihm nicht leicht fiel:

Es ist für mich eine schwierige Sache hier so lange tatenlos sitzen zu müssen derweil es in Leiden so viel Arbeit gibt die dringend getan werden muss und es soll mir eine große Freude sein wenn Kapteyn erst berufen ist und ich die die Überzeugung haben kann dass wenigsten ein wichtiger Teil der Aufgabe, für die ich verantwortlich bin, gut vollbracht wurde.⁷

[deSitter24q, S. 11f]. Oort: “However, the director, de Sitter, was a very active and enterprising man. The first great step was that he got Hertzprung to join the Leiden Observatory. This meant clearly that he wanted to develop the Observatory into new channels. You see up to that time the Leiden Observatory had been concentrating entirely on positional astronomy, meridian circle work and some proper motion work. But no astrophysics or anything that looked like that. No structure of the galaxy, no dynamics of the galaxy.”, [Oort77, S. 15f].

¹[Baneke02, S. 32]

²In [Baneke04] und [Baneke02] werden die Vorgänge um die Abweisung Pannekoeks detailliert geschildert. Siehe dazu auch de Sitter an Innes, 03.09.1919, CSIR, wo es u.a. heißt: “I have fought for him as long as I could, but at last I had to submit.” Siehe auch [Pannekoek82, S. 243ff]. Auch die Tagespresse berichtete darüber, dass Pannekoek zwar vorgesehen, seine Ernennung aber ausgeschlossen war, siehe [N.N.19a].

³Über dessen mögliche Nachfolger als Adjunktdirektor hatte de Sitter am 27.07.1920 an Lorentz geschrieben.

⁴Kapteyn bekam formal eine 1/6 Stelle (ein Tag pro Woche). Siehe [deSitter00, S. 95] und [deSitter24e, S. 183]. Nach [Hertzprung-Kapteyn28, S. 157] war es eine Idee von Kapteyns Tochter und Ehefrau Hertzsprungs, Henrietta Hertzprung-Kapteyn gewesen, dass Kapteyn doch in Leiden aushelfen könne, was er in einem Brief an Hertzprung vom 18.04.1920 (auszugsweise in [Hertzprung-Kapteyn28, S. 157] zitiert) annahm. Sie gab auch an (S. 158), dass Kapteyn alle zwei Monate eine Woche in Leiden verbracht hatte um sein Soll zu erfüllen. Siehe dazu auch de Sitter an die Kuratoren der Leidener Universität, 06.07.1920, wo die Aufgaben etc. geschildert werden.

⁵Nach dem Tod von Kapteyn im Jahr 1922 wurde die Position eines zweiten Adjunkt-Direktors nicht neu besetzt und 1924 definitiv entschieden, dies auch nie mehr zu tun, siehe [Baneke02, S. 30].

⁶Auf diese besondere Leistung wurde in [vanderBilt34, S. 403] hingewiesen. Zur Gesundheit siehe Abschnitt 6.3.2.

⁷Meine Übersetzung von: „Het is voor mij een moeilijk ding hier zoo lang werkeloos te moeten zitten

Er kommunizierte häufig mittels Briefen mit Kapteyn und Hertzsprung, aber auch mit Lorentz, dessen Hilfe er gelegentlich in Anspruch nahm.¹ Dabei gab es Spannungen zwischen ihm und Hertzsprung, der die Leitungsaufgaben vom 06.10.1919 bis 02.04.1921 übernehmen musste², weil de Sitter ihn nicht ermächtigt hatte, auch die finanziellen Angelegenheiten der Sternwarte in seiner Abwesenheit zu regeln.³

Das „alte Observatorium“⁴, welches bislang hauptsächlich auf dem Gebiet der „fundamental astronomy“ tätig⁵ gewesen war und über eine magere personelle sowie sonstige Ausstattung verfügte⁶, wurde modernisiert und neuen Aufgaben zugeführt.⁷

Neben der Umorganisation der Strukturen wurden auch bauliche Maßnahmen eingeleitet. So wurde das Hauptgebäude umgebaut und teilweise aufgestockt, um mehr Büroräume, eine vergrößerte Bibliothek mit Lesesaal, eine neue Werkstatt und Lagermöglichkeiten für alte Aufzeichnungen zu schaffen.⁸ Es wurden weiterhin einige Kuppeln erneuert bzw. hinzugefügt (für ein neues Instrument der astrophysikalischen Abteilung) und neue Räume (Büros, Dunkelkammern, Messräume) für die astrophysikalische Abtei-

terwijl er in Leiden zoo veel werk is dat zoo noodig gedaan moet worden, en het zal mij een groote genoot(?) stelling(?) zijn(?) als(?) eens Kapteyn benoemd is, en ik de overtuiging kan hebben dat ten minste een belangrijk deel van de taak, waarvan ik verantwoordelijk ben, goed volbracht wordt.“, de Sitter an Lorentz, 19.09.1920.

¹[deSitter00, S. 82]

²[deSitter21c, S. 11]. Als Hertzsprung 1920 in Dänemark war übernahm Zwiers zwischenzeitlich die Leitung, [Baneke02, S. 33].

³[Baneke02, S. 33]

⁴Zur Geschichte siehe [deSitter33i] und [vanHerk83]. Dort wird detailliert geschildert, wie die Sternwarte wann von wem geführt wurde, welche Schwerpunkte es gab, welche Instrumente vorhanden waren etc. Siehe auch [Pannekoek82, S. 235-6], wo der Stillstand beschrieben wird: „Dann fühlte ich stets eine Katakombenluft um mich von tödlicher Erstarrung und Langeweile.“ (meine Übersetzung von: „Dan voelde ik steeds als een Katakombenluft om me van doodse verstarring en verveling“, S. 237).

⁵In [Stroobant07, S. 124], einem Verzeichnis von Sternwarten und ihren Tätigkeitsfeldern, hieß es: „Traveaus astronomiques. - Observation du Soleil et d'étoiles fondamentales. Détermination photographiques de parallaxes stellaires. Détermination de la variation des latitudes.“

⁶1908 gab es nach [deSitter33i, S. 39] drei „observers“, einen „assistant for the computations“, 5 Vollzeit und 3 „computers“ mit einer halben Stelle und drei „mechanics or instrumentmakers“. Eine Übersicht über das Personal der Sternwarte findet sich in [deSitter33i, S. 43-46]. Dort kann auch das Anwachsen des Personals bis 1933 verfolgt werden.

⁷[Katgert-Merkelijn], [deSitter24c, S. 226]. Nach [deSitter24c, S. 226] war das Observatorium im letzten Viertel des 19. Jahrhunderts auf einem der vordersten Plätze der Institutionen zu finden, die „fundamental astronomy“ betrieben. Eine grobe Übersicht zu den Erfolgen findet sich in [deSitter33i, S. 38]. 1931 wurden als Tätigkeitsfelder in [Stroobant31] aufgeführt: „Observations méridiennes et extra-méridiennes des étoiles fixes et des corps du système solaire; photométrie photographique; observations visuelles et photographiques d'étoiles doubles; observations des satellites de Jupiter et de Saturne et recherches sur le système de ces satellites; étude de problèmes de l'astronomie générale et statistique.“

⁸[deSitter21c, S. 5], [deSitter33i, S. 42]. Weitere Details zur Erweiterung und zur Nutzung der Räume siehe [deSitter24q, S. 13]. Siehe ebenfalls [Baneke02, S. 37-41], wo auch Kosten der Baumaßnahmen genannt werden.

lung errichtet¹, vgl. Abbildung 6.3.² Schließlich wurden auch Wohnungen renoviert und geschaffen, für den Direktor, den stellvertretenden Direktor sowie Assistenten.³

Neue Stromleitungen wurden verlegt, diese an das Stromnetz der Stadt angeschlossen und eine Zentralheizung eingebaut.⁴ Neben diesen Arbeiten am Observatorium selbst wurden auch noch einige Wohnhäuser für verschiedene Mitarbeiter (u.a. für de Sitter selbst⁵) renoviert oder sogar neu errichtet.⁶ Bei der Erweiterung kämpfte de Sitter mit zwei Problemen: Mangelnde finanzielle Voraussetzungen für ein neues, großes Instrument⁷ und die schlechten Wetterbedingungen in Leiden.⁸ Diese würde er zufriedenstellend erst Anfang der 1930er Jahre lösen (s.u.).



Abbildung 6.3. – Ansicht des Observatoriums nach der Erweiterung, 1924 (Quelle: [vanHerk83, S. 66])

Die Wiedereröffnung fand erst am 18. September 1924 durch den Minister für Unterricht, Wissenschaft und Kunst statt⁹, die ganze Maßnahme hatte also einige Zeit in Anspruch genommen.¹⁰ Bei diesem Anlass brachte de Sitter seine Ehrerbietung für Gill und Kapteyn „mijn vaderlijken vriend en leermeester“ zum Ausdruck, in dem er ihre Wichtigkeit für seine wissenschaftliche Formung unterstrich und Kapteyns Anteil an der Reorganisation würdigte.¹¹ Insgesamt resümierte er wie folgt:

Ich habe bekommen was ich wünschte: Einen bescheidenen, aber gut eingerichteten Arbeitsplatz, wo meine Mitarbeiter und ich in hohem Maße mit unseren Kräften

¹[deSitter21c, S. 5]. Welche Instrumente sich wo befanden findet man in [deSitter24q, S. 14f], welche neu angeschafft wurden ist in [Hins35, S. 8] zusammengetragen.

²Vom Gebäude existieren von 1928 filmische Außenaufnahmen, siehe Film 'Mainz to Washington 1928 (15-16-17-18)', V-1998-(21), William F. Meggers Papers. American Institute of Physics, Niels Bohr Library, College Park, MD 20740, USA

³[Baneke02, S. 38]

⁴[deSitter24l, S. 32], [deSitter33i, 32]. Da sich de Sitters Vorgänger im Direktorenamt, E.F. van de Sande Bakhuyzen, sich nicht an das elektrische Licht gewöhnen konnte hatte er eine Sondergenehmigung zur Weiterverwendung von Petroleumlampen, [Pannekoek82, S. 236].

⁵De Sitter hatte es zu einer der Bedingungen für seine Übernahme des Direktorates gemacht, dass das Haus des Direktors so umgebaut wurde, dass mehr Luft und Licht in die Wohnräume gelangte und auch der Garten umgestaltet wurde, siehe [deSitter98, S. 4]. Eingezogen in das Haus des Direktors war de Sitter Ende August 1919, wie man seinem Brief an Innes vom 3.9.1919 entnehmen kann.

⁶[deSitter21c, S. 5] Die letzten Baumaßnahmen wurden erst 1927 endgültig abgeschlossen, was unter anderem an der schlechten Bezahlung der Arbeiter lag, [Baneke02, S. 38].

⁷Diesbezüglich hatte Lorentz in de Sitters Abwesenheit seine Hilfe angeboten, siehe de Sitter an Lorentz, ?0.06.1920.

⁸[Oort35, S. 26]

⁹“Minister of Education, Science and Arts”, siehe [deSitter25e, S. 187], [deSitter00, S. 95].

¹⁰Nach [deSitter24q, S. 9] hatte eine Regierungskrise die Reorganisation zusätzlich verzögert.

¹¹[deSitter24q, S. 19]

zum Fortgang der Wissenschaft beitragen können.¹

Weiterhin skizzierte er, wovon er bei der Reorganisation und Neuorientierung geleitet worden war:

Es stellt sich die Frage: Liegt es nicht mehr auf dem Weg von kleinen Sternwarten wie der unsrigen, wo das Personal begrenzt ist, nach anderen, weniger zeitraubenden und doch nützlichen Arbeiten zu suchen, und die eigentlich grundlegenden Beobachtungen, die doch unentbehrlich bleiben, abzugeben an die großen Einrichtungen, die dafür besser ausgerüstet sind?² [...] Eine andere Frage, die ich, mit einigen anderen Astronomen, geneigt bin bestätigend zu beantworten ist diese: Wird es nicht Zeit dass, da nun ungefähr ein Jahrhundert lang der Meridianzirkel so ziemlich das einzige Instrument gewesen ist das für fundamentale Beobachtungen genutzt wurde, und das, obwohl die erreichte Genauigkeit stets den fortdauernd höher werdenden Anforderungen hinterher hinkt, die die Bedürfnisse der modernen Wissenschaft stellen, wird es nicht Zeit dass auch einmal gesucht wird nach anderen Methoden und anderen Instrumenten?³

Neben der Beantwortung dieser Fragen war für ihn nicht die Vergrößerung der Sternwarte die Hauptsache gewesen, sondern die bessere Verteilung und ökonomischere Anwendung der zur Verfügung stehenden Hilfsmittel und Arbeitskräfte. Ferner sei die Anzahl der wissenschaftlichen Mitarbeiter oberhalb des Ranges des Assistenten gleich geblieben, lediglich zwei Rechner wurden zusätzlich eingestellt.⁴

Nach der Modernisierung und Erweiterung avancierte das Observatorium zu einem der Führenden in Europa und wurde attraktiv für gute Studenten.⁵ Nicht nur um diese

¹Meine Übersetzung von: “Ik heb verkregen wat ik wenschte: een bescheiden, maar goed ingerichte, werkplaats, waar mijne medewerkers en ik naar de mate van onze krachten kunnen bijdragen tot den voortgang der wetenschap.”, [deSitter24q, S. 20].

²Meine Übersetzung von: “De vraag rijst: ligt het niet meer op den weg van kleine sterrewachten als de onze, waar het personeel beperkt is, te zoeken naar andere, minder tijdroovende en toch even nuttige werkzaamheden, en de eigenlijke fundamentele waarnemingen, die toch onontbeerlijk blijven, over te laten aan de groote instellingen, die daarvoor beter zijn toegerust?”, [deSitter24q, S. 7]. Vergleicht man diese Aussage mit dem Brief Kapteyns an de Sitter vom 20.03.1918 (siehe [deSitter00, S. 87f]) so sieht man deutlich den Einfluss Kapteyns, der dort in gleicher Richtung argumentierte.

³Meine Übersetzung von: “Een andere vraag, die ik, met sommige andere astronomen, geneigd ben bevestigend te beantwoorden, is deze: wordt het niet tijd dat, nu ongeveer een eeuw lang de meridiancirkel vrijwel het eenige instrument is geweest dat voor fundamentele bepalingen gebruikt werd, en desniettegenstaande de bereikte nauwkeurigheid nog steeds achterblijft bij de voortdurend hooger wordende eischen die de behoeften der moderne wetenschap stellen, wordt het niet tijd dat ook eens gezocht wordt naar andere methoden en andere instrumenten?”, [deSitter24q, S. 8].

⁴[deSitter24q, S. 18]. Pannekoek betonte, wie kostengünstig die Reorganisation doch gewesen sei (er nennt keine Zahlen) und dass z. B. für die Astrophysikalische Abteilung aus Kostengründen keine spektroskopischen Geräte angeschafft werden konnten, [Pannekoek35, S. 11]. De Sitter führte auch nach englischem Vorbild ein, dass das Rechenpersonal bei den Beobachtungen mitarbeitete, siehe [Hins35, S. 8] bzw. [Baneke02, S. 36f].

⁵[Katgert-Merkelijn], [Eddington34, S. 924], [Schouten50, S. 273]. Schlesinger sagte 1928 während des Meetings der IAU als Antwort auf die Rede des Leidener Bürgermeisters: “I am sure my colleagues

Stellung zu würdigen fand die 3. General Assembly der IAU 1928 in Leiden statt.¹

Als Anfang der 1930er Jahre de Sitter auf seinen Antrag von 1929 hin von der Rockefeller Foundation eine größere Summe (\$110.000)² zur Verfügung gestellt bekam³, und er ein neues, größeres Instrument⁴ anfertigen lassen konnte, welches am Union Observatory, Johannesburg aufgestellt werden sollte, waren die Probleme des mangelnden Geldes für ein größeres Instrument⁵ und das „Wetterproblem“ von ihm gelöst worden.⁶ Leider erlebte de Sitter die Vollendung dieses Außenpostens (später „Leiden Southern Station“ genannt⁷) nicht mehr mit, da zum Zeitpunkt seines Todes erst eine Besichtigung des Instrument in Newcastle durch ihn kurz bevor stand.⁸

here to-night would agree in placing the Observatory in the very front rank at the side of a few similar institutions that have behind them the resources of countries far greater than little Holland”, [Stratton29, S. 219].

¹[Stein28, S. 326]

²[deSitter31f, S. 83], [deSitter98, S. 4]

³Er hatte \$50000 für ein Teleskop und \$55000 für die Unterhaltung beantragt, siehe de Sitter an Schlesinger, 05.03.1930, YUL

⁴“A double photographic telescope with triplet lenses of 40 cm aperture and 229 cm focal length [...] with a visual guiding telescope of 20 cm aperture and 344 cm focal length, has been ordered from the firm of Sir HOWARD GRUBB, PARSONS and Co. at Newcastle.”, [deSitter31f, S. 83]. De Sitter ließ aber Teile für das Teleskop auch in Leiden in der eigenen Werkstatt anfertigen: „[W]ant waar de Sitter sparen kan, spaart hij; waar echter het beste noodig is, schroomt hij niet, zijn medewerkers van het beste te voorzien.“, [Hins35, S. 12].

⁵In der Zwischenzeit hatte de Sitter zwei von ihm als wichtig eingestufte Geräte angeschafft, eine “double camera with moving placeholders” (1924) und ein “azimuth instrument” (1930), siehe [deSitter33i, S. 41].

⁶Der größere Teil des Geldes wurde für das neue Instrument ausgegeben, der Rest floss in einen Fond, aus dem die Unkosten, welche im Zusammenhang mit den Beobachtungen mit diesem neuen Gerät entstanden, gedeckt wurden, [N.N.30]. Zusätzlich zu der Zuwendung der Rockefeller Foundation kam weiteres Geld aus der Erhöhung des Budgets der Sternwarte durch die Regierung und durch Spenden von Privatpersonen sowie anderer Institutionen, siehe [deSitter31f, S. 83], [deSitter33i, S. 41]. Als 1932 aufgrund der allgemeinen wirtschaftlichen Lage das Budget der Sternwarte gekürzt wurde, konnten dank des Rockefeller Geldes die Kürzungen im Personal im erträglichen Rahmen gehalten werden, siehe [deSitter33h, S. 13].

⁷Zur Geschichte des zunächst an dem Standort des Union Observatory dann in Hartebeespoort befindlichen Leidener Außenpostens siehe etwa [Moore77, S. 107-10].

⁸Siehe [Eddington34, S. 924]. Nach [Katgert-Merkelijn] hatte de Sitter geplant, dass der Leiter der Werkstatt Zunderman und sein Sohn Aernout, welcher zu dieser Zeit Assistent an der Sternwarte war, für ein bis zwei Jahre nach England gehen sollten um das Instrument zu testen. Nach de Sitters Tod aber hatte Hertzprung diese Pläne gestoppt.

6.2.2. Die Gründung des *B.A.N.*

Im Jahre 1921 wurde von de Sitter eine neue astronomische Zeitschrift gegründet – das *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands (B.A.N.)*.¹ Anscheinend war die Zeitschrift zunächst eine Idee Hertzsprungs gewesen², die dann von de Sitter aufgegriffen worden war.³

Wie aus dem Namen bereits ersichtlich, handelte es sich um ein Organ aller niederländischen astronomischen Institute. Warum wurde die Zeitschrift ins Leben gerufen? Dazu eine Passage aus de Sitters Rede bei der Einweihung der Reorganisierten Sternwarte 1924:

Wissenschaftliche Arbeit, die nicht veröffentlicht wird, ist nutzlos und hätte genau so gut nicht gemacht werden brauchen. Für umfangreiche Publikationen hat die Sternwarte seit jeher ihre Annalen, kleinere Mitteilungen pflegten früher an ausländische Fachzeitschriften zugesendet zu werden. Da es schon einige Jahre für niederländische Astronomen zunehmend schwieriger wird die Resultate ihrer Arbeit darin aufgenommen zu bekommen, haben die Direktoren der fünf Niederländischen astronomischen Institute zusammen die Herausgabe des „Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands“ beschlossen, besser bekannt als B.A.N.⁴

Weiter führt er aus, dass die Zeitschrift inzwischen einen hohen Stellenwert gegenüber internationalen Fachzeitschriften habe und somit auch dafür Sorge, das Ansehen der niederländischen Wissenschaft in der Fremde hoch zu halten. Seiner Meinung nach seien hier also sogar nationale Belange im Spiel.⁵

Als Sprache für das *B.A.N.* wurde von Anfang an Englisch gewählt, wie de Sitter an Hertzsprung schrieb:

Es ist wünschenswert hierin [in der Sprache] Gleichheit zu haben, folglich alles in einer Sprache. Englisch ist die akzeptierte Sprache, weil sie gleichfalls Amerikanisch ist.⁶

¹etwa [vanMaanen35, S. 79], [Blaauw75, S. 449]. Das *B.A.N.* ist 1969 aufgegangen in *Astronomy & Astrophysics*, siehe `pacifix.ddb.de`.

²Am 15.02.1921 schrieb er an de Sitter: „Wat denkt je ervan, hier in Holland een wetenschappelyk astronomisch tydschrift te maken?“

³Was zu kleinen Irritationen zwischen Hertzsprung und de Sitter geführt hatte, [Baneke02, S. 45]. Um die Umstände um die Gründung genauer zu ermitteln müssten einmal systematisch die Briefe zwischen Hertzsprung und de Sitter aus dieser Zeit gelesen werden. Vielleicht gibt es auch einen Zusammenhang damit, dass Fokker in der Zeit, in der er gemeinsam mit de Sitter in Arosa zur Kur war, die Idee für eine holländische Physikzeitschrift entwickelte, woraus dann 1921 die *Physica (Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde)* entstand, siehe [Brinkmann38, S. 201].

⁴Meine Übersetzung von: “Wetenschappelyk werk, dat niet openbaar gemaakt wordt, is nutteloos en had haast even goed niet gedaan kunnen worden. Voor omvangrijke publicaties heeft de sterrewacht van ouds hare Annalen, Kleinere mededeelingen plachten vroeger aan buitenlandsche vaktijdschriften toegezonden[?] te worden. Toen enkele jaren geleden het voor Nederlandsche astronomen steeds moeilijker werd om de resultaten van hun arbeid daarin opgenomen te krijgen, hebben de directeuren der vijf Nederlandsche sterrenkundige instellingen te zamen besloten tot de uitgifte van het „Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands“, beter bekend als B.A.N.”, [deSitter24q, S. 16f].

⁵[deSitter24q, S. 17]

⁶Meine Übersetzung von: „Het is wenschelijk hierin uniformiteit te hebben, dus alles in een taal.“

In diesem Brief hatte de Sitter Hertzprung um seine Meinung zu mehreren Punkten (z. B. Titel, Sprache, Redaktion, Satz, Verteilung etc.) der geplanten Publikation gebeten. Hier gab de Sitter auch an, woran er sich für diese orientieren wolle (Stil: Lick Bulletin, Satz: Astronomische Nachrichten).¹

Sicherlich hatte bei der Sprachwahl das Vorbild Kapteyns auch eine Rolle gespielt.² Vielleicht war aber einfach in den Niederlanden (im Gegensatz zu Deutschland) der stetige Aufstieg der amerikanischen Wissenschaft³ von einigen früher gespürt worden und man hat in dieser Hinsicht vorausschauend geplant.⁴

Die Sprachentscheidung hatte natürlich auch eine große Wirkung nach Außen, denn nun waren die Ergebnisse niederländischer Astronomen auch für das Ausland viel leichter zugänglich.⁵ Damit trug das *B.A.N.* sicherlich auch zum Aufbau des guten Rufes der Niederländischen Astronomie in den 1920er Jahren bei.

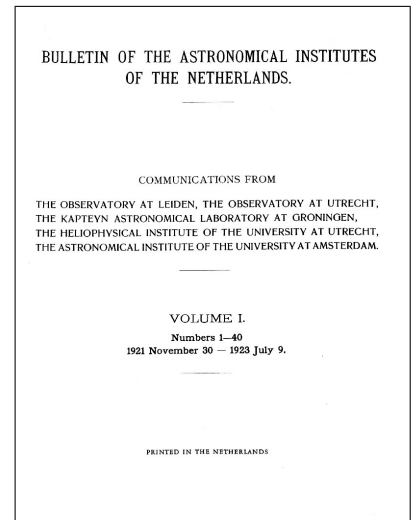


Abbildung 6.4. – Titelseite der 1. Ausgabe des *B.A.N.* (Quelle: *B.A.N.* 1 (1921))

Engelsch is de aangenomen taal, daar het tevens Amerikaansch is.“, de Sitter an Hertzprung, 29.09.1921.

¹Leider lagen mir keine weiteren Dokumente im Zusammenhang mit der Gründung (z. B. die Antwort Hertzsprungs) vor.

²Nach [vanBerkel00a, S. 153] hatte Kapteyn großen Einfluss darauf gehabt, dass Holländische Astronomen ihre Ergebnisse in der englischen Sprache einem internationalen Publikum vorstellten. Zu dieser Frage sagte van de Kamp:

DeVorkin: What about the decision to print it in English?

Van de Kamp: Well, the Dutch knew that English was the international language. We knew it long before everybody else did.

DeVorkin: Was it the influence of Kapteyn?

Van de Kamp: Kapteyn published everything in English. Yes, I think it played a role, probably, in Kapteyn’s relation to S. Newcomb, D. Gill and to America. ([vandeKamp77, S. 34f])

³[Metzler00, S. 130f]

⁴Die von Fokker 1921 gegründete *Physica (Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde)* allerdings erschien in niederländischer Sprache und es wurde bewusst Pflege an dieser Sprache betrieben, [Brinkmann38, S. 202].

⁵[Baneke02, S. 54]

6.2.3. Der Weg zur “Leiden Southern Station”

Im zweiten Jahrzehnt des 20. Jahrhunderts hatten bereits einige Länder (z. B. Frankreich, England, Deutschland, USA) astronomische Observatorien auf der Südhalbkugel errichtet, lediglich die Niederlande waren als wichtige Kolonialmacht noch nicht dort vertreten.¹

Erst 1923 gelang de Sitter über ein Abkommen mit Innes² der Zugang zum südlichen Sternenhimmel (s.u.). Dies wird zumeist auch in biografischen Artikeln über de Sitter beschrieben³, allerdings finden die Ereignisse im Vorfeld sowie die potenziellen Alternativen selten Erwähnung. Pyensons Buch *Empire of Reason*⁴ scheint meines Wissens die einzige Sekundärliteratur zu sein, wo man mehr dazu finden kann, siehe dort für die Details, die hier nicht in aller Breite erwähnt werden können. Allerdings wurde von ihm der Briefwechsel zwischen Innes und de Sitter nicht herangezogen, sodass die hier von mir eingewobenen diesbezüglichen Fakten vermutlich noch nicht anderweitig publiziert wurden.

Die erste Initiative, auf der Südhalbkugel für die Leidener Astronomen zu arbeiten, kam von Joan Voûte.⁵ Dieser hatte von 1910-1913 in Leiden als “third observer” gearbeitet⁶, war dann wegen der schlechten Aussichten, in den Niederlanden eine leitende astronomische Position zu erhalten, nach Südafrika gegangen. Aber dort gelang es ihm nicht, eine feste Anstellung zu finden, weshalb er 1918 bei de Sitter nach einer neuerlichen Anstellung nachgefragt hatte.⁷ Da dieser keine Verwendung für ihn hatte, bemühte Voûte sich nun um eine Anstellung an der University of Stellenbosch (Südafrika). Dort plante man Astronomie zu unterrichten, war aber nicht willens, teure Instrumente zu kaufen, weshalb Voûte bei de Sitter nachfragte, ob er Stellenbosch nicht zwei ältere Instrumente ausleihen würde, wozu er bereit war. Auch dieser Plan scheiterte und so kaufte Voûte etwas Land und errichtete ein kleines Gebäude für sein eigenes Instrument. Bei de Sitter fragte er nach, ob man die Instrumente auch ihm persönlich ausleihen würde, denn er wäre bereit für ein kleines Gehalt für Leiden zu arbeiten. De Sitter zog dies in Erwägung (obwohl er nicht sicher war, Voûte auf die Gehaltsliste setzen zu wollen und ob man Instrumente an eine Privatperson ausleihen würde) und sah bei seinem nächsten

¹[Pyenson89, S. 45]

²Seit seiner Zeit in Südafrika war de Sitter befreundet mit R.T.A. Innes, den er dort am Royal Observatory kennen gelernt hatte, siehe Abschnitt 1.2. Im Jahre 1903 war Innes Direktor des damals neu gegründeten Transvaal Meteorological Observatory geworden. Das Observatorium (später (1912) zunächst “Union Observatory” dann “Republic Observatory”) war als meteorologisches Observatorium gegründet worden, wurde von Innes aber nach Antritt des Direktorates am 31.3.1903 in Richtung der Astronomie gelenkt, siehe [Warner79, S. 102]. 1912 wurde es offiziell ein astronomisches Observatorium, [Feast00, S. 124]. Zur Geschichte dieser Sternwarte, die 1964 an das Council for Scientific an Industrial Research (CSIR) übergang, siehe auch [Moore77, S. 92-106].

³wie z. B. [Eddington34], [Hins35, S. 11]

⁴[Pyenson89, S. 45-82]

⁵Zu Joan George Erardus Gijbert Voûte siehe [Pyenson89, S. 45ff].

⁶Zuvor hatte er zwei Jahre unentgeltlich dort gearbeitet, siehe [Pyenson89, S. 46].

⁷Den Briefwechsel de Sitter-Voûte kenne ich nur indirekt aus [Pyenson89].

Budgetentwurf an die Kuratoren einfach einmal einen Posten vor.¹ Offensichtlich gelang dieser Poker nicht, denn der nächste Plan war es, Anfang 1919 am von Innes geleiteten Union Observatory eine Anstellung zu finden und dort mit den zu leihenden Instrumenten in Kooperation mit den Leidenern zu arbeiten, sozusagen als „Aussenstelle“.² In der Korrespondenz zwischen de Sitter und Innes findet sich dazu folgendes:

I am going to write to you today about a project, which I have made for some time in connection with the new working programme of the Leiden Observatory. As you know, Hertzprung [...] will be assistant-director here. It is one of his ideals to make a Durchmusterung of the whole sky [...]. We are going to have an instrument [...] here in Leiden, and I should like to have a similar instrument in the Southern hemisphere. Would you be willing to give hospitality to this instrument at your observatory? I have been writing about it to Voûte. As you know there has been question of his being appointed lector of astronomy at the new college at Stellenbosch. In that case the instrument would have been lent to the college by the Leiden Observatory. But he tells me that there is not going to be a lectorate at Stellenbosch. He is keen on doing the work for us. I could try to get from our government a small salary for him [...] for his work. If he came to Johannesburg he would, of course, also do work for you, and you could perhaps also get something for him, so that putting the two together, he could live comfortably. [...] Hertzprung is very keen on the project, and it must be carried out in some way or other.³ You will oblige me very much by telling me on which terms you would be able to help me. My idea is that I send the instrument on loan to the Johannesburg Observatory, th[e?] latter provides a suitable housing (which need not be expensive) for it, and Voûte does the work. I will try to get a small salary for him, as explained above. The plates ~~must~~ can be sent to Leiden, and will be measured here. The work can be published in our Annals, as a joint work of the two Observatories. As soon as I have your answer, I can take steps to get the official endorsement for the project.⁴

Leider lag der Antwortbrief⁵ nicht vor, aber de Sitters Antwort darauf lässt Rückschlüsse auf den Inhalt zu:

I am not very surprised with what you write about Voûte. I had always thought there was something amiss with him, but I did not know what it could be. Anyhow, he is now in Java.

I am very glad that you are willing to help us with our plans. [...] One of the two [instruments] will be ordered very soon, for the second one no money will

¹[Pyenson89, S. 47]

²Voûte bemühte sich bei all seinen Bemühungen eine Anstellung zu finden de Sitter zu versichern, dass er all dies nur aus Liebe für die Wissenschaft unternahm. Seine Hoffnung, von Innes angestellt zu werden basierte darauf, dass dieser – wie er selbst – keinen Dokortitel besaß, siehe [Pyenson89, S. 48]. Ob die Initiative von de Sitter oder Voûte ausging ist nicht klar, siehe dazu das im Text folgende längere Zitat.

³Hertzprung hatte den Zugang zum südlichen Sternenhimmel zu einer seiner Einstellungsbedingungen gemacht, siehe Abschnitt 6.2.1.

⁴De Sitter an Innes, 20.06.1919, Durch- und Unterstreichung im Original. Er betonte in diesem Brief, dass er nicht vom (designierten) Direktor komme sondern von ihm als Freund.

⁵Er müsste ggf. im de Sitter Archiv zu finden sein.

be available until 1921, [...] You will require a special observer [for the second instrument] – who may be able to do other work as well, if he likes – If you cannot procure a man, I may perhaps be in the position to send out a student from here. All the details will settle themselves once the principal point is gained, and that is that you are willing to hospitably receive the instrument.¹

De Sitters Plan einer Kooperation mit Innes war also bereits 1919 angedacht und von Innes angenommen worden.² Voûtes Pläne für eine Anstellung waren erneut gescheitert und er nahm schließlich eine Stelle am Royal Magnetical and Metereological Observatory in Batavia (Niederländische Kolonie Java) an.³ Dieses Observatorium war zu seinem Leidwesen aber bislang kein astronomisches und da er aus Leiden einen 7^m Refraktor ausgeliehen bekam⁴ setzte er nun seine Bemühungen daran, hier offiziell astronomische Beobachtungen durchzuführen.⁵ Anfang 1920 hatte Voûte bereits wieder neue Pläne: Er wollte eine vom meteorologischen Observatorium unabhängige Institution schaffen. Er bat dazu niederländische Astronomen um Unterstützung in der Hoffnung, dass dadurch die Kolonialregierung eher zur Finanzierung seiner Pläne bereit wäre. Nach seiner Vorstellung sollte die neue Sternwarte “under the wings” von Leiden stehen.⁶ Zur Umsetzung seiner Pläne konnte Voûte einen Financier finden – K.A.R. Bosscha, einen der reichsten Männer auf Java. Um sicher zu gehen, dass er mit der Leitung des neuen Observatoriums betraut werden würde, bat er im April 1920 Hertzprung (zu diesem Zeitpunkt vertrat er de Sitter wegen dessen Krankheit als Direktor, siehe Abschnitt 6.3.2) und Kapteyn um ihre Unterstützung.⁷ Da er in diesem Brief von seinen Plänen für ein im neuen Observatorium zu errichtenden Instrument schrieb, welches auf der südlichen Halbkugel und auf holländischen Gebiet seinesgleichen suchen würde, war er sich der Aufmerksamkeit in Leiden und Groningen sicher.⁸ Kapteyn begrüßte die Pläne Voûtes bzgl. der neuen Sternwarte, war aber der Meinung, dass sie nicht alleine unter der Regie Leidens arbeiten könne, sondern dass auch Groningen daran beteiligt werden solle.⁹ De Sitter hingegen war nicht daran interessiert, Groningen mit ins Boot zu nehmen, sondern wollte die Kontrolle de facto für Leiden alleine beanspruchen.¹⁰ Als de Sitter erfuhr, dass Voûte über Lorentz an die Amsterdamer Akademie der Wissenschaften das Anliegen gerichtet hatte, der Regierung auf Java einen unterstützenden Brief und Bosscha anerkennende Worte zu schreiben (von der KNAW wurde zur Entscheidung der Frage dann eine Kom-

¹de Sitter an Innes, 03.09.1919, CSIR

²Siehe dazu de Sitter an Innes, 01.12.1919, CSIR.

³[Pyenson89, S. 48]

⁴siehe auch de Sitter an Innes, 27.11.1921, CSIR

⁵Seine niederländischen Kollegen sollten dazu Druck auf die Amsterdamer Akademie ausüben, damit diese ihrerseits wiederum bei der Kolonialregierung solche Beobachtungen „aus nationalen Belangen“ vorschlagen solle, wie er etwa an H.G. van de Sande Bakhuyzen schrieb, [Pyenson89, S. 49].

⁶zitiert nach [Pyenson89, S. 50]

⁷Diese sollten Bosscha per Telegramm vorschlagen, ihn als Direktor einzusetzen, siehe [Pyenson89, S. 50].

⁸[Pyenson89, S. 51], geplant war ein “double photographic refractor of 7-meter focal length”

⁹[Pyenson89, S. 51]

¹⁰“chaining the Indian Observatory to the Leiden one” de Sitter an Kapteyn, 24.05.1920 zitiert nach [Pyenson89, S. 52]

mission eingerichtet), schrieb er an H.G. van de Sande Bakhuyzen, der Mitglied der Kommission war, um ihn von der Wichtigkeit zu überzeugen, dass die Niederlande einen ausreichenden Einfluss auf die neue Sternwarte bekämen:

It is of highest importance for the Leiden observatory that this cooperation, and hence the founding of the observatory, is pulled off, especially since, in that way, we can get our hands on observational data. For this to happen, we cannot say or argue that the new Indian observatory must do everything that Leiden tells it to do.¹

An Lorentz schrieb de Sitter, dass es seines Erachtens noch zu früh sei für Sympathie-Bekundungen der Akademie, die ohnehin nur „platonischen“ Charakter haben können, außerdem sei mit konkreten Resultaten erst mit Bosschas Besuch in Holland 1921 zu rechnen.² Obwohl es Widerstand auch aus den eigenen Reihen gab, kam der gewünschte unterstützende Brief schließlich nicht zuletzt aufgrund der Überzeugungsarbeit von Kapteyn zustande.³

Fast hätten Leiden und Groningen die Kontrolle über ein bedeutendes Observatorium auf der Südhalbkugel bekommen – aber man hatte die Rechnung ohne den Wirt (in diesem Falle Bosscha⁴) gemacht. . . Bosscha, der glaubte es sei sein Schicksal, auf Java eine Sternwarte zu gründen, wollte keinen Einfluss der Leidener Astronomen, weil er diesen auf wissenschaftlichen Gebiet unterlegen wäre. Er gründete deshalb eine Gesellschaft, deren Mitglieder das Geld für die Neugründung gaben.⁵ Bosscha hatte zwar den Leidener Einfluss auf das Observationsprogramm ausgeschaltet, bei der Wahl und dem Einkauf der Instrumente jedoch bediente er sich der Hilfe von Hertzprung und van de Sande Bakhuyzen, die im Gegenzug Geld für neue Instrumente in Leiden erhielten.⁶

Dort ließ man die neue Sternwarte jedoch mehr oder weniger links liegen⁷ und wandte sich nunmehr erneut Südafrika zu.⁸

Parallel zu den mit Innes laufenden Plänen⁹ fragte de Sitter bei seinem Freund Schlesinger nach, ob man die von Yale dort geplante Sternwarte mit nutzen könne:

I should value it very much if some cooperation between our observatories were possible in the future. I always have wanted to have opportunities of observing on the southern hemisphere. When you have your Southern Station, it may perhaps

¹de Sitter an van de Sande Bakhuyzen, 20.07.1920, zitiert nach [Pyenson89, S. 53]

²de Sitter an Lorentz, 19.09.1920

³[Pyenson89, S. 54f]

⁴Ein wenig zu seiner Person findet sich in [Pyenson89, S. 56f].

⁵[Pyenson89, S. 57]. Hertzprung half, in Holland Gelder anzuwerben, siehe [Pyenson89, S. 59].

⁶[Pyenson89, S. 59f]

⁷Die Kontakte waren lediglich formaler Art, siehe [Pyenson89, S. 61]. Ungeachtet dessen zählte ab Ausgabe 2 des *B.A.N.* das “Bosscha Observatory at Lembang, Java” zu den dort publizierenden Einrichtungen, siehe auch de Sitter an Innes, 27.11.1921, CSIR. Zum weiteren Fortgang der Dinge am Bosscha Observatory siehe [Pyenson89, S. 70-82].

⁸[Pyenson89, S. 62]

⁹De Sitters Brief an Innes vom 10.02.1922 kann man entnehmen, dass geplant war, das extra für Südafrika angefertigte Instrument etwa 1923 nach Johannesburg zu verbringen, zusammen mit van den Bos.

be possible to send one of our observers there, with an instrument, for a short time? But these are dreams for the future.¹

Aber wie man der Antwort entnehmen kann, war dies nicht zeitnah möglich:

It would be a great delight to me to have you join us in our southern work in any way that your plans may indicate. This is a matter that I shall surely not neglect to discuss with you when the time is ripe for doing so, which so far as we are concerned, can hardly be in less than two years.²

Anfang 1923 kam Schlesinger – einer Zusammenarbeit sehr zugeneigt – erneut auf das Thema zu sprechen und fragte de Sitter, ob er generell noch interessiert sei, welche Interessen er bei einer Kooperation habe und ob auch Neuseeland als alternativer Standort zu Südafrika für ihn in Frage käme.³ Auch Mitte 1923 war die Standortfrage für Schlesinger immer noch nicht geklärt.⁴ Der geplante Außenposten von Yale wurde schließlich 1925 in Johannesburg errichtet.⁵

In der Zwischenzeit waren die Pläne de Sitters mit Innes zu einer Vereinbarung herangereift⁶, die lediglich von den beiden Regierungen noch abgesegnet werden musste.⁷

In ihr war folgendes festgelegt worden:⁸ Leidener Wissenschaftler waren berechtigt,

¹de Sitter an Schlesinger, 08.06.1922, YUL

²Schlesinger an de Sitter, 28.07.1922, YUL

³“We have not decided where to locate this telescope but our choice seems to have narrowed down to New Zealand or South Africa. I believe you are inclined to favor the latter. I should be glad to learn from you what you think of the neighborhood of Johannesburg.[...] If, therefore, your plans have become at all definite I should be glad to learn what your intentions are. It occurs to me that both of our institutions might save some money and might reap the benefit of other advantages if we could enter into a close cooperation. On my part, I should be very willing to consider this matter in detail if you are similarly inclined.”, Schlesinger an de Sitter, 14.02.1923, YUL

⁴Schlesinger an de Sitter, 12.07.1923, YUL

⁵[Pyenson89, S. 65]. Leider lag mir keine Korrespondenz zwischen de Sitter und Schlesinger zwischen dem 12.07.1923 und dem 23.04.1924 vor sodass unklar ist, wie die beiden ob der Vereinbarung mit Innes verblieben waren. Nachweislich wurden dort später Beobachtungen für de Sitter durchgeführt, Ergebnisse veröffentlicht in [deSitter29i] sowie [deSitter29h]. Das Gebäude war nur zu dem sehr begrenzten Zweck der Parallaxenbestimmung gebaut worden und wies eine ungewöhnliche Bauform auf. Zur Geschichte des Außenpostens und ein Foto des Gebäudes siehe [Moore77, S. 111-3].

⁶Nach [Feast00, S. 124f] hatte Innes noch freie Observationszeiten gehabt, die er aufgrund seiner engen Kontakte mit Kapteyn und de Sitter holländischen Astronomen angeboten hatte. Ob dies neben den erwähnten früher initiierten Plänen mit ein Grund war für die Kooperation, lässt sich wohl ohne Einblick in die Briefe von Innes an de Sitter – sofern erhalten – nicht beurteilen. Nach [Moore77, S. 101] war die Initiative von Innes ausgegangen: “Innes was extremely far-sighted, and he wanted to make the maximum use of the Observatory equipment. Mainly because of his friendship with Willem de Sitter, one of the great pioneers of relativity theory, he forged a close link with the Leiden Observatory in Holland, and visitors from Leiden became very regular.”

⁷“I am anxious to hear whether your secretary of the interior has approved the proposed agreement between our observatories. As you already know our minister of education has approved it.”, de Sitter an Innes, 25.07.1923, CSIR. Im September hatte Innes dann de Sitter von der Annahme durch die Südafrikanische Regierung berichtet, die anscheinend recht schlicht ausgefallen war, siehe indirekt in de Sitter an Innes, 10.10.1923, CSIR.

⁸Die Hauptpunkte dieser Übereinkunft waren:

die Instrumente in Johannesburg zu nutzen¹ während umgekehrt Studenten von dort in Leiden ausgebildet werden sollten. Klarerweise war dieses Abkommen für die Leidener Seite von größerem Nutzen als umgekehrt, was auch de Sitter „zugab“.² Dazu Oort:

Already in the early years when I was there an agreement was set up between de Sitter and Innes, the then director of the Union Observatory, Johannesburg, for a regular exchange. De Sitter realized that observations in Leiden, especially photometric observations would remain so much inferior to those that you could do under good skies that he set up this cooperation and sent out quite regularly young people to Johannesburg, at first to work with the instruments they had there, while later we got our own instrument in South Africa.³

Der erste Besucher in Johannesburg aus Leiden war Hertzprung, der 1923 eigentlich nur sechs Monate dort verbringen wollte, aber schließlich die dreifache Zeit dort blieb.⁴ Mit van den Bos, der 1925 ursprünglich für drei Jahre aus Leiden an das Union Observatory gekommen war, stellte Leiden sogar später einen Direktor...⁵

Beginnend mit dem Jahr 1924 werden die Beobachtungen, die in Johannesburg durchgeführt wurden, auch in dem alljährlichen Bericht des Direktors (“Report of the director”) im B.A.N. aufgeführt.⁶ Mit der Aufstellung eines eigenen Instrumentes auf dem Grund des Union Observatory im Jahre 1938 begann dann, wie bereits vor seinem Tod von de Sitter geplant, ein weiteres Kapitel in der Kooperation bzw. der Beobachtungsmöglichkeiten der Leidener Astronomen.⁷

Ein Jahr später bekamen die Leidener schließlich doch noch großen Einfluss auf die Bosscha Sternwarte, denn dort war Voûte im Alter von 60 Jahren in den Ruhestand

I. Astronomers from the Leiden observatory shall have every facility to visit Johannesburg and to use the instrumental equipment of the Union observatory for the purpose of extending to the Southern sky the researches that they have been making over the northern.

IV. In exchange the astronomers on the staff of the Union Observatory shall be allowed to enter the Leiden Observatory as research students for courses of instruction in theoretical and practical astronomy, and shall have every facility in using the resources of the Leiden Observatory, subject to the approval of the Director. (Zitiert nach [deSitter24I, S. 31]. (Ist das Dokument, datiert Februar 1923, aus Box 46b, LEID, die komplette Vereinbarung oder ein Entwurf?))

¹1929 schrieb de Sitter über die Arbeit in Johannesburg, dass sie im Wesentlichen in die Gebiete “double star work and the work on variable stars” falle, [deSitter29g, S. 25].

²[deSitter24q, S. 16]. Nach [Feast00, S. 125] war man in Leiden scheinbar sehr erfreut über diese Kooperation, sodass man Innes den Ehrendokortitel verlieh (das Redemanuskript de Sitters sowie die Antwort von Innes befindet sich in LEID, Box 46b.). Siehe auch [deSitter24I, S. 31]. In [deSitter34, S. 280f] allerdings stellte de Sitter die Reihenfolge andersherum dar: *Nach* der Verleihung der Ehrendoktorwürde habe Innes de Sitter den Plan zu der Kooperation vorgeschlagen.

³[Oort77, S. 20f]

⁴Siehe [Feast00, S. 125], [deSitter25e, S. 187], [Pyenson89, S. 63].

⁵[deSitter31f, S. 83]

⁶Zunächst (beginnend in 1924) unter den anderen Beobachtungen, ab 1926 als eigener Unterpunkt.

⁷Siehe Abschnitt 6.2.1 und für einige Details [Pyenson89, S. 68-70] Das Instrument konnte allerdings erst nach dem 2. Weltkrieg vollständig genutzt werden, [Baneke02, S. 42].

gegangen und man wählte als seinen Nachfolger de Sitters Sohn Aernout aus.¹ Leider währte die Kontrolle zweier Observatorien auf der Südhalbkugel nicht lange, denn zum einen brachte 1940 der deutsche Einmarsch in die Niederlande den wissenschaftlichen Kontakt zum Erliegen und zum anderen wurde Java von den Japanern eingenommen – Aernout de Sitter kam in einem Japanischen Gefangenenlager ums Leben.²

6.3. Persönliches: De Sitter privat

6.3.1. Freizeit, Familie, Freunde

Einer von den Vielen gewesen zu sein die er in sein großes und gradliniges Herz geschlossen hatte, bleibt in dem Andenken von jedem von uns, der es sagen mag, ein Schatz für das weitere Leben.

(Meine Übersetzung von: „Een van de velen gewest te zijn die hij had opgenomen in de genegenheid van sein groot en eenvoudig hart, blijft in het herdenken voor ieder onzer die dat zeggen mag, een schat voor het verdere leven.“, [Oort34a, S. 2].)

In der Grabrede für seinen Freund, den er seit ihrer Studienzeit in Groningen kannte, sprach Prof. Johan Huizinga das aus, was anscheinend viele für Willem de Sitter empfunden hatten. Ähnlich sah es McCrea in seinem Nachruf, der besonders seine Ausstrahlung hervorhob: “It was good simply to be in his presence; he was so completely unselfconscious himself that he seemed naturally to banish selfconsciousness in those around him.”³ Mit seiner offenen Art hatte de Sitter sich viele Freunde⁴ in der ganzen (astronomischen) Welt gemacht, die ihn und seine Frau⁵ dann auch während seinen Reisen gern einluden, bei sich zu Hause zu übernachten.⁶ Ganz besonders wertvoll war

¹[Pyenson89, S. 81]

²[Pyenson89, S. 81]

³[Crea72, S. 181]

⁴Als (engere) Freunde de Sitters zählte Hins Schlesinger, Dyson, Eddington und Innes auf, siehe [Hins35, S. 14]. Schlesinger schrieb an William Bowie am 06.05.1931, YUL: “As he is one of my most intimate friends [...]”. Dies sieht man z. B. dadurch, dass in ihrer Korrespondenz auch viele familiäre Dinge erwähnt werden (etwa de Sitter an Schlesinger, 26.04.1930, YUL).

⁵Auch Eleonora de Sitter war mit Schlesinger befreundet, wie man in einigen Briefen von ihr an ihn nachlesen kann, siehe AnhangA.5.

⁶[deSitter Suermondt40, S. 45]. Siehe etwa Shapley an de Sitter, 19.10.1931, HUA: “Mrs. Shapley and I would like to have you plan to stay at our house when you come to Boston for the Lowell Lectures two weeks from now, if you have not already made some other arrangement.” (Courtesy of the Harvard University Archives.), Schlesinger an de Sitter, 30.03.1931, YUL: “I have been looking forward for many years to the pleasure of having you and Mrs. deSitter stay in our home and of showing you something of the country in this neighborhood.” oder Chant an Schlesinger, 30.05.1931, YUL: “I think Mrs. Chant and I would offer to have them at our house during their stay in Toronto.” Umgekehrt hatten bei der General Assembly der IAU 1928 in Leiden etwa Dyson und Eddington im Hause de Sitter gewohnt, siehe Programm der Assembly S. 10 in Box 63, Folder 7, William F. Meggers Papers, Addition, 1870-1973. American Institute of Physics, Niels Bohr Library, College

dies bei der großen Kanada- und Amerikareise, bei der er 1931/32 viele seiner dortigen Freunde besuchen konnte und auf deren Besuch er sich vor Antritt der Reise bereits sehr gefreut hatte.¹ Noch wertvoller als die Freunde war für de Sitter seine Familie. Ein glückliches Familienleben war für ihn allem Anschein nach ein großer Pfeiler, auf den er seine berufliche Belastung stützen konnte.

Seine Frau, Eleonora Suermondt², welche von Java stammte und am Cap als Lehrerin arbeitete, hatte de Sitter während seiner Zeit in Südafrika kennen gelernt, und beide heirateten noch während seines Aufenthaltes dort am 06.12.1898.³ Sie hatten zusammen 4 Kinder, zwei Jungen und zwei Mädchen (Dora⁴ (*28.09.1900), Lamoraal Ulbo (*06.03.1902), Aernout⁵ (*05.04.1905) und Agnes (*14.05.1907⁶)).⁷

Für Frank Schlesinger, einen seiner engeren Freunde⁸, war die Erwähnung des Familienlebens obligatorisch: “No account of de Sitter, however brief, can omit some mention

Park, MD 20740, USA.

¹Siehe etwa de Sitter an Shapley, 29.04.1931, HUA: “[. . .] I have long been longing to see you, and all my American friends, in their own homes and Observatories.” (Courtesy of the Harvard University Archives.)

²geb. Soerabaya, *16.11.1870, [N.N.15, S. 333], †1952 (nach Grabplatte Friedhof Westerveld)

³[Chant35, S. 3], [Blaauw85], Hochzeitstag auch in [deSitter16, S. 38] und [N.N.15, S. 333]. Zum Tag der Trauung siehe [deSitter Suermondt40, S. 12]. Eine sehr romantische Schilderung ihrer Zeit in Südafrika wie auch von Ausschnitten des restlichen gemeinsamen Lebens findet sich in [deSitter Suermondt40] (dieses Buch ist allgemein sehr „rosarot“ geschrieben und es finden sich kaum negativen Dinge in ihm). Dass es auch für de Sitter eine sehr schöne Zeit war kann man einem gefühlvollen Brief entnehmen, den er an seine Frau geschrieben hatte, als er ohne sie (aber zusammen mit Kapteyn, [Hertzprung-Kapteyn28, S. 118]) 1905 an der Versammlung der *British Association for the Advancement of Science* in Südafrika teilgenommen hatte, [deSitter Suermondt40, S. 24f], [fortheAdvancementofScience04].

⁴Nach [deSitter16, S. 38] und [N.N.15, S. 334] Theodora. Dora hatte Französisch studiert, siehe de Sitter an Innes 01.12.1919, 10.02.1922, CSIR.

⁵Dieser hat auch eine astronomische Laufbahn eingeschlagen. Sein Name wurde das erste mal in dem “Report of the director” [deSitter27i] für das Jahr 1926 erwähnt (1927 nicht) und ab 1928 wird er im Personal als Assistent gelistet und gelegentlich werden Veröffentlichungen (im ADS nur welche in *B.A.N.* zu finden) von ihm aufgeführt (u.a. 1928, 1930, 1931, 1933). Nach Aussage seiner Töchter Wobine und Wytske hatte Aernout zunächst Mathematik und Physik studiert, aus unbekanntem Gründen darin aber keinen Abschluss erlangt und sich dann zur Astronomie umorientiert. Nach ihren Aussagen hat Vater Willem nicht über Gebühr versucht, die Karriere seines Sohnes durch seine Beziehungen zu unterstützen [Int04]. Nach [vanBerkel00a, S. 164] hatte er sich allerdings auf seiner Amerikareise um eine Stelle für seinen Sohn bemüht, was aufgrund dessen zu diesem Zeitpunkt noch nicht fertiggestellter Dissertation [deSitter36] aber nicht von Erfolg gekrönt war. Vor Antritt der Reise hatte de Sitter Schlesinger seinen Sohn anstelle von van Gent „angeboten“ und seine Fähigkeiten hervorgehoben, bat aber darum, Schlesinger möge doch Hertzprung um eine Einschätzung bitten, da er möglicherweise voreingenommen sei (siehe de Sitter an Schlesinger, 18.04.1930, YUL). Ab 1939 war Aernout Direktor der Bosscha Sternwarte in Lembang/Indonesien gewesen und nach Ausbruch des Zweiten Weltkrieges in einem japanischen Gefangenenlager verstorben.

⁶Nach [deSitter16, S. 38] und [N.N.15, S. 334] 1908.

⁷[deSitter98, S. 7]. Der erste Sohn, der bereits in Südafrika geboren wurde (siehe z. B. de Sitter an Gill, 04.01.1900, CAM, oder 15.03.1900, CAM), verstarb nach der Rückkehr nach Holland, siehe [deSitter Suermondt40, S. 19f].

⁸Siehe auch [Oort77, S. 9]. Für Schlesinger wurden in Leiden von Zeit zu Zeit Observationen getätigt, siehe etwa [deSitter27i] oder [deSitter28c, S. 130].

of his home life.”¹ Er wies, neben anderen, auf den Anteil hin, den de Sitters Ehefrau am Erfolg ihres Mannes gehabt hatte.² Dies hatte Oort anlässlich des 25-jährigen Professorates³ de Sitters im Rahmen der 300-Jahrfeier des Leidener Observatoriums ebenfalls betont:

He has a greater gift than most of us to enjoy to the fullest, in the few hours he takes off his work, all the beauty of life outside science; you know as well as I about the part played therein by Mrs. de Sitter. Both in his house and in his astronomical works one of the things which strikes us most is the deep admiration he feels for what others have accomplished, in science as well as in literature and art.⁴

In seinem Nachruf auf ihn fügte er noch hinzu:

No one was able to enjoy, more fully the warmth and love of his home, which was perhaps the most completely happy one known to the writer. This happiness was felt by all who were privileged to enter it.⁵

Natürlich gehörten zu dem Zuhause die vier Kinder, aber was dieses Zuhause ausmachte, wie die Atmosphäre dort war kann man anhand dieser Aussagen nur erahnen. Man kann sich ihr etwas nähern, wenn man Aussagen von Kindern oder Enkeln betrachtet, die darüber berichten.

In dem Vorwort zu seiner Dissertation, hatte Sohn Aernout über seinen Vater geschrieben: „Der Gedanke an den Mut und die Weisheit meines Vaters in der Welt und in der Wissenschaft ist für mich eine bleibende Quelle der Kraft“⁶ Dies deutet darauf hin, dass sein Vater nicht nur in Fragen der Wissenschaft sondern auch in „weltlichen“ Angelegenheiten sehr bewandert und bewundert war.

Seine älteste Tochter, Dora, wurde in ihrer Schilderung viel konkreter und lässt uns das Bild bereits plastischer erscheinen:

What I remember is that he had time for me. Every Sunday I had his full attention. He would ask ‘What would you like to play my darling?’ and whatever I would say that’s what we did, dolls, coloring, stories, whatever. What I said or thought was of interest to him. He was the best dad a girl could ever want. I knew he was important in the world but he left that at the door, and at home was ‘dad’ for the children.⁷

¹[Schlesinger35, S. 89]

²[Schlesinger35, S. 89]

³Die Feier zum 25 jährigen Amtsjubiläum fand im Anschluss an die offiziellen Feierlichkeiten zur 300-Jahrfeier im „intimen Kreis“ (immerhin 120 Personen...) statt. Hier wurde u.a. gemeinsam gesungen (bei den musikalischen Teilen wirkte Sohn Aernout am Violoncello mit, [Hins33, S. 372]) und es wurde ein 20 minütiger Film über die Sternwarte vorgeführt. Dieser Film, der leider bislang verschollen ist, wäre ein einzigartiges historisches Dokument.

⁴Zitiert durch [Stratton33, S. 327]. In seiner eigenen Rede hatte Stratton die Freundlichkeit und Gastfreundschaft von de Sitters Frau hervorgehoben, [Stratton33, S. 381].

⁵[Oort35, S. 27]

⁶Meine Übersetzung von: “De gedachte aan den moed en de wijsheid van mijn Vader in de wereld en in de wetenschap is voor mij een blijvende bron van kracht.”, [deSitter36].

⁷Diese Aussage wurde von Dora über ihren Sohn Jac Smit an dessen Cousin Wolter Reinold de Sitter

Von dem Enkelsohn Ulbo¹ stammt folgende, ergänzende Erinnerung aus dem letzten Lebensjahr des Großvaters:

When we came back from the Dutch East Indies in 1934 we lived with our Grandparents at the director's quarters at the observatory. Grandmother used to send me up to Grandfather's study to call him for lunch. He was a man with whom you felt safe as a small boy. He walked with me to show me the Kindergarten I would be going to.²



Abbildung 6.5. – Die junge Familie 1905 (Quelle: Tjada de Sitter)

Dass es innerhalb der Familie recht harmonisch zugeht, wurde auch von de Sitters Frau in ihrer (zugegeben romantisch verklärten) Biografie hervorgehoben:

Und dann die Sonntage; das regelmäßig wiederkehrende Aufblühen von bewusstem Glück inmitten vom täglichen Leben. Willem machte alles mit, auf seine Art ruhig und einfach, doch mit Herz und Ziel, genoss er alle großen und kleinen Dinge in unserem herrlichen Zuhause.³

De Sitters Sohn Ulbo, der wie sein Vater ebenfalls eine akademische Karriere bis hin zur Professur (in Geologie) durchlaufen hatte, hat seinem Sohn Reinold de Sitter einmal von den weniger angenehmen Seiten vom Leben eines Sohnes eines angesehenen Professors erzählt: Er wäre Geologe geworden, weil dies das Einzige gewesen sei, was sein Vater ihm übrig gelassen habe. Und auch sein Sohn Reinold wiederum habe einen gewissen Druck verspürt, Mathematik oder Astronomie zu studieren (dem er aber nicht nachgegeben habe).⁴

Zu de Sitters sportlichen Aktivitäten zählten das Schwimmen und das Schlittschuhlaufen. Weiterhin wurde berichtet, dass er als Student auch ein guter Reiter⁵, und dass

überliefert, siehe [deSitter98, S. 3]. Seine Kinder nannten de Sitter „Adie“ (Vati), er selbst nannte seine Frau „Non“, ebenfalls [deSitter98, S. 3] (Nach [Int04]: Mutter wurde „Moedi“ (Mutti) genannt. „Non“ ist Kurzform für Eleonore und nach Enkelin Wobine Ishwaran bedeutet es in Indonesien „Mädchen“).

¹Sohn von Ulbo und Bruder von Wolter Reinold de Sitter

²[deSitter98, S. 3]

³Meine Übersetzung von: „En dan de Zondagen; de regelmatig terugkeerende opbloeiingen van bewust geluk temidden van het dagelijksch leven. Willem deed aan alles mee, op zijn manier rustig en eenvoudig, toch met hart en ziel, genoot van alle groote en kleine dingen in ons heerlijk thuis.“, [deSitter Suermondt40, S. 29]. Zu den Sonntagsunternehmungen siehe auch [deSitter Suermondt40, S. 27].

⁴[Int04]

⁵Schlittschuhlaufen: [Huizinga35b, S. 103], Schwimmen: [deSitter Suermondt40, S. 14, 28], Reiten: [Huizinga35b, S. 103].

das Wandern durch und der Aufenthalt in der Natur für ihn eine Freude und Erholung gewesen sei.¹



Abbildung 6.6. – Eleonore de Sitter (r.) mit Kindern (v.l.n.r.) Aernout, Agnes, Theodora und Lamoraal Ulbo (Datum unbekannt) (Quelle: Reinold de Sitter)

Nicht nur auf wissenschaftlichem Gebiet sondern auch im sprachlichen Bereich war de Sitter sehr bewandert. Dies kann man beispielsweise an seinen Briefwechseln erkennen, welche u.a. auf Holländisch, Deutsch, Englisch und Französisch verfasst waren.² Dies nutzte er nicht nur beruflich, sondern auch in seiner Freizeit, denn zu seinen Hobbys zählte nach Richard Chant unter anderem das Lesen deutscher Gedichte und nach Eddington war er ein Liebhaber von Kunst und Literatur.³ Die Leidenschaft des Lesens teilte er mit seiner Frau, mit der er bereits in ihrer Zeit in Südafrika zusammen gelesen hatte.⁴

Aber nicht nur er, sondern auch alle anderen Familienmitglieder beherrschten die Sprachen Englisch, Französisch, Deutsch und natürlich Holländisch⁵ und nutzten dies, um Texte im Original zu lesen.⁶ Nach Schouten hat de Sitter Newtons „Principia“ stets in Latein gelesen.⁷ Das de Sitter die englische Sprache nahezu perfekt beherrschte⁸ wurde spätestens bei seiner Teilnahme an dem Wett-

¹So schrieb es seine Frau in [deSitter Suermondt40, S. 8f, 12f, 21f], um einige Passagen herauszugreifen. Besonders gerne hatte er, wenigstens in seiner Studentenzeit, die „Veluwe“ (großes Waldgebiet im Norden der Provinz Gelderland, in der Arnhem liegt) durchwandert.

²Siehe auch [deSitter98, S. 2].

³[Chant35, S. 3], [Eddington34, S. 925]

⁴Etwa Homer in der Übersetzung von Morris, siehe [deSitter Suermondt40, S. 13], Platos *Phaidon* und *Symposion* [deSitter Suermondt40, S. 59].

⁵Weiterhin führte Schlesinger aus, dass Italienisch und die Skandinavischen Sprachen wenigstens einem Familienmitglied vertraut waren, siehe [Schlesinger36, S. 549].

⁶[Schlesinger36, S. 549], [Chant35, S. 3].

⁷„[...] een groot bewonderaar van Newton, die diens „Principia“ steeds in het Latijn las [...]“, [Schouten50, S. 268]. Chant bemerkte: “[...]Latin was used at a special convocation at the University of Leyden [and]I felt confident that de Sitter could express himself in that language also.”, [Chant35, S. 3].

⁸Siehe auch Bowie an Schlesinger, 28.04.1931, YUL: “[...] he speaks English fluently and with scarcely any accent.”

bewerb¹ um den Eugene Higgins Prize (siehe auch S. 219) deutlich. In dem einleitenden Kapitel wird die teilweise schlechte Qualität der (in Englisch zu verfassenden) Beiträge von Nicht-Muttersprachlern kritisiert, aber:

Drs. De Sitter and Schlick were the notable exceptions to this; both showed the ability to compete on a footing of absolute equality with the best of the native product.²

Obwohl sprachlich geschickt, war de Sitter nicht musikalisch veranlagt wie etwa Einstein.³ Er selbst hat kein Instrument gespielt, seine Kinder hingegen schon, siehe Abbildung 6.6.

6.3.2. Gesundheitsprobleme

But we knew that his health was poor, because deSitter had been suffering from tuberculosis, early in his life. And in fact, I think, that was about the time when he was appointed director of the Leiden Observatory.

([Blaauw79, S. 18])

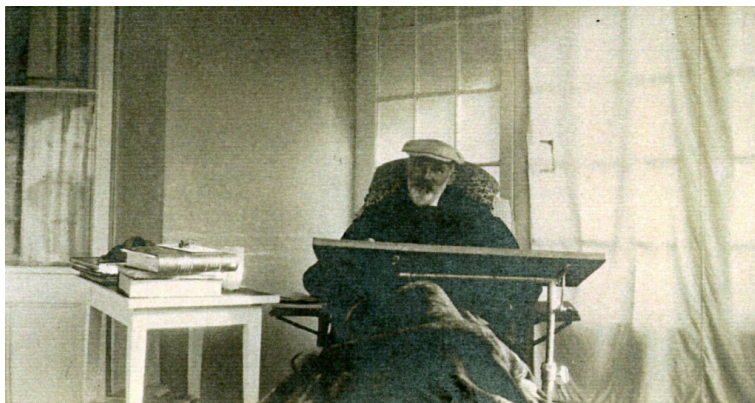


Abbildung 6.13. – Willem de Sitter in Sanatorium, Ort und Datum unbekannt (Quelle: Willem Jan de Sitter) handelt habe.⁴

Etwa ab 1917 war es um die Gesundheit de Sitters nicht so gut bestellt. Darüber, welche Krankheit er genau hatte, gibt es keine absolut sicheren Belege. Sein Enkel Reinold de Sitter vermutete aus der langen Krankheitsgeschichte, dass es sich bei der Krankheit seines Großvaters wahrscheinlich nicht um Krebs sondern eher um chronische Tuberkulose oder eine chronische Entzündung gehandelt habe.⁴

Zunächst war er zu Hause ans Bett gefesselt und musste sich Ende März 1917 schließlich in das Sanatorium „Dennenoord“⁵ begeben, von wo er schrieb: „Die Sache ist gar nicht

¹Zum Hintergrund des Wettbewerbs siehe Kapitel I (S. 1-18) [Bird21] bzw. [Hentschel90, S. 6264].

²[Bird21, S. 10]

³Nach der Aussage seiner Enkel: “No, he wasn’t musical.” auf meine Frage nach einem Instrument, [Int04]. Diese Eigenschaft teilte er anscheinend mit Kapteyn, siehe [Hertzprung-Kapteyn28, S.105f].

⁴[deSitter98, S. 4]

⁵Siehe Fußnote 2 zu [Einstein98, Doc 311]. Hier wird als Krankheit Tuberkulose genannt ohne nähere Ausführungen, woher diese Angabe stammt. Der Namen des Sanatoriums entstammt [Einstein98, Doc 321]. Einstein war besorgt über de Sitter Gesundheitszustand, denn er schrieb am 14.02.1917 an Ehrenfest „De Sitters Zustand macht mir Sorge; schreibe mir bitte etwas genauer darüber.“, Einstein

ernstig, nur langweilig.“¹. Zurückgekehrt nach Leiden war er dann im Oktober 1917, wie er Innes mitteilte: “Since the beginning of October I am back Leiden, and trying to get to regular work again. I believe I have recovered entirely and I feel very strong and healthy.”² Trotz des Sanatoriumaufenthaltes war die Gesundheit de Sitters zwischen 1917 und 1919 nie wieder richtig hergestellt und als es ihm 1919 erneut schlechter ging und er für einige Zeit ans Bett gefesselt³ war, folgte er dem Rat seines Arztes und begab sich zur Kur nach Arosa.⁴ Laut F. Schlesinger hatte de Sitter bei einer Gallenstein-Operation 1919 eine Überdosis Äther erhalten, was bei ihm zu Phthisis⁵ führte und weshalb er sich für eine so lange Zeit⁶ in Kur begeben musste.⁷ Innes, der von de Sitter selbst von dessen Krankheit erfahren hatte, schrieb: “Do try and get well - we cannot afford to have men like yourself on the sick-list.”⁸ Sein Aufenthalt⁹ im Waldsanatorium in Arosa erstreckte sich über einen sehr langen Zeitraum, da der Genesungsprozess nur schleppend voranschritt. Etwa 4 Wochen nach de Sitters Ankunft in Arosa schrieb Fokker an Lorentz: „Leider muß Prof. de Sitter wieder für einige Zeit das Bett hüten“¹⁰ Am Ende des Jahres berichtete er:

Prof. de Sitter muß noch immer das Bett hüten. Bei der Untersuchung gestern fand Dr. Römisch eine deutliche Besserung. Er ist wohlgenut, obwohl es ihn natürlich gehörig langweilt. Sein Sohn verbringt nun seine Weihnachtsferien hier in Arosa.¹¹

Anfang 1920 durfte de Sitter bereits wieder aufstehen: „De Sitter kommt nun wieder zu Tisch.“¹² Einer Bemerkung Ehrenfests in einem Brief an Einstein kann man entnehmen:

an Ehrenfest, 14.02.1917, [Einstein98, Doc 298], EA 9-398. Dieser konnte ihn im Juni von Besserung berichten: „Onnes und De Sitter sind nun viel besser“, Ehrenfest an Einstein, 14.06.1917, [Einstein98, Doc 352], EA 9-404.

¹de Sitter an Einstein, 01.04.1917, [Einstein98, Doc 321], EA 20-551

²de Sitter an Innes, 08.11.1917, CSIR

³Am 03.09.1919 schrieb de Sitter an Innes: “At present, and perhaps for a few months to come, I am mostly confined to any bed, and can only go about so much as is absolutely necessary for the control of the observatory.”, CSIR.

⁴siehe de Sitter an Innes, 01.12.1919, CSIR

⁵Allg. Auszehrung, normalerweise hervorgerufen durch Tuberkulose.

⁶Anfangs ging man von einer Aufenthaltsdauer von sechs Monaten aus, wie de Sitter am 01.12.1919 an Innes schrieb.

⁷[Schlesinger35, S. 90], bzw. [Schlesinger36, S. 548]. “And he had then been in a sanitorium in Switzerland. I know that from that sanitorium, he began to direct the affairs and the reorganization of Leiden Observatory. All his life, and certainly at the time I had known deSitter, he was a man of slow movement. He would never walk quickly. And I understand that was all connected with the fact that he had only one lung left. The other lung was entirely out of operation. So he had to do things very carefully.”, [Blaauw79, S. 18]

⁸Innes an de Sitter, 27.10.1919

⁹Nach [deSitter98, S. 4] war de Sitter mehrfach zur Kur in Arosa, dafür habe ich aber keine Belege finden können.

¹⁰Meine Übersetzung von: „Jammer genoeg moet Prof. De Sitter weer voor eenigen tyd het bed houden.“, Fokker an Lorentz, 02.11.1919.

¹¹Meine Übersetzung von: „Prof. De Sitter moet nog maar steeds het bed houden. Bij het onderzoek gisteren vond dr. Römisch een duidelijke beterschap. Hy is welgemoed, al verveelt het hem natuurlyk duchtig. Zijn zoon brengt nu zyn Kerstvacantie hier in Arosa door.“, Fokker an Lorentz, 27.12.1919.

¹²Meine Übersetzung von: „De Sitter komt nu weer aan tafel.“, Fokker an Lorentz, 20.01.1920.

„De Sitter ist vorläufig noch in Arosa – *langsam* besser werdend.“¹ Kurz darauf musste er einen Rückschlag hinnehmen, denn:

De Sitter macht nun leider eine schwere Zeit durch. Nachdem es ihm ganz gut ging, begann mit einer Grippe die Misere. Mit absoluter Ruhe muß er nun das Bett hüten.²

Laut den „Fremdenlisten“ erstreckte sich der gesamte Aufenthalt vom 18.10.1919 bis zum 07.05.1921.³ Dabei deckt sich das Anreisedatum nicht mit der Angabe aus dem Brief von Fokker an Lorentz vom 13.10.1919, in dem Fokker schrieb „Vorigen Mittwoch [08.10.1919] haben wir Prof. de Sitter hier willkommen geheißen.“⁴ Fokker war zu diesem Zeitpunkt bereits selbst in Arosa zur Kur gewesen, was man etwa aus Briefen entnehmen kann.⁵ Das in den Listen genannte Abreisedatum stimmt nicht mit de Sitters eigenen Angaben überein, nach denen er bereits am 02.04.1921 aus Arosa nach Leiden zurückgekehrt war⁶ und auch nicht mit der Zeitungsmeldung in *Het Vaderland*, nach der er am 03.04.1921 zurückgekehrt war⁷. Auf jeden Fall wurde er während seines Aufenthaltes dort von seiner Frau und seiner ältesten Tochter Dora⁸ sowie seinem Sohn Ulbo besucht⁹, der teilweise während dieser Zeit in Zürich studierte und auch mit seinem Vater zusammen angereist war.¹⁰ Seine Frau schrieb über ihren Besuch:

Als ich ihn in Arosa besuchte, fand ich dort ein herzliches Verhältnis zwischen ihm und den anderen Menschen vor. Ein Patient von über vierzig war etwas ungewöhnlich in dem Sanatorium. Er war der väterliche Freund von allen.¹¹

Während seiner Abwesenheit wurde de Sitters Position des Direktors, die er erst kurz

¹Ehrenfest an Einstein, 13.04.1920, [Einstein04, Doc 373, Fn17]

²Meine Übersetzung von: „De Sitter maakt nu hellaas een moeilyken tyd door. Nadat hy heel goed geweest was, begon met een influenza de misere. Met absolute rust moet hy nu het bed houden.“, Fokker an Lorentz, 21.04.1920.

³Quelle: Frau Ruth Licht aus Arosa, die aus den alten Fremdenlisten diese Angabe herausgesucht hat.

⁴Meine Übersetzung von: „Verleden Woensdag hebben wy Prof. De Sitter hier het welkom toegeroepen.“, Fokker an Lorentz, 13.10.1919.

⁵Siehe auch [Snelders89, 174]. Sein Aufenthalt erstreckte sich mindestens vom 22.04.-20.12.1920, wie man aus seinen Briefen an Lorentz schließen kann. Er war nach eigenen Angaben in [Fokker63, S. 13] im Winter 1918 und in zwei weiteren Wintern in der Schweiz zur Kur gewesen (er gab hier keine Orte an) wegen einer Tuberkuloseerkrankung, die er sich während seines Dienstes in der Armee zugezogen hatte. Auch Einstein kannte Arosa durch einen Aufenthalt dort in 1917, siehe [Einstein98, Doc 357,363].

⁶de Sitter an Innes, 27.11.1921, CSIR

⁷[N.N.21a]

⁸In den Fremdenlisten war ebenso zu ersehen, dass de Sitters Frau (31.7.1920-25.9.1920) und die älteste Tochter Dora (31.7.1920-14.8.1920) ihn dort zumindest einmal besucht haben.

⁹z. B. in den Weihnachtsferien 1919, siehe Fokker an Lorentz, 27.12.1919

¹⁰de Sitter an Innes, 01.12.1919, CSIR bzw. Fokker an Lorentz, 13.10.1919

¹¹Meine Übersetzung von: “Toen ik hem in Arosa opzocht, vond ik er een hartelijke verhouding tusschen hem en de andere menschen. Een patië van over veertig was iets ongewoons in het sanatorium. Hij was er vaderlijke vriend van allen.”, [deSitter Suermondt40, S. 34].

zuvor angetreten hatte, von Hertzsprung vertreten.¹ Dennoch konnte de Sitter durch postalischen Kontakt an der zu dieser Zeit begonnenen Erneuerung der Sternwarte mitarbeiten.² Nicht nur mit Leiden hielt er den Kontakt per Post aufrecht, sondern auch mit seinen Kollegen:

Er blieb mit allen Astronomen in Kontakt, hatte dadurch eine sehr ausgedehnte Korrespondenz. Aber sein Enthusiasmus galt vor allem der Relativität. Draußen in seinem Liegestuhl arbeitete er immer. Er hatte ein kleines Pult daran befestigen lassen³ und so vergaß er Arosa⁴, Krankheit und Patienten.⁵

Trotz seiner gesundheitlichen Beeinträchtigung war de Sitter sehr aktiv und allem Anschein nach an seinem wissenschaftlichen Arbeiten nicht sonderlich gehindert.⁶ Besonders wenn man bedenkt, dass ein großer Teil der berühmten Debatte mit Einstein während des Aufenthaltes in Doorn stattgefunden hat und dass allem Anschein nach sein “Third paper”, das bekanntest der Serie, auch dort entstanden ist.⁷ Das einzige was ihn etwas bremste war die Tatsache, dass er nicht genügend Unterlagen und Literatur im Sanatorium zur Verfügung hatte, weshalb er gelegentlich Lorentz um die Zusendung von Separata bat und diesem umgekehrt Manuskripte zur Vorlage bei der Amsterdamer Akademie schickte.⁸ Er selbst hat es schon so empfunden, dass sein wissenschaftliches Werk durch seine Krankheit behindert worden ist, denn er schrieb am 16.04.1931 an Schlesinger, Bezug nehmend auf dessen gesundheitliche Probleme:

It has taken me years to recover completely from my illness about ten years ago. Altogether I reckon that there is a gap of two to three years in my scientific work, but that is all ancient history now. And so, I presume, it will be in your case. Have patience, and trust your doctor.⁹

Zwischen de Sitter und Ritz gab es eine Parallele (wenn auch nicht zeitlich), denn auch Ritz hatte gegen Ende der ersten Dekade der 1910er Jahre Lungenprobleme und

¹Vom 6.10.1919 bis 2.4.1921, siehe [deSitter21c]. Während dieser Zeit gab es Spannungen zwischen ihnen, denn de Sitter hatte ihn nicht ermächtigt, über die finanziellen Belange zu verfügen, siehe [Baneke02, S. 33].

²[deSitter Suermondt40, S. 36]

³Vgl. Abbildung 6.13

⁴Möglicherweise ist hier sein Aufenthalt in Doorn gemeint, denn dieser passt zeitlich eher zu seiner intensiven Beschäftigung mit der Relativität.

⁵Meine Übersetzung von: “Hij bleef met alle astronomen contact houden, had daardoor een zeer uitgebreide correspondentie. Maar het enthousiasme gold vooral de relativiteit. Buiten in zijn ligstoel werkte hij altijd. Hij had er een lessenaartje aan laten bevestigen en zoo vergat hij Arosa, ziekte en patiënten.”, [deSitter Suermondt40, S. 36].

⁶z. B. [Oort35, S. 23]

⁷Siehe Docs. 311, 312, 313, 317, 321, 325, 327, 351, 355, 356, 359, 363, 366, 370 aus [Einstein98]. Siehe auch [Schouten50, S. 269]. “Third paper”, [deSitter18], unterschrieben mit “Doorn, 1917 July”. Auch das “First paper”, [deSitter16], ist scheinbar nicht in Leiden entstanden, denn es ist mit “Domburg, 1916 August” unterschrieben. Ob es sich bei diesem Aufenthalt um einen krankheitsbedingten handelte, lässt sich bisher nicht belegen, auch wenn [Hins35, S. 7] dies so schrieb.

⁸Siehe de Sitter an Lorentz, 24.06.1916, 28.06.1916, RNH.

⁹de Sitter an Schlesinger, 16.04.1931, YUL

da dieser nicht genug Geld hatte, sich einen Aufenthalt in Arosa leisten zu können, hatte Max Born zusammen mit Leonard Nelson in Göttingen versucht, Geld aufzubringen, um Ritz eine Kur ermöglichen zu können. Leider kam diese Hilfe für Ritz zu spät, denn er verstarb, bevor er eine Kur hätte antreten können.¹

6.4. Wissenschaft als Brücke

6.4.1. Im Widerstreit mit Nationalismus

Dass de Sitter jemand war, der wie Eddington² um die Wichtigkeit internationaler Zusammenarbeit wusste, diese unterstützte und selbst nutzte ist durch viele Quellen belegbar.³ Ob er dies bereits „von Hause aus“ mitbrachte⁴ oder erst durch die Zusammenarbeit mit Kapteyn bzw. Gill in ihn eingepflanzt wurde, kann man sicherlich nicht mehr feststellen – es ist aber sicher, dass ihm seine „Lehrer“ internationale Zusammenarbeit vorgelebt haben, was seine Einstellung bestimmt mitgeprägt hat.⁵

Internationale wissenschaftliche Kooperation, so wie sie de Sitter sich vorstellte, sollte jenseits von politischen oder nationalen Belangen funktionieren (anknüpfend an den Internationalismus der Vorkriegszeit im Sinne einer friedlichen Koexistenz⁶):

The true progress of science is only possible by constant interchange of ideas and of workers between one country and another. In fact scientific men, to whatever nation or state they may belong, and whatever may be their political views in daily life, in the matter of science always are the most convinced free-traders. Free interchange is an absolute necessity, an indispensable condition of existence of science. [...] It is only to be regretted that men of science have also to obey the laws of their country, which are not always made with the view to the wants of science.⁷

Dies passt zu der Aussage, welche seine Frau posthum über ihren Mann traf: „Soweit es die Wissenschaft betrifft, hat er bei sich selbst und bei anderen politische Gefühle

¹Aus Born, Max, *My Life: Recollections of a Nobel Laureate*, London, Taylor & Francis, 1978, S. 94-5. Zitiert in [Martínez04, S. 14f].

²vgl. etwa [Stanley04, S. 24]

³Im Übrigen war Zusammenarbeit für ihn nicht nur die lokale Kooperation innerhalb einer Institution oder weltweit, sondern er sah auch die Verfolgung einer Problematik durch die Zeit durch verschiedene, nacheinander lebende Personen als Zusammenarbeit an, siehe [deSitter32b, S. 22].

⁴Diese These könnte man mit de Sitters eigenen Worten erklären: “The citizens of small nations have some very real advantages over those of the countries of great political power. [...] because they – perhaps more by necessity than by choice – partake in the world’s strife more as spectators than as actors, the outlook of the denizens of small countries is apt to be more unprejudiced, and it is easier for them to take an international point of view of problems involving the interests of all nations.”, [Stratton29, S. 208].

⁵Zu Gill und internationaler Kooperation siehe etwa [Warner79, S. 92]. De Sitter beschreibt Kapteyns internationale Kontakte und dessen „Gefühle“ bezüglich des ersten Weltkrieges in [deSitter24e, S. 182].

⁶[Metzler00, S. 103]

⁷[deSitter26k, S. 118f]

bekämpft.“¹

Dies bedeutet jedoch nicht, dass er nicht stolz auf die Leistungen holländischer Wissenschaftler war. 1925 sagte anlässlich des 50 jährigen Doktorates von Lorentz (der sich im Übrigen auch sehr für die Wiederherstellung der internationalen Kontakte eingesetzt hatte²):

Unsere Position zwischen den Nationen, sowohl auf materiellem als auch politischen Gebiet, wurde durch diese Wertschätzung von unserer wissenschaftlichen Leistung zweifelsfrei kräftig unterstützt. Der geistige Besitz eines Volkes macht am Ende seine größte und einzig bleibende Kraft aus.³

Während des Krieges hatte de Sitter anti-deutsche Gefühle gehabt: “During the whole of the war Kapteyn has been decidedly anti-German⁴, though his feelings were probably not so strong as mine.”⁵ Zusammen mit einigen seiner Professoren-Kollegen (u.a. Ehrenfest⁶) hatte er an einer Schießübung teilgenommen, siehe Abbildung 6.14.⁷ Und auch unmittelbar nach dem Krieg war er noch zurückhaltend gewesen:

Deutschland hat diesen Weltkrieg begonnen und Deutschland muß dafür büßen: Das ist die einzige Art und Weise um in der Zukunft einer Wiederholung vorzubeugen. [...] Der „neutrale“ Standpunkt, dass beide Seiten gleich schlecht sind, hat mich den ganzen Krieg geärgert und ich mache daher nun auch nicht mit.⁸

Die Zurückhaltung währte aber nicht lange und bald bemühte de Sitter sich um eine Normalisierung der internationalen Zusammenarbeit, d.h. die Spaltung der wissenschaftlichen Welt umzukehren bzw. daran nicht zu partizipieren.

¹Meine Übersetzung von: „Als het de wetenschap gold, heeft hij bij zichzelf en bij anderen politieke gevoelens bestreden.“, [deSitter Suermondt40, S. 45].

²[McCormmach80, S. 489]

³Meine Übersetzung von: „Onze positie tusschen de naties, ook op materieel en ook op politiek gebied, wordt door deze waardeering van onze wetenschappelijke praestatie ongetwijfeld zeer krachtig gesteund. Het geestelijk bezit van een volk maakt ten slotte zijn grootste, en zijn eenige blijvende, kracht uit.“, [deSitter26g, S. 2f], siehe auch [Otterspeer97, S. 39].

⁴Eine Beschreibung, wie Kapteyn zu dem Krieg stand, was er unternahm, um die Wissenschaft „als über diesen Dingen stehend“ zu erhalten, ist beschrieben in [Hertzprung-Kapteyn28, S. 144-53]. Kapteyn schrieb beispielsweise an Eddington im Januar 1917: “It is my conviction that science must in the long run directly and indirectly become a mighty factor in bringing peace and goodwill among men. If the men of science do give an example of hate and narrowmindedness, who is going to lead the way?”, zitiert nach [Hertzprung-Kapteyn28, S. 149f].

⁵de Sitter an Hale, 09.03.1921. Diese Aussage erklärt auch die Zeile von Hins in seinem „In Memoriam“, wo er sehr vage schrieb „de Sitter hatte in dieser Zeit sehr ausgeprägte Sym- und Antipathien“ („de Sitter had in dien tijd zeer geprononceerde sym- en antipathien“, [Hins35, S. 6].

⁶[Klein85, S. 298]

⁷Am 01.05.1915 in den Dünen von Katwijk, siehe Abb. 165 in [Ekkart75, S. 90].

⁸Meine Übersetzung von: „Duitschland is deze oorlog begonnen en Duitschland moet daarvoor boeten: dat is de eenige manier om in de toekomst een herhaling te voorkomen. [...] Het „neutrale“ standpunt, dat beide partijen even slecht zijn, heeft mij den helen oorlog geërgert, en ik doe daar ook nu niet aan mee.“, de Sitter an Kapteyn, 13.06.1919, zitiert nach [Otterspeer97, S. 110f]. Siehe dort ebenfalls für die Umstände (Rundbrief Kapteyn/Heymans), die zu dieser Äußerung führten.

Dass seine internationale Ausrichtung noch nicht von allen Kollegen geteilt wurde, musste er jedoch 1921 erfahren, als er bei Vorbereitungen anlässlich Kapteyns 70. Geburtstag auf Widerstände traf, welche Nachwehen des vor fünf Jahren beendeten Krieges waren.¹ In Zusammenarbeit mit Hale, Dyson, Küstner, Donner und van Rhijn sollte eine Edition von Kapteyns „Gesammelten Werken“ zusammengestellt werden. Er fand auch weitere Unterstützung, z. B. durch Eddington, aber gerade in England war die Erinnerung an den Ersten Weltkrieg noch zu frisch. Viele Astronomen, darunter H.H. Turner oder Walter S. Adams kreideten Kapteyn, als Bürger eines neutralen Staates, unter anderem an, dass er den Orden „pour le Mérite“ vom deutschen Kaiser angenommen und nach Ausbruch des Krieges nicht zurückgegeben hatte² oder einen Rundbrief mit seinem Freund Heymans an Akademien weltweit verschickt hatte, in dem er dazu aufgerufen hatte, wieder Beziehungen mit den Deutschen aufzunehmen.³ Von diesen Querelen und den Anschuldigungen „pro-Deutsch“ zu sein (was wohl auch nicht der Wahrheit entsprochen hätte)⁴ hatte Kapteyn vermutlich nichts mitbekommen⁵, eine Edition seiner Werke kam jedenfalls aus diesem Anlass nicht zu Stande.



Abbildung 6.14. – Schießübung Leidener Professoren in den Dünen von Katwijk, 01.05.1915 u.a. Huizinga (4.v.l.), Ehrenfest (6.v.l.), de Sitter (5.v.r.) (Quelle: [Ekkart75, S. 90])

De Sitter, der an Hale (der maßgeblich an der Gründung des International Research Council (IRC) beteiligt gewesen war und auch den Ausschluss Deutschlands aus selbigem befürwortet hatte⁶) bezüglich der „Kapteyn-Affäre“ geschrieben hatte

that considerations of a political or national nature should not influence the opinions of scientific men on each other merits⁷

hatte allem Anschein nach weniger Probleme, relativ früh wieder mit seinen deutschen Kollegen zusammenzuarbeiten (die ansonsten von der internationalen Community ausgeschlossen waren⁸, z.T. selbstverschuldet aufgrund der nicht ausgesprochenen Entschuldigung für den als „Aufruf der 93“ bekannt gewordenen Aufruf „An die Kulturwelt!“

¹Für Details siehe [vanderHeijden00, S. 34-40].

²Er hatte ihn nach Erhalt der Nachricht vom Ausbruch des Krieges zurückweisen wollen, was er aber aufgrund einer falschen Auskunft des Deutschen Konsuls in Groningen nicht getan hat, siehe [Hertzprung-Kapteyn28, S. 245f].

³siehe z. B. [Blaauw94, S. 59ff]

⁴[vanderHeijden00, S. 37]

⁵[vanderHeijden00, S. 38]

⁶[Metzler00, S. 110f]

⁷de Sitter an Hale, 09.03.1921, CalTech

⁸[Metzler00, S. 110f]

von 1914¹), denn in [deSitter21c, S. 7] (1921) wird ein aus Potsdam geliehenes Instrument erwähnt, später (S. 9) ein Besuch von Hins in Berlin und im Dezember 1921 und Herbst 1923 war van den Bos zu Besuch in Potsdam gewesen.² De Sitter lag damit auf einer Wellenlänge mit Eddington, der 1921 als einziger Engländer der ersten Tagung der Astronomischen Gesellschaft im Potsdam beigewohnt hatte³ und vermutlich ebenfalls mit Lorentz, der sich 1925 für eine Aufnahme der Deutschen in das IRC eingesetzt hatte, aber am Widerstand vor allem Frankreichs gescheitert war.⁴

Geleitet von seinen Idealen, welche er in seiner Rede „De eenheid der wetenschap“⁵ formuliert hatte, nutzte er die Vorbereitungen zur Vollversammlung der IAU (International Astronomical Union) 1928 in Leiden um die Kluft zwischen den Nationen zu überbrücken (schon 1922 hatte dies ein anderer Niederländer, Ernst Julius Cohen durch einen Chemikerkongress in Utrecht versucht⁶).⁷

Trotz seiner Bemühungen und trotz der positiven Entwicklung ahnte de Sitter wohl, was der Menschheit noch bevorstehen würde. In der genannten Rede nahm er Bezug auf die von Einstein aufgezeigte Äquivalenz zwischen Materie und Energie, wohlwissend um das darin steckende Potenzial:

Dies [Umwandlung von Materie in Energie] haben wir noch nicht vor unseren Augen ablaufen sehen und noch viel weniger sind wir im Stande es selbst zuwege zu bringen. Hoffen wir, dass die Menschheit darin keinen Erfolg haben wird ehe die gegenwärtig gebräuchlichen Methoden um Konflikte zwischen größeren Menschengruppen zu schlichten zu den lange vergessenen, barbarischen Vergangenen gehören werden.⁸

¹[Metzler00, S. 92/121ff]

²[deSitter23b, S. 185], [deSitter24l, S. 31]

³[Hertzprung-Kapteyn28, S. 153], hier wird aber irrtümlich 1920 anstatt 1921 angegeben, vgl. <http://www.ari.uni-heidelberg.de/AG/ag6taggalt.html>, 1.12.2004.

⁴[Metzler00, S. 124/7]

⁵[deSitter26c]

⁶Siehe [Otterspeer97, S. 175/179]

⁷[Otterspeer97, S. 181]

⁸Meine Übersetzung von: „Dit hebben wij nog nooit onder onze oogen zien gebeuren, en nog veel minder zijn wij in staat het zelfs teweeg te brengen. Laten wij hopen dat de menschheid hierin niet zal slagen voordat de tegenwoordig gebruiklijke methoden om geschillen tusschen groote groepen menschen te beslechten tot een lang vergeten barbaarsch verleden zullen behooren.“, [deSitter26c, S. 15].

6.4.1.1. General Assembly der IAU 1928 in Leiden

Durch seine Präsidentschaft der IAU von 1925-28 hatte de Sitter, ermöglicht durch deren Statuten¹, die Gelegenheit, aktiv dafür zu sorgen, dass an der 3. General Assembly² der IAU in Leiden 1928³ erstmals deutsche Astronomen (und Astronomen weiterer sieben Länder⁴, die nicht der IAU angehörten⁵) teilnehmen durften.⁶

Dass es möglich war, Astronomen der ehemaligen Zentralmächte teilnehmen zu lassen, die zuvor explizit ausgeschlossen waren, war Ergebnis vorausgegangener Prozesse.⁷ Diese können hier nicht detailliert wiedergegeben werden, aber zumindest die Dinge de Sitter betreffend sollen Erwähnung finden.

Bereits im Vorfeld der Assembly 1925 in Cambridge hatte es Unmut bei einigen Mitgliedsländern der IAU gegeben (nicht nur „neutralen“ sondern auch aus den Reihen der Alliierten), dass bestimmte Länder von der Aufnahme ausgeschlossen waren.⁸

De Sitter, der von 1922-25 einer ihrer Vizepräsidenten (als Vertreter der nicht-alliierten Länder) war, schrieb im Vorfeld der General Assembly am 27.01.1925 einen Brief an das Executive Committee mit dem Vorschlag, bei der Vollversammlung eine Statutenänderung des IRC anzuregen mit dem Ziel, bislang ausgeschlossenen Staaten den Zugang zur IAU zu ermöglichen – Grund:⁹ “Astronomy is the most international of all sciences, and for many of its large undertakings the cooperation of observatories all over the world is necessary.”¹⁰ Er erhielt zwar Unterstützung durch den Präsidenten der IAU, Campbell (USA) sowie die Vizepräsidenten Cerulli (Italien) und Hirayama (Japan), ein weiterer allerdings, Deslandres (Frankreich), lehnte den Vorstoß ab.¹¹ De Sitter entschied, die Sache vorläufig nicht weiter zu verfolgen.¹²

¹Siehe beispielsweise [Fowler25, S. 247-51], speziell Punkt VI.17.

²Für Einzelheiten der Leidener Assembly siehe [Stein28] und [Blaauw94, S. 94-99]. Im Nachlass von W. Meggers, findet sich das Programm der Versammlung mit den “Local Arrangements and General Programme”. Dort werden viele Details beschrieben wie z. B. Abläufe, organisatorisches oder auch das Programm für die mit angereisten Ehefrauen (Box 63, Folder 7, William F. Meggers Papers, Addition, 1870-1973. American Institute of Physics, Niels Bohr Library, College Park, MD 20740, USA).

³1922 hatte es eine Anfrage der Amerikaner gegeben, die Assembly 1928 in den USA stattfinden zu lassen, [Blaauw94, S. 69].

⁴Russland, Ungarn, Rumänien, China, Österreich, Estland und Litauen, siehe [deSitter29e, S. 211]

⁵Siehe Auflistung der Mitglieder in [Stratton29, S. 3].

⁶[Blaauw85], [deSitter Suermondt40, S. 47], [Schouten50, S. 263f]. Bei den ersten beiden Versammlungen der IAU (1922 Rom, 1925 Cambridge) war u.a. Deutschland von der Teilnahme ausgeschlossen, [vanderBilt34, S. 403].

⁷Die ganze Geschichte wird in [Blaauw94] dargestellt. So wurden z. B. die Statuten 1922 so abgeändert, dass auch Astronomen, die aus Ländern kamen die noch nicht der IAU (bzw. dem International Research Council (IRC)) angehörten und zum Beitritt eingeladen waren (Deutschland wurde 1926 dazu eingeladen), vom Präsidenten eingeladen werden durften, [Blaauw94, S. 71f] Formell wurde diese Statutenänderung erst 1928 in Leiden vollzogen, [Stein28, S. 325].

⁸[Blaauw94, S. 72]

⁹[Blaauw94, S. 72f]

¹⁰de Sitter an Executive Committee, 27.01.1925, zitiert nach [Blaauw94, S. 73]

¹¹[Blaauw94, S. 74].

¹²[Blaauw94, S. 74]. Nach Dyson hätte die Änderung zu einem Austritt Frankreichs geführt, was Britische Astronomen zu verhindern versucht hätten, [Blaauw94, S. 73].

Trotz dieser Widerstände unterschrieben am Ende der Assembly in Cambridge 59 anwesende Mitglieder einen Aufruf “to render the Union international in the complete sense of the word” und es gab zusätzlich statements von den Delegationen einiger Länder (z. B. USA, Kanada, Spanien, Japan, Schweden, Italien¹) mit demselben Ziel.²

Nun kam langsam Bewegung in die Sache.³ Es gab eine außerordentliche Vollversammlung des IRC am 29.06.1926 in Brüssel. De Sitter, nun Präsident der IAU, war in Vertretung Dysons dort anwesend und konnte eigenhändig mit über die vom Präsidenten des IRC, Picard, vorgeschlagene Änderung der Statuten abstimmen: Sie wurde einstimmig angenommen.⁴ Damit war prinzipiell der Weg frei, die ehemaligen Zentralmächte in die IAU aufnehmen zu können.

¹So sagte etwa Cerulli von der italienischen Abordnung: „[N]o further meeting of the IAU should be held until it can be completely international.“, [Fowler25, S. 219].

²[Blaauw94, S. 76f], [Fowler25, S. 219/220/223]

³Waren es 1925 noch etwa 50 % aller Fachtagungen, an denen die deutschen Wissenschaftler teilnehmen konnten, so wurden es es ab etwa 1926 stetig mehr, [Metzler00, S. 139].

⁴[Blaauw94, S. 84]



Abbildung 6.7. – Willem mit seiner Mutter, 1876 (Quelle: Friedrich Aurig)



Abbildung 6.8. – Willem mit Bruder Ernst und Schwester Wobine, ca. 1883 (Quelle: Friedrich Aurig)



Abbildung 6.9. – Willem, ca. 1888 (Quelle: Friedrich Aurig)



Abbildung 6.10. – Willem als Student (Aufnahme zw. 1894 u. 97) (Quelle: Friedrich Aurig)



Abbildung 6.11. – De Sitter und Kommilitonen (J. Huizinga, C. van Valkenburg, R. van Lennep), 24.06.1893 (Quelle: Willem Jan de Sitter)



Abbildung 6.12. – Grabplatte de Sitters auf Friedhof Westerveld (Quelle: Friedhof Westerveld)



Abbildung 6.15. – Teilnehmer der Generalversammlung der Astronomischen Gesellschaft im August 1926. Untere Reihe exakt in der Mitte Eddington, rechts von ihm aus gesehen sitzend H. Shapley, links von ihm E. Strömgren, 3 Plätze links von diesem F. Dyson, daneben de Sitter (Identifikation aus [Blaauw94, S. 88-9]) (Quelle: Archive of the Astronomical Institute in Utrecht, The Netherlands)

Einzigste Hürde war nun der Wille z. B. der Deutschen, überhaupt beitreten *zu wollen*. De Sitter und Dyson wandten sich dazu im Juli 1926 an Elis Strömngren, den Präsidenten der Astronomischen Gesellschaft (AG) und im August besuchten beide die Versammlung der AG in Copenhagen (Eddington war auch anwesend¹, siehe Abb. 6.15).² Die Frage blieb aber offen³, und so nahm de Sitter 1927 erneut einen Anlauf, wenigstens einzelne deutsche Astronomen über sein Präsidentenvorrecht einzuladen, Strömngren fungierte dabei als Vermittler.⁴ Trotz kleinerer Schwierigkeiten⁵ konnte schließlich am 07.02.1928 die Einladung an Deutsche, Österreichische und Ungarische Astronomen über Strömngren ausgesprochen werden⁶, der kurz zuvor in Leiden gewesen war.⁷ In de Sitters offizieller Ankündigung⁸ findet sich:

The Leiden meeting of the IAU will thus be the first of the congresses of the Unions founded under the auspices of the International Research Council, that will be completely international in character and in which representatives of science belonging to countries that stood on opposite sides during the great war will meet in an spirit of international brotherhood.⁹

Um den Ost-West Konflikt etwas zu entspannen, hatte de Sitter zusammen mit Vos van Steenwijk geplant, die Ehrendoktorwürde an den Franzosen Deslandres und an den Deutschen Küstner (dieser wurde krankheitsbedingt vertreten durch seinen ehemaligen Schüler und amtierenden Direktor der Sternwarte Berlin-Babelsberg, Guthnick)¹⁰ zu verleihen (die Zeremonie am 10.07.1928 wurde danach als Höhepunkt des Kongresses eingestuft¹¹). Im Vorfeld hatte dies die Bereitschaft für eine Teilnahme bei den Deutschen erhöht, die Franzosen „gnädiger“ gestimmt¹² und führte am Ende zu herzlichen Händedrücken zwischen den anwesenden Wissenschaftlern beider Nationen.¹³

In seiner Eröffnungsrede sagte de Sitter (siehe dazu Abb. 6.17):

[...] I considered that the time had come to use this prerogative [...] of the president for the purpose for which it was meant, and I have addressed invitations to

¹[Blaauw94, S. 89]

²Kurioserweise wurde die AG als Dachorganisation angefragt, der IAU beizutreten, diese war aber keine rein deutsche Organisation und dadurch gab es Irritationen über das Beitrittsangebot, die man in [Blaauw94, S. 85f] nachlesen kann.

³[Blaauw94, S. 86]

⁴[Blaauw94, S. 87]

⁵Kurz nach dem Krieg hätten die Deutschen beitreten wollen, durften aber nicht, nun war bei Einigen der Stolz im Weg: „Wir wollen doch nicht die Rolle von Lakaien spielen, die im Vorzimmer so lange zu warten haben, bis die hohen Herren allergnädigst gerufen, sie hereinzurufen.“, Georg Struve am 30.07.1927 im Berliner Lokal Anzeiger, zitiert nach [Blaauw94, S. 90].

⁶[Blaauw94, S. 94], [Otterspeer97, S. 186]

⁷[Blaauw94, S. 91]

⁸vermutlich eine Presseerklärung, [Blaauw94, S. 94]

⁹zitiert nach [Blaauw94, S. 94]

¹⁰[Stein28, S. 326/330]

¹¹[Stein28, S. 326]

¹²[Otterspeer97, S. 186]

¹³„De Fransche en de Duitsche geleerden wisselden met elkaar een hartelijken handdruk.“, [Stein28, S. 331], siehe auch [Otterspeer97, S. 188].

the astronomers of all nations to come to Leiden and to take part in our discussions. It is a great satisfaction to me to be able to say that very many of them [...] have accepted this invitation. Nearly one-half of these belong to the great German nation, great I mean in the number and the importance of its contributions to astronomy.¹

Nach dieser Passage begrüßte er die deutschen Gäste:

Nicht nur erfüllt mich Freude, weil ich viele persönlichen Freunde unter Ihnen sehe [...] aber wirkliche Bedeutung erlangt diese Freude doch erst dadurch dass ich weiss dass ich spreche im Namen aller Mitglieder der Internationalen Astronomischen Union, und der Union selbst. Es haben sich in den vergangenen Jahren Vorurteile festgesetzt ins Gehirn der Menschen verschiedener Länder, welche die natürliche und notwendige Internationale Zusammenarbeit erschwerten. Auf beiden Seiten hat man diese Vorurteile überwinden müssen. Das gelingt nur allmählig, denn der Sieg über ein Vorurteil erheischt immer Opfer und bringt keinen Ruhm oder Popularität als Ersatz dafür, und gewöhnlich weiss die eine Partei nicht welche Opfer die andere erbracht hat, oder begreift nicht einmal dass es Opfer waren. Aber am Ende siegt doch der gesunde Verstand, und die Notwendigkeit der Internationalen Zusammenarbeit hat auch hier die Schwierigkeiten überwunden.²

De Sitter bemühte sich darum, dass in Leiden eine versöhnliche Atmosphäre herrschte. Dazu hatte er darum gebeten, bei dem offiziellen Essen auf das Tragen von Weltkriegsorden zu verzichten.³ Von den 249 anwesenden Wissenschaftlern waren aus Österreich einer, aus Ungarn zwei und aus Deutschland vierzehn angereist.⁴ Einen kleinen Eindruck



Abbildung 6.16. – Der 3. Kongress der IAU wird in Leiden auch von der Tagespresse verfolgt, hier eine Karikatur aus dem *Leidsch Dagblad* (Quelle: [Stein28, S. 334])

¹[deSitter29e, S. 210]

²[deSitter29e, S. 210]. Die Gäste der anderen sieben Nationen wurden von ihm in Französisch begrüßt. Offiziell gehört Deutschland der IAU seit 1951 an, siehe <http://www.iau.org/IAU/Organization/admdoc/adhering.html>, 30.04.2005.

³[Hins35, S. 11]

⁴[Blaauw94, S. 99], [Stratton29, S. 291]. Nach [Stein28, S. 321] waren es weniger Deutsche, nämlich nur 11.

von der Versammlung vermittelt ein ca. 3 Minuten langer Film, der von einem Teilnehmer, William F. Meggers, aufgenommen worden war und der neben de Sitter, Eddington und Schlesinger viele weitere Teilnehmer zeigt.¹

Der Beitrag de Sitters zur Wiederherstellung der internationalen Kontakte (im Speziellen wohl mit den Deutschen) wurde ihm von seinen Kollegen gedankt und hoch angerechnet. In den abschließenden Dankesreden wie auch bereits bei der Eröffnung der Versammlung wurde von vielen Rednern die Internationalität des Kongresses betont.²

Wieder zu Hause schrieb Guthnick an de Sitter:

Allen Teilnehmern an dieser denkwürdigen Tagung, besonders auch uns Deutschen, die wir so freundschaftlich aufgenommen wurden, wird diese eine bleibende, schöne Erinnerung sein. Ich selbst denke noch häufig an alle die Beweise freundlicher Gesinnung, die ich besonders von Ihnen und den Ihrigen erfahren habe. Der Zweck dieser Versammlung, oder eins ihrer Hauptziele, die Wiederherstellung normaler wissenschaftlicher Beziehungen zwischen den Nationen, ist, glaube ich, vollauf erreicht worden.³

Prof. Nörlund dankte ihm mit den Worten:

We are all indebted to you for what you have done for the re-establishment of the international relations of the astronomers. You have done it as a matter of course, and this is perhaps not the least valuable thing.⁴

¹Film 'Mainz to Washington 1928 (15-16-17-18)', V-1998-(21), William F. Meggers Papers. American Institute of Physics, Niels Bohr Library, College Park, MD 20740, USA.

²[Stein28, S. 332f]

³Guthnick an de Sitter, 20.12.1928

⁴Zitiert nach [deSitter Suermondt40, S. 48].



Abbildung 6.17. – General Assembly der IAU in Leiden, 5.-13.7.1925. Foto von erster Zusammenkunft im Stadsgehoorzaal. Am Tisch links sitzend (v.l.n.r.): G. Abetti, S. Hirayama, A.S. Eddington, F. Schlesinger, H.A. Deslandres, W. de Sitter (President), F.J.M. Stratton (General Secretary), J.E. de Vos Steenwijk (Repräsentant des International Institute of Intellectual Co-Operation), G. van Biesbroek, H. Chrétien, S. Mauderli (letzte drei Dolmetscher) (Identifikation aus [Blaauw94, S. 98], weitere Personen werden in [Stein28] identifiziert) (Quelle: Archive of the Astronomical Institute in Utrecht, The Netherlands)



Abbildung 6.18. – Vermutlich aufgenommen bei General Assembly der IAU in Leiden bei dem Ausflug am 11.07.1928 zu den Zuiderzee Werken. Vermutung aufgrund des in selber Quelle vorgefundenen Programms, S. 8, Punkt N und der typischen Badges. (Quelle: Box 63, Folder 7, William F. Meggers Papers, Addition, 1870-1973. American Institute of Physics, Niels Bohr Library.)

6.4.1.2. Protest gegen die Entrechtung der Juden in Deutschland

Der zunehmende Nationalismus in Europa wurde von de Sitter in seiner Rede am 06.10.1933 anlässlich der Feier des 300-jährigen Jubiläums der Leidener Sternwarte¹ thematisiert. Er glaubte, dass die Wissenschaft und insbesondere die Astronomie davon unberührt blieben:

Astronomy is an eminently international science, and I believe that astronomers of all countries are to a large extent immune to infection by the serious contagious disease, called nationalism, that is in our days spreading over the world with appalling rapidity.²

In der aus dieser Rede resultierenden Veröffentlichung in *Nature* schrieb er einen Monat später:

We have our international organisations, our periodicals, and although influences outside science at present throw many difficulties in the way of international intercourse, still *we men of science feel ourselves more and more to belong to a universal fraternity.*³



Abbildung 6.19. – Willem de Sitter im Gespräch mit F.G. Waller anlässlich der 300-Jahrfeier 1933, Zeitung und Ausgabedatum unbekannt (Quelle: de Sitter Archiv, Leiden, Box 5)

Diese beschwörenden Aussagen stammen aus demselben Jahr, in dem er zusammen mit 74 seiner Landsleute⁴ ein Manifest unterzeichnet hatte, durch welches gegen die Entrechtung der Juden in Deutschland protestiert wurde.⁵ Darin hieß es unter anderem:

Die Unterzeichnenden [...] sprechen hiermit ihre tiefgefühlte Entrüstung aus über Taten, die sie bis heute nicht mehr für möglich gehalten hatten, weil diese einen beängstigenden und erniedrigenden Zusammenbruch bedeuten von einer mit An-

¹Siehe auch [N.N.33b].

²[deSitter33g, S. 373]

³[deSitter33b, S. 771], meine Hervorhebung

⁴Es handelt sich dabei um Vertreter aus vielen verschiedenen Bereichen: Professoren, Autoren, Direktoren von Firmen und Schulen, Journalisten usw.

⁵Abgedruckt in [voorbijzondereJoodsche belangen33, S. 48-51]. Nach [vanGalen Last69, S. 27] war das Erscheinungsdatum der 05.05.1933.

strengung gewonnenen Zivilisation, und Europa zurückführen in die rückständigsten und barbarischsten Zeiten.¹

Daran finde ich bemerkenswert, dass es bereits in diesem frühen Stadium der Herrschaft der Nationalsozialisten eine Reaktion ausländischer Intellektueller gab und dass de Sitter aktiv beteiligt war. Das Manifest endete wie folgt:

Es ist gegen diese offizielle Verletzung von Recht und Moral, begangen im Herz von Europa, vor unserer ganzen Rasse, vor der ganzen Menschheit ebenso tief beschämend wie beleidigend, dass sie - ohne eine politische Absicht - protestieren in eigenem Namen und im Namen von den vielen tausenden Niederländern, die mit ihnen übereinstimmen in Abkehr und Traurigkeit darüber das ein benachbartes Kulturvolk [sein Abrutschen] ins eigene Unglück und Verblendung heutzutage geschehen lässt.²

Durch die Stichworte „Europa“ und „Kultur“ fühlt man sich zumindest in Ansätzen an den von Einstein mit entworfenen und unterzeichneten „Aufruf an die Europäer“³ erinnert, welcher gegen den Ersten Weltkrieg gerichtet war.

Auf das Manifest aufmerksam wurde ich erst durch einen Brief, welcher sich im de Sitter „Archiv“ befindet. Dieser Brief, geschrieben von Max von Laue an de Sitter, datiert vom 16.03.1934.⁴ Er wurde über einen Mittelsmann (Karl Weissenberg) in England an de Sitter übermittelt. Weissenberg hatte zunächst bei de Sitter nachgefragt, ob dieser anwesend sei (denn der Brief sollte unter keinen Umständen von jemand anderem gelesen werden) und erst danach den Brief von Laue weitergeleitet. Laue hatte am Ende des Briefes de Sitter dazu angeregt, den Wortlaut des Briefes an die anderen Unterzeichner weiterzuleiten bzw. diesen an die Presse zu geben. Dabei sollte unter *keinen* Umständen irgend ein Hinweis auf den Autor des Briefes gegeben werden da Laue befürchtete, das ihn dies ins Konzentrationslager bringen könne. Ebenso bat er de Sitter, ihm nicht zu antworten.

In dem Brief ging Laue der Frage nach „Urteilen die Unterzeichner des Protestes nicht doch etwas einseitig?“ und er versuchte unter Hinweis darauf, dass er weder „nationalsozialistisch oder sonst antisemitisch eingestellt“ sei eine Art „Erklärung“ für die Geschehnisse (u.a. Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbeamtentums) zu finden. Er versucht darzulegen, dass das deutsche Volk aus der Schmach des Versailler Vertrages

¹Meine Übersetzung von: “De ondergeteekenden [...] spreken hierbij hun diepgevoelde verantwoordiging uit over daden, die zij tot heden niet meer mogelijk hadden geacht, omdat deze een beangstigende en vernederende inzinking beteekenen van een met moeite gewonnen beschaving, en Europa terugvoeren tot de achterlijkste en meest babaarsche tijden.”, [voorbijzondereJoodsche belangen33, S. 48].

²Meine Übersetzung von: “Het is tegen deze officieele schennis van recht en moraal, begaan in het hart van Europa, voor ons gansche ras, voor de gansche menschheid even diep beschamend als beleedigend, dat zij - zonder eenige politieke bedoeling - protesteeren uit eigen naam en uit naam van de vele duizenden Nederlanders, die met hen instemmen in afkeer en droefheid om hetgeen een nabij cultuurvolk tot eigen ongeluk in verblindings thans gebeuren laat.”, [voorbijzondereJoodsche belangen33, S. 49].

³[Einstein96, Doc 8]

⁴Der komplette Brief ist in Anhang A.4 zu finden.

heraus diese Reaktion zeige und dass es sich bei dem, was sich in der Judenverfolgung manifestiert, um ein Symptom dieser Krankheit („Versailles und seine Folgen“) handle. Auf die Position von Laues im Dritten Reich kann ich hier leider nicht näher eingehen, mir scheint es jedenfalls auf den ersten Blick betrachtet so, als ob die Position die er in dem erwähnten Brief vertrat, sich so nicht in [Beyerchen77] wiederfindet.¹

¹Siehe dazu [Beyerchen77], z. B. S. 64ff.

6.4.2. Ein Highlight: Die Reise nach Amerika und Kanada

De Sitter hatte während seiner Laufbahn viele „Dienstreisen“¹ unternommen, aber erst Anfang der 1930er Jahre war es ihm möglich, seine Freunde auf einer ausgedehnten Reise in Amerika und Kanada zu besuchen.² Er und seine Frau wurden dort sehr herzlich empfangen, sie wohnten oft bei seinen Freunden zu Hause und waren gern gesehene Gäste.³

Date	Place	Institution	Lecture
W Oct. 16	NEW YORK CITY:	American Museum of Natural History	evening
Th 16		Columbia University	aft. or eve.
F 16		Brooklyn Institute	aft. or eve.
S 17			
SUNDAY 18			
M 19	PHILADELPHIA:	University of Pennsylvania	afternoon
T 20		" " "	evening
W 21		" " "	afternoon
T 22		Jessie Institute	evening
F 23	SWARTHMORE:	Swarthmore College	aft. or eve.
S 24			
SUNDAY 25	WASHINGTON, D.C.:		
M 26		Sigma Xi Society	evening
T 27	PRINCETON:	Princeton University	evening
W 28	NEW HAVEN:	Yale University	Thurs. or Friday
F 30		" "	aft. or eve.
S 31		" "	
SUNDAY		" "	
Nov. 1		" "	
M 2	MIDDLETOWN, Conn.:	Wesleyan University	aft. or eve.
T 3	WATERBURY:	Lowell Institute	evening
W 4	AMHERST:	Amherst College	aft. or eve.
T 5	CAMBRIDGE:	Lowell Institute	evening
F 6		Lowell Institute	evening
S 7		Lowell Institute	evening
SUNDAY 8		Lowell Institute	evening
M 9	PROVIDENCE R.I.:	Brown University	aft. or eve.
T 10	CAMBRIDGE:	Lowell Institute	evening
W 11		ASTORIA, ORE.	
T 12		Lowell Institute	evening
F 13		Lowell Institute	evening
S 14	Lowell Institute	evening	
SUNDAY 15			
M 16	MONTREAL, Canada:	McGill University	evening
T 17	TORONTO, Canada:	University of Toronto	afternoon
W 18		" " "	
F 19		" " "	afternoon
S 20		" " "	evening
SUNDAY 22	NIAGARA FALLS:		
M 23	DELAWARE, Ohio:	Ohio Wesleyan University	evening
T 24	ANN ARBOR, Mich.:	University of Michigan	afternoon
W 25		" " "	
F 26	THANKSGIVING DAY		
T 27	CHICAGO:		
W 28			
SUNDAY 29			
Monday 30		University of Chicago	aft. or eve.

Abbildung 6.20. – 1. Seite des Reiseplanes (Quelle: Leuschner an Aitken, 20.10.1931, LIC.)

Die Planung der Reise sowie das Verschaffen von Vorträgen für de Sitter (s.u.) wurde von Schlesinger und Leuschner übernommen. In der Korrespondenz findet sich eine Liste mit den geplanten Stationen und Vorträgen der Reise.⁴ Ob die Reise tatsächlich *exakt* so abgelaufen ist, bleibt natürlich unklar. Um die genaue Reiseroute zu rekonstruieren müsste man wohl in der Korrespondenz nach Hinweisen suchen. Da dies sehr zeitaufwendig wäre habe ich darauf verzichtet, in den mir vorliegenden Briefen nach Anhaltspunkten zu suchen, zumal der Erkenntnisgewinn kein allzu großer wäre.

Um die Finanzierung der Reise sicherzustellen war es nötig, dass de Sitter genügend Vorträge halten konnte, um mit den dafür erhaltenen Honoraren die Unkosten für sich und seine Frau zu decken.⁵ Bereits im November 1929 hatte er in einem Brief an Schlesinger mögliche Themen für Vorlesungen (auch Kurse bestehend aus mehreren Vorlesungen) aufgelistet.⁶ Kon-

¹Exemplarisch: Mai 1923, Vorlesungen in London, Manchester und Edinburgh und Besuch von Observatorien, [deSitter24], S. 31; mehrere Meetings der British Association, u.a. zweimal am Cape (1905 und 1929), [Eddington34, S. 925], [Jones35, S. 346]; IAU Meeting 1922 in Rom, [deSitter23b, S. 181], 1925 in Cambridge, [deSitter26i, S. 91]; 1926 Tagung der Astronomischen Gesellschaft in Kopenhagen, [deSitter27i, S. 239]; 1930 Tagung der "International Geophysical and Geodetic Union" in Stockholm, [deSitter31f, S. 83].

²Nach der Biografie seiner Frau hatte de Sitter in der Zeit nach der Trauung der jüngsten Tochter den Beschluss gefasst, diese Reise anzutreten, auf die die vielen Freunde schon lange gedrängt hatten, [deSitter Suermond40, S. 49].

³[Schouten50, S. 275], [Chant35, S. 3]

⁴Es scheint sich um die endgültige Version zu handeln, die Leuschner am 20.10.1931 an Aitken geschickt hatte, denn im begleitenden Brief schrieb er: "Enclosed herewith please find the itinerary of de Sitter as finally adopted.", LIC

⁵Siehe etwa de Sitter an Schlesinger, 23.02.1931, YUL.

⁶„Technische“ Vorlesungen: The astronomical aspects of relativity, Theory of gravitation, The system

kreter wurden die Reisepläne dann Anfang des Jahres 1931, als de Sitter im Februar plante, im Anschluss an Besuche von Sitzungen der British Association und der IAU in London Ende September für ca. 3 Monate nach Amerika zu reisen – vorausgesetzt es würden genügend Honorare zusammenkommen.¹

Um dies zu bewerkstelligen haben sich Leuschner und Schlesinger gemeinschaftlich darum bemüht, genügend Engagements zu sichern:

We shall probably be able to invite him for some lectures at Berkeley, and I hope that Yale University may join in a plan to bring de Sitter to America. [...] I feel that concerted action on the part of American universities would be most effective [...]²

Sie waren dabei erfolgreich und so erhielt de Sitter erste Einladungen zu Vorlesungen am Brooklyn Institute, die Lowell Lectures in Boston³ usw. Etwa im Mai 1931 waren genügend Vorträge zusammengelassen um die Reise zu ermöglichen.⁴

De Sitter war sehr erwartungsvoll, seine vielen Freunde in Amerika zu besuchen⁵ aber auch diese freuten sich, ihn endlich einmal zu Hause begrüßen zu dürfen.⁶ Neben den Verpflichtungen wollte man sich auch ein wenig vom Land ansehen, z. B. die Niagarafälle, den Yellowstone Nationalpark oder den Grand Canyon – “not all of these of course, but some of it.”⁷ Dem Reiseplan kann man entnehmen dass es ermöglicht wurde, *alle* diese Ziele zu besuchen. Um auf der Rückreise ihren Sohn Ulbo besuchen zu können, der sich mit Familie zu dieser Zeit in Curaçao aufhielt, wurde die Rückfahrt durch den

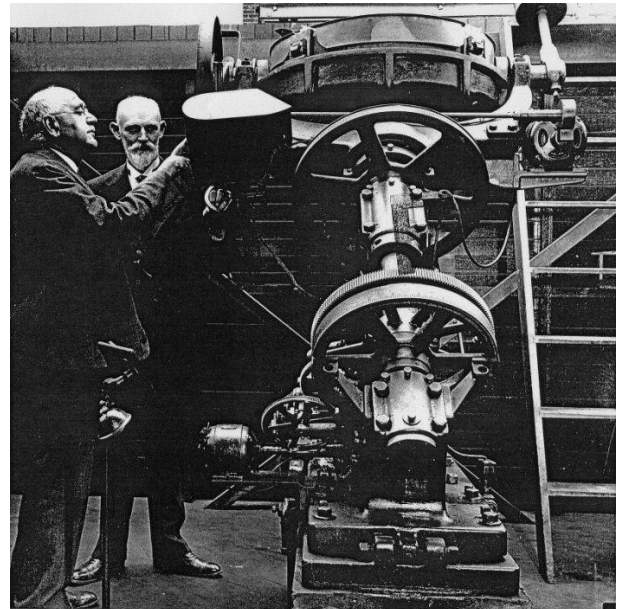


Abbildung 6.21. – De Sitter und Schlesinger am Loomis Telescope, Yale Observatory, Oktober 1931 (Quelle: Yale Observatory)

of fundamental astronomical constants, The theory of Jupiter’s Galilean Satellites. (Semi-)Populäre Vorlesungen: Time, The rotation of the earth, The origin of the solar system, The size of the Universe. De Sitter an Schlesinger, 08.11.1929, YUL.

¹Siehe de Sitter an Schlesinger, 23.02.1931, YUL, oder de Sitter an Leuschner am selben Tag, LIC.

²Leuschner an Schlesinger, 18.03.1931, YUL

³Die Honorare betragen dabei \$75 am Brooklyn Institute, für die Lowell Lectures \$100 pro Vorlesung (6-10 waren angefragt) + \$500 extra.

⁴Schlesinger an de Sitter, 09.05.1931, YUL; Leuschner an Schlesinger, 16.05.1931, YUL. Die Summe der Honorare betrug etwa \$1500-\$2000, siehe de Sitter an Schlesinger, 27.05.1931, YUL.

⁵z. B. dS an Schlesinger, 16.04.1931, YUL; dS an Leuschner, 23.02.1931, YUL

⁶Schlesinger an de Sitter, 30.03.1931, YUL

⁷de Sitter an Schlesinger, 27.05.1931, YUL. Siehe auch E. de Sitter an Katharine Schlesinger, 31.12.1931, YUL.

Panamakanal eingeplant.¹ Zurückgekehrt nach Leiden sind sie dann nach mehr als sechs Monaten Reise im März 1932.²

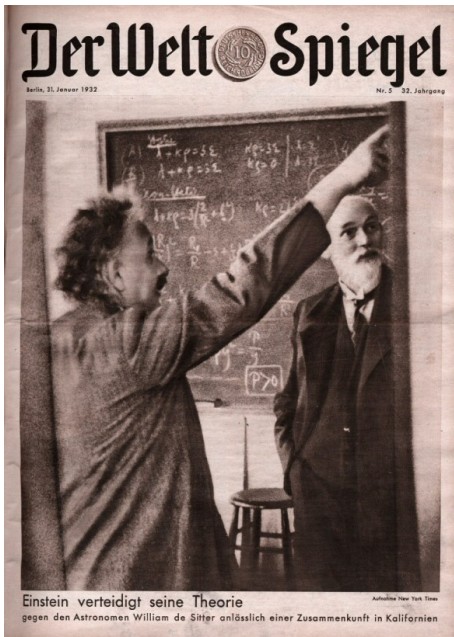


Abbildung 6.22. – Titelseite „Der Weltspiegel“, 31.01.1932 (Quelle: Der Weltspiegel, 31.01.1932)

Auf der gesamten Reise hatte de Sitter rund 40 Vorlesungen gehalten, z. B. in New York, Philadelphia, Princeton, Montreal, Toronto oder Pasadena.³ Darunter waren auch die Lowell-Lectures in Boston⁴, aus denen sein Buch *Kosmos* entstand sowie die Hitchcock Lectures an der University of California, aus denen *The Astronomical Aspect of the Theory of Relativity* hervorging.⁵ Am Ende der Reise hielt sich de Sitter in Kalifornien auf, wo er u.a. das Mt. Wilson und das Mt. Hamilton Observatory besuchte. Den letzten Vortrag der Reise hat de Sitter in Pasadena (International School of Advanced Science) gehalten. Auch Einstein war unter den Zuhörern und anscheinend sehr davon angetan.⁶ De Sitters Frau meinte, in den Augen ihres Mannes und denen von Einstein den selben Glanz gesehen zu haben, nachdem sie mit beiden nach dem Vortrag wieder zusammengetroffen war...⁷ Im Rahmen des gemeinsamen Aufenthaltes in Pasadena verfassten Einstein und de Sitter zusammen einen Artikel⁸, in dem sie die „Einstein – de Sitter Welt“, ein weiteres mögliches kosmologisches Modell, vorstellten.⁹

¹de Sitter an Schlesinger, 27.05.1931, YUL

²Nach [deSitter33h, S. 13] sind sie am 21.03.1932 zurückgekehrt, in *Hemel en Dampkring* **30** (1932), S. 166 wird als Datum der Rückkehr der 19.03.1932 angegeben.

³abgezählt im Reiseplan

⁴Zeitungsartikel mit Besprechungen einiger dieser Vorträge finden sich in Leiden, Box 31, leider ohne Angabe von Zeitung und Datum. Ebenfalls finden sich zu zwei Vorlesungen („Photography and Spectroscopy. The great telescopes. Extragalactic systems.“, „Relativity and Modern Theories of the Universe“) maschinengeschriebene Mitschriften eines Stenografen, vermutl. zur Vorbereitung des Buches, siehe Pottinger an de Sitter, 12.11.1931, Box 17.

⁵[deSitter32b], [deSitter33j]. Zu letzterem existieren in Leiden, Box 31, Teile des Manuskriptes, ein Abschnitt in zwei verschiedene Versionen. Vergleicht man das Manuskript mit der später gedruckten Version so sieht man, dass es bis zum Druck noch einige Erweiterungen erfahren hatte (etwa ab Abschnitt III).

⁶Siehe [deSitter Suermondt40, S. 56], die Schilderung der Begeisterung Einsteins durch de Sitters Frau scheint mir hier fast zu euphorisch zu sein. Siehe auch [Hall32].

⁷„De beide mannen keken elkander aan met denzelfden glans in hun oogen [...]“, [deSitter Suermondt40, S. 56]

⁸[Einstein32]

⁹Zur gemeinsamen Arbeit siehe [deSitter Suermondt40, S. 56]. Dort wird zwar die zitierte Arbeit nicht explizit genannt, es kann sich aber nur darum handeln, weil keine weitere gemeinsame Arbeit existiert. Siehe auch [Clark71, S. 445]. Das Weltmodell ist auch in jüngerer Vergangenheit (2005) immer noch Gegenstand wissenschaftlicher Untersuchung, siehe etwa [Vishwakarma05].

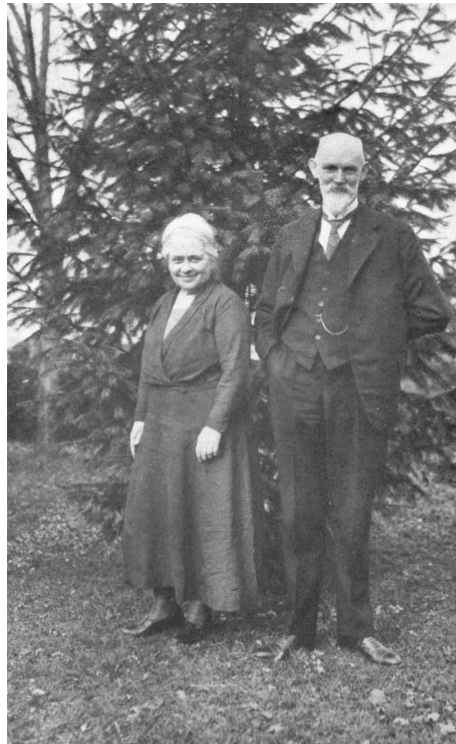


Abbildung 6.23. – Willem de Sitter mit Frau während der Amerika/Kanda-Reise, zu Hause bei Prof. E.F. Burton, Weston, bei Toronto, Ont., 19.11.1931 (Quelle: [Chant35, Plate 1])

6.5. Ehrungen und Mitgliedschaften

Willem de Sitter war Mitglied vieler Organisationen und hat zahlreiche Ehrungen empfangen (siehe Tabelle 6.5). In diesen Zusammenhang passen die beiden folgenden Beispiele für seine Bescheidenheit: Anlässlich der Verleihung der Watson Medal hatte Leuschner eine Laudatio vorbereitet¹, welche danach abgedruckt werden sollte.² Um die eventuell noch enthaltenen inhaltlichen Fehler vor dem Druck zu korrigieren, schickte er eine Kopie an de Sitter mit der Bitte um Korrektur.³ Die Antwort de Sitters endete wie folgt:

As to the last page of your address, I shall not try to correct that. I fear, if I struck out all that appears to me exaggerated, what remained would not do justice to the spirit of kind friendliness in which it was written.⁴

Als man ihm 1928 nach dem Meeting der IAU für viele Dinge gedankt hatte, die er als Präsident nicht nur zur Ausrichtung beigetragen hatte, waren in seiner Antwort darauf folgende Sätze zu hören:

You have praised me exorbitantly, and far beyond my merits. I accept that praise, not because I think I have done anything extraordinary, but because I know you mean it, which gives it its value.⁵

¹Aufgrund vieler Arbeit konnte er nicht anwesend sein und ließ daher die Rede vortragen, siehe Leuschner an de Sitter, 07.06.1929, LEID.

²[Leuschner29]

³Leuschner an de Sitter, 07.06.1929, LEID

⁴de Sitter an Leuschner, nach dem 07.06.1929, LEID

⁵[Stratton29, S. 289]

Datum	Mitgliedschaft/Ehrung	Quelle
????	Ehrenmitglied der Astronomical Society of South Africa	[N.N.35b, S. 165]
1901	Mitglied der Natuurkundig Genootschap te Groningen	[Hins35, S. 17]
1909	Ehrenmitglied Société Astronomique de Mexico	[Hins35, S. 17]
1909	Associate der Royal Astronomical Society, London	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 17]
1912	Mitglied der Königlichen Akademie der Wissenschaften zu Amsterdam	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 17]
1912	Mitglied Koninklijk Nederlandsch Aardijkskundig genootschap	[Hins35, S. 18]
1916	Mitglied Bataafsch Genootschap der proef. vindelijke te Haarlem	[Hins35, S. 18]
1922	Mitglied Hollandsch Maatschappij der Wetenschappen te Haarlem	[Hins35, S. 18]
1923	Mitglied Rijkscommissie voor graadmeting en waterpassing	[N.N.35a], [Hins35, S. 18]
1929	Foreign associate der National Academy of Sciences, Washington	[Hins35, S. 18]
1929	Ehrenmitglied der American Academy of Arts and Sciences, Boston (Mass.)	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 18]
1929	Curator van het Meteorologisch Instituut	[N.N.35a], [vanderBilt34, S. 401], [Hins35, S. 18]
1930	Mitglied Provinciaal Utrechtsch Genootschap van Kunsten en Wetenschappen	[Hins35, S. 18]
1931	Ehrenmitglied der Royal Institution of Great Britain	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 18]
1931	Ehrenmitglied der American Astronomical Society	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 18]
1933	Korrespondierendes Mitglied der Pariser Akademie der Wissenschaften	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 18]
1922-25	Vizepräsident der International Astronomical Union (IAU)	[Hins35, S. 18], [Fowler22, S. 203]
1925-28	Präsident der International Astronomical Union (IAU)	[Hins35, S. 18]
1925	Ritter im Orden "Orde van den Nederlandschen Leeuw"	[Hins35, S. 17]
1929	Watson Medaille der National Academy of Sciences, Washington	[Hins35, S. 17]
1930	Bruce Medaille der Astronomical Society of the Pacific	[Hins35, S. 17]
1931	Goldmedaille der Royal Astronomical Society ¹	http://www.ras.org.uk/html/ras_mgold.html , [N.N.31i]
1934	Janssen-Preis der Société Astronomique de France	[N.N.35a, S. 77], [Hins35, S. 17]
1925	Ehrendoktor der Universität Cambridge ²	[Hins35, S. 17], [N.N.BibTeX-package25], Foto: Abb. 6.24
1929	Ehrendoktor der Universität Kapstadt	[Hins35, S. 17]
1931	Ehrendoktor der Wesleyan University of Middletown (Conn.)	[Hins35, S. 17]
1932	Ehrendoktor der Universität Oxford	[Hins35, S. 17], [N.N.32c], [N.N.32a]

Tabelle 6.3. – Ehrungen und Mitgliedschaften de Sitters



Abbildung 6.24. – General Assembly der IAU in Cambridge, 14.-22.07.1925. De Sitter in 2. Reihe von unten, 17.v.l., 5 Plätze links von ihm sitzend F. Schlesinger. Beide haben neben anderen den Ehrendokortitel verliehen bekommen, wie man an der umgelegten „Ehrenkleidung“ erkennen kann. (Identifikation aus [Blaauw94, S. 78-9]) (Quelle: Archive of the Astronomical Institute in Utrecht, The Netherlands)

Zusammenfassung und Ausblick

Die eingangs des Kapitels 2 geäußerte Hoffnung, in den der ART vorausgehenden Arbeiten de Sitters Anknüpfungspunkte zu dessen die ART betreffenden Veröffentlichungen zu finden, hat sich meines Erachtens erfüllt. Es wird klar, dass er sich nicht erst mit Fertigstellung der ART mit den zugehörigen Themen befasst hatte. Zudem lässt sich tatsächlich ein roter Faden erkennen, der von seiner Arbeit betreffend den Nachweis des RP von 1911 bis hin zu seinen berühmten Arbeiten von 1916/17 reicht: Die gegenüber der Newtonschen (Keplerschen) Theorie festgestellten Abweichungen von der tatsächlichen Beobachtung in einigen Elementen der Planeten des Sonnensystems, besonders bei der größten Abweichung – dem Merkurperihel.

Auch wenn er erst viel später (1926 bzw. 1932, siehe Abschnitt 5.3) als Forderung an physikalische Theorien stellte, dass sie am Anfang aus der Beobachtung heraus entstehen und am Ende durch sie überprüft werden müssen, sieht man hier bereits deutlich seinen Empirismus zutage treten, da es bei all den Arbeiten um die Frage experimenteller Überprüfbarkeit von aus Theorien gewonnenen Erkenntnissen ging.¹

Nach dem Kenntnisstand, wie er sich nach dieser Arbeit darstellt, war de Sitter teilweise von außen an die behandelten Fragestellungen herangeführt worden. Seine Beschäftigung mit der Möglichkeit eines Nachweises des RP auf Basis der Poincaréschen Gravitationstheorie (1911) scheint durch Lorentz auf den Weg gebracht worden zu sein (mit dem er bei dieser Problematik auch zusammengearbeitet hatte) und durch dessen Nachfolger Ehrenfest wurden vermutlich seine Überlegungen betreffend die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Quellengeschwindigkeit (1913) initiiert.

Interessanterweise entsprechen diese beiden Themen genau den Einsteinschen Postulaten aus dessen spezieller Theorie von 1905², jedoch hatte de Sitter in seinen diesbezüglichen Artikeln Einsteins prä-Art Arbeiten nicht referenziert und dessen Namen nur im Zusammenhang mit Lorentz erwähnt. Es hatte also nicht die Absicht gehabt, bewusst und zielgerichtet die Basis der SRT zu festigen, wie man es bei oberflächlicher Betrachtung denken könnte.

Bezogen auf das RP lassen sich die gewonnenen Erkenntnisse so zusammenfassen: Die verfügbare Messgenauigkeit war nicht ausreichend, um eine endgültige Antwort auf die Frage geben zu können, ob die Konsequenzen des RP messbar sind. Das einzige Phänomen, welches innerhalb des erfassbaren Bereiches lag, war die Merkurperiheldrehung. Diese wiederum war mit den zu erwartenden 7,15" weit unterhalb des festgestellten Wertes von 41", welcher zufriedenstellend mit der Zodiakallicht-Theorie von Seeligers erklärt werden konnte. Diese krankte ihrerseits daran, dass es nicht möglich war, die

¹Für seine philosophischen Konzepte siehe den genannten Abschnitt bzw. [Gale05].

²vgl. [Einstein05]

angenommenen Werte für die Ellipsoide (die man nahezu beliebig anpasste, damit die resultierenden Abweichungen so klein wie möglich wurden) messtechnisch zu bestimmen, sodass eine Entscheidung für die eine oder andere Theorie auf der Basis von Beobachtungen letztendlich unmöglich war, was folglich auch für die von de Sitter ins Spiel gebrachte Kombination aus RP und modifizierter von Seeligerscher Theorie galt. Nichts desto trotz war die von Seeligersche Theorie eine anerkannte Arbeitshypothese, was Earman und Janssen zur Frage bewogen hatte, warum Einstein sich 1915 dann überhaupt mit der Perihelproblematik beschäftigt hatte.¹ So gesehen müsste man diese Frage ebenso für de Sitter stellen (bezogen auf die Zeit vor der fertigen ART), denn dieser hatte sie, wie dargestellt, wiederholt modifiziert und mit anderen Theorien kombiniert. Eine eindeutige Antwort zu finden ist schwer, denn es könnte sowohl eine gewisse Unzufriedenheit mit der ursprünglichen von Seeligerschen Theorie sein als auch das Vorhaben, durch genauere Analyse der Problematik Verbesserungen an der Theorie anzubringen oder einfach nur sein generelles Interesse an den unerklärten Abweichungen im Sinne seiner Antrittsrede reflektieren.

Was auch immer die Antwort sein mag, mit dem Erfolg der ART und ihrer Erklärung des vollen Wertes der Periheldrehung des Merkur wurde jedenfalls die Theorie von Seeligers überflüssig (siehe Abschnitt 5.1) und durch den Nachweis der Lichtablenkung im Schwerefeld die auf dem RP basierende Theorie von Poincaré widerlegt (siehe Abschnitt 2.1.1).

Es gab dennoch auch später noch Interesse an Lorentz-invarianten Gravitationstheorien, zumindest um sie an der ART zu messen. Von Whitrow und Morduch wurde 1965 ein umfangreicher Vergleich durchgeführt mit dem Ergebnis, dass keine der betrachteten Theorien (unter ihnen auch die Poincarésche) in der Lage war, alle von der ART vorhergesagten Effekte ebenfalls vorherzusagen.²

Die Suche nach einer möglichen Absorption von Gravitation hatte de Sitter analog der Suche nach messbaren Auswirkungen des RP durchgeführt. Er berechnete, welche Konsequenzen eine angenommene AbsG für die Mondbahn haben würde, und verglich das Ergebnis mit den tatsächlich beobachteten Werten bzw. den Berechnungen Bottlingers. Da auch in der Mondbahn Abweichungen von der Newtonschen Bewegung festgestellt worden waren (siehe Abschnitt 2.1.3) hatte eine Hoffnung bestanden, die Ursache in einer Absorption finden zu können. Dies, so hatte de Sitters spekuliert, hätte dann als Schlüssel zum Eindringen in ein tieferes Verständnis der Gravitation dienen können.

Leider erfüllte sich diese Hoffnung nicht, da am Ende der Berechnungen die Existenz einer AbsG sich weder als beweisbar noch wahrscheinlich herausstellte. In den 1920er Jahren wurde schließlich in der Unregelmäßigkeit der Erdrotation der Grund für die Fluktuationen im Mondumlauf gefunden, sodass alle anderen Bemühungen, diese Abweichung zu erklären, entbehrlich wurden.

¹Frage und Antwort(en) in [Earman93a, S. 137ff].

²[Whitrow65], ein (tabellarischer) Überblick über die Theorien und ihre Vorhersagen findet sich dort am Ende ab S. 62.

Betrachtet man die Beiträge de Sitters von 1913 zur Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit, so kann man folgendes festhalten: Er war einer der Ersten, die die Frage durch ein „Experiment“ klären wollten. Dabei war seine Methode darauf angelegt, eine *grundlegende Gesetzmäßigkeit* (hier die Keplerschen Gesetze) auszunutzen und nicht *experimentell Vorhersagen* zu überprüfen.

Sein Ergebnis, dass die Lorentz/Einsteinsche¹ Theorie und nicht die Ritzsche Emissionstheorie bestätigt hat, gab lange Zeit für viele den Ausschlag, sich für die Einsteinsche Theorie zu entscheiden, was anhand einiger betrachteter Werke plausibel gemacht wurde.²

Die durch La Rosa 1924 angefachte Diskussion über die Gültigkeit der de Sitterschen Argumentation scheint, soweit man sehen kann, keine größeren Wellen geschlagen zu haben.³ Auch sie konnte den Siegeszug der Relativitätstheorie(n) nicht stoppen. Man sieht daran jedoch deutlich, dass retrospektiv betrachtet keineswegs nach 1905 bzw. 1915 „alles klar“ war und durch bzw. nach Einstein alle konkurrierenden Theorien ad acta gelegt worden waren. Zwar wurden diese mit der Zeit letztendlich zu Grabe getragen, es gab aber immer wieder Momente des Hinterfragens.⁴

So erfuhren in den 60er Jahren des 20. Jahrhunderts die Fragen nach einer experimentellen Überprüfung des 2. Postulates der Relativitätstheorie eine Renaissance.⁵ Die de

¹De Sitter nannte entweder beide gemeinsam (z. B. [deSitter13d]) oder aber nur Lorentz ([deSitter13l]).

²In [Whittaker53, S. 38] werden neben de Sitters Arbeiten von 1913 und 1924 (er erwähnt [deSitter13a], [deSitter13h], [deSitter13d], [deSitter13l], [deSitter24k] sowie [deSitter24b]) auch [Tolman10b], [Capon14b], [Capon14a] und [Plummer14] (plus zwei Arbeiten von H. Thirring (1925) und G. Wataghin (1926)) genannt, die Beweise für die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Lichtquelle geliefert haben.

Nach [Martínez04, S. 17] und [Forman75, S. 480] trat dann 1924 das Tomascheksche Michelson-Morley Experiment mit Sternenlicht hinzu und festigte den Status der SRT. Nach [Whittaker53, S. 39f]: “[T]he performance of the Michelson-Morley experiment with light from astronomical sources by R. Tomaschek in 1924 definitely disproved the ballistic hypothesis.” Es müsste zu diesen Aussagen einmal geprüft werden, ob dies nur retrospektiv so gesehen wird und/oder ob es in der damaligen Zeit ebenso eingeschätzt wurde.

³In [Fox62] und [Fox65] wurde die Debatte von 1924 nicht erwähnt. Auch in der Auflage von 1958 von [Pauli21] wurde die 1913er Diskussion erwähnt, die 1924er nicht.

⁴So schrieb Fokker 1919 etwa an Rutherford: “The theory [SRT] halts between an experimental fact and a hypothesis as long as there is no experimental evidence of the slackening of processes by the motion of the system. It must have two sound legs: it has only one: Michelson’s experiment. Of course there is the direct evidence of the variation of the mass of electrons, which is all right, and there is a great deal of indirect evidence, but it is absolutely necessary that we get experimental evidence in this fundamental point!! Is it beyond reach?” Fokker an Rutherford, 03.10.1919, CAM2 (siehe auch Fokker an Einstein, 02.06.1920, [Einstein06, Doc 40], EA 11-037). Dies ist bemerkenswert, da diese Aussage 14 Jahre nach dem Aufstellen der SRT (und kurz vor der Bekanntgabe des Ergebnisses der Sonnenfinsternisexpedition) getroffen wurde, vor allem aber, weil sie von Fokker, einem der ersten Rezipienten der Entwurf- und Allgemeinen Relativitätstheorie stammt.

⁵Siehe Tabelle 6.4 und Tabelle 6.5. Einen Überblick über viele klassische und neuere Experimente zur Überprüfung der Speziellen Relativitätstheorie bietet [Zhang97], wobei es sich hier nicht um eine strenge historische Aufarbeitung sondern um ein „modernes“ Buch handelt. Kapitel 8 (“The Tests of Einstein’s Two Postulates”) und insbesondere Abschnitt 8.3 (“The Experiments with Moving Sources of Light”) befassen sich mit der hier behandelten Thematik. Dort wird auch auf Unterschiede zwischen der “one-way” und der “two-way” Geschwindigkeit des Lichtes hingewiesen. Zu den

Sittersche Argumentation von 1913 wurde durchaus noch beachtet, jedoch wurde ihre Beweiskraft, wie hier durch Fox 1962, relativiert:¹ “De Sitter’s argument may still be valid. Conversely, however, one may say that enough doubt exists so that the argument is no longer conclusive.”² Die Kritik bestand aus Einwänden aufgrund des “extinction theorem” von Ewald und Oseen³, wonach Licht von bewegten Quellen beim Durchgang durch ruhende, transparente Materialien (Dielektrika, wie etwa intrastellare Gase oder die Erdatmosphäre) seine ursprüngliche Geschwindigkeit verliert, und damit diese Geschwindigkeit, welche das Licht bei seiner Emission besessen hat, nicht auf der Erde gemessen werden kann.⁴

In einem drei Jahre später veröffentlichten Artikel zur Frage nach Beweisen gegen Emissionstheorien bekräftigte Fox seine Kritik an der Beweiskraft der de Sitterschen Argumentation und ging auch auf die Verteilung der Periastrenausrichtung ein.⁵ In Bezug auf die Orientierung der Periastron kam er zu dem „neutralen“ Ergebnis:

Thus it cannot be argued that the data on binary stars provide support for the emission theory. However it does seem, contrary to what has been believed for several decades, that the data on binary stars do not offer any evidence against the emission theory.⁶

Abschließend betonte er noch, dass der Erfolg der SRT und die vielen indirekten Überprüfungen derselben keine Beweise *gegen* die Ritzsche Theorie seien. Dafür sei ein der Ritzschen Theorie widersprechendes Experiment oder ein Beweis der Inkonsistenz der Theorie nötig, allerdings:⁷ “Despite various misunderstandings in the interpretation of past experiments, we still have good reason to reject the emission theory.”⁸

Bei seiner darauf folgenden Bemerkung zur Ablehnung der Emissionstheorien könnte man den Eindruck erhalten, dass seiner Meinung nach erst die „modernen“ Experimente die schon viel früher manifestierte Ablehnung der Emissionstheorien (oft sogar ohne experimentelle Basis)⁹ nachträglich legitimiert hätten:

It is a curious historical fact that the recent experiments with moving sources and even the first data on time dilation were not obtained until long after special relativity had completely displaced the emission theory in physics.¹⁰

Untersuchungen der 60er Jahre siehe auch [Martínez04, S. 17-9].

¹Siehe dazu auch [Roseveare82, S. 134ff], wo sich eine sehr knappe Zusammenfassung der hier erörterten Thematik findet.

²[Fox62, S. 298]

³Ewald, P.P., „Zur Begründung der Kristalloptik“. *Annalen der Physik* **49** (1916), S. 1-38, 117-43.
Oseen, C.W., „Über die Wechselwirkungen zwischen zwei elektrischen Dipolen und über die Drehung der Polarisationssebene in Kristallen und Flüssigkeiten“. *Annalen der Physik* **48** (1915), S. 1-56.

⁴[Fox62]

⁵[Fox65, S. 5ff]

⁶[Fox65, S. 7]

⁷[Fox65, S. 16]

⁸[Fox65, S. 16]

⁹siehe etwa [Martínez04, S. 19ff]

¹⁰[Fox65, S. 16]

Dies würde natürlich den frühen Experimenten nicht gerecht, da man so rückblickend an ihre Wertigkeit einen zeitlich später angesiedelten Maßstab anlegen würde.

Aber auch Roseveare sah es als erwiesen an, dass die Begründung für die Ablehnung der Ritzschen Theorie aus der de Sitterschen Überlegung heraus auf einem wackeligen Sockel stand, als man in der Entwicklungszeit der Allgemeinen Relativitätstheorie gedacht hatte.¹

Ein Kritiker der RT, Richard A. Waldron, hatte 1977 in seinem Buch *The wave and ballistic theories of light – a critical review*² eine Untersuchung zur Frage „Einstein vs. Ritz“³ und den experimentellen Nachweisen der Speziellen Relativitätstheorie durchgeführt, und war dort unter anderem auch auf den de Sitterschen Standpunkt von 1913 eingegangen. Das de Sittersche Resultat hatte für ihn allerdings keinerlei Beweiskraft.⁴ Die Argumente von La Rosa wurden von Waldron nicht aufgegriffen, aus welchen Gründen auch immer.⁵

Um die Problematik mit dem “extinction theorem” zu umgehen wurde von Kenneth Brecher 1977 eine Untersuchung mit Röntgenstrahlung durchgeführt⁶, die aufgrund einer Energie von 70keV eine “extinction length” von $20\text{kpc} \approx 6 \cdot 10^{22}\text{cm}$ aufweist, womit sie nach der Theorie unbeeinflusst auf der Erde registriert wird. Hierbei ermittelte er als Obergrenze

$$k < 2 \cdot 10^{-9}$$

und damit hat das Einsteinsche 2. Postulat durch die von de Sitter und Comstock vorgeschlagene Methode – wenn auch leicht modifiziert – schließlich mehr als 60 Jahre später noch eine Bestätigung erfahren.

Einsteins Weg von der SRT zur ART war beschwerlich gewesen und hatte über Vorüberlegungen, Zwischenschritte und Fehlschläge schließlich zu der endgültigen Theorie geführt. Diese intermediären Stufen blieben in Leiden nicht unbeachtet: Vor allem Lorentz und Ehrenfest waren recht konstant informiert und auch Fokker war sehr gut über die Entwurftheorie im Bilde, hatte 1915 gar eine Einführung dazu im englischsprachigen Raum veröffentlicht.⁷ De Sitter, der bislang nur mit der endgültigen ART in Verbindung gebracht wurde, hatte wie die anderen auch, frühere Schritte inklusive der Entwurftheorie auf Einsteins Weg gekannt, sie in dem Moment aber aus verschiedenen Gründen nicht weiter verfolgt, wie durch Eintragungen in seinen Notizbüchern nachgewiesen werden konnte.

Die Vorkenntnisse über die ART wurden mehr oder weniger aus Zürich nach Leiden

¹[Roseveare82, S. 136]

²[Waldron77]

³Besser: „Einstein vs. einer Waldron entworfenen Emissions-Theorie“, da Waldron nach eigenem Bekunden erst einige Zeit nach Aufstellung seiner eigenen Theorie von der bereits existierenden Theorie von Ritz erfahren hatte, siehe [Waldron77, S. 172].

⁴[Waldron77, S. 98ff]

⁵Waren diese Argumente inzwischen nachgewiesenermaßen unkorrekt? Hatte er schlicht und ergreifend keine Kenntnis davon?

⁶[Brecher77]

⁷[Fokker15]

importiert. Durch seinen Aufenthalt dort hatte Fokker in direktem Kontakt mit Einstein an den aktuellen Gedanken zur Gravitationstheorie teilnehmen können. Dessen Auseinandersetzung mit den Vorstellungen Nordströms zur Gravitation, der zu dieser Zeit auch in Zürich weilte, führte dann zu einer gemeinsamen Arbeit von Fokker und Einstein.¹ Ehrenfest, der schon früher mit Einstein über Gravitation diskutiert hatte, war zeitweilig in Zürich gewesen und dort auch auf den aktuellsten Stand gebracht worden. Einsteins Wechsel nach Berlin brachte dann das Thema Gravitation in Zürich zum Erliegen, in Leiden jedoch wuchsen die Aktivitäten.

An keinem anderen Ort ist die Entwurftheorie so rezipiert worden wie in Leiden. Dies beweisen nicht nur die Arbeiten Drostes dazu, sondern auch de Sitters Berechnung der Periheldrehung des Merkur (18") in Korrespondenz mit Lorentz, die nicht zur Stützung der Theorie verwendet werden konnte, da sie weniger als die Hälfte der beobachteten Abweichung betrug. Einsteins Klagen über mangelndes Interesse an seiner Theorie waren daher eher Übertreibung als Wiedergabe der Tatsachen. Mit Aufstellen der endgültigen Feldgleichungen durch Einstein und seiner somit fertigen Theorie steigerten sich die Aktivitäten in Leiden weiter. Auch diesmal gab es keinen weiteren Ort, an dem in vergleichbarer Art und Weise die Theorie aufgenommen und angewendet wurde, sieht man einmal von Göttingen ab, wo um Hilbert ein weiteres Zentrum der ART entstand.

Auf welchem Wege de Sitter zu seiner Beschäftigung mit der Theorie kam, erscheint nun nachvollziehbar. Es war eine fast zwingende Entwicklung über mehrere Stationen. Zunächst war da um die Jahrhundertwende seine ausführliche theoretische Beschäftigung mit den Bewegungen der Jupitermonde, einem komplexen Mehrkörperproblem, das durch Gravitation konstituiert wird.² In seiner Antrittsrede hatte er 1908 sein Interesse an Gravitation und ihrer Gesetzmäßigkeit durch einen Exkurs (siehe Anhang A.4) sichtbar gemacht und ihre Besonderheit³ darin herausgestellt (siehe auch Abschnitt 2.1.3). 1911 hatte er die Auswirkungen des RP auf das Sonnensystem unter die Lupe genommen, und dabei die Merkurperiheldrehung als Möglichkeit einer Überprüfung ausgemacht. Ein kleines, ergebnisloses Intermezzo zu Absorption von Gravitation und der daraus möglicherweise resultierenden Auswirkungen auf die Mondbewegung 1912 wurde gefolgt von Betrachtungen zum Nachweis der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit 1913. Daran anschließend hatte er sich 1913/14 mit klassischen Erklärungsversuchen (auch in Kombination mit einer mit dem RP verträglichen, skalaren Gravitationstheorie) der beobachteten Abweichungen bei Planetenbewegungen, darunter eben die Merkurperiheldrehung, beschäftigt. Fast schon eine logische Folgerung war dann die bereits erwähnte diesbezügliche Berechnung aus der Entwurftheorie und schließlich de Sitters erster Eintrag in einem Notizbuch zur ART: Eine Berechnung der Merkurperiheldrehung daraus zu 42,9".⁴ Sein erster Artikel dazu war „De planetenbeweging en de beweging van de maan volgens de theorie van EINSTEIN“⁵, der sich konsequent derselben Thematik widmete.

¹[Einstein14d]

²Hier erscheint zudem Poincaré als Bindeglied, denn dieser hatte sich sowohl mit den Mehrkörperproblemen als auch mit dem RP beschäftigt.

³Siehe das bereits angeführte Zitat auf S. 38.

⁴S12, S. 46, Box 21C, LEID

⁵[deSitter16a], englische Übersetzung in [deSitter16e]

Schon Sitters Weg verdeutlicht exemplarisch, dass es eine *Kontinuität* in der Rezeption gab, man keine klare Trennung zwischen der Rezeption der SRT, der Entwurftheorie und der ART finden kann.

De Sitter hatte die endgültige ART recht schnell erlernt (und vor allem schnell akzeptiert), da er zum Teil bereits Vorkenntnisse, vor allem aber in Leiden das ideale Umfeld hatte. Hier gab es nicht nur Lorentz Vorlesung sondern auch andere interessierte Kollegen (Ehrenfest, Fokker, Droste, Nordström), mit denen man sich schriftlich austauschen und die Probleme besprechen konnte:

Viele Monate war er damit beschäftigt, diese neuen Dinge in sich aufzunehmen, sich die Gedanken zu eigen zu machen, dass alles was die Mechanik betraf von Galilei bis Newton ein Teil war von einem unvergleichlich viel umfassenderen Ganzen. Auf seinem Weg lag vorerst herauszufinden, was diese Theorie für die Astronomie bedeutete.¹

Der letzte Satz dieses Zitates charakterisiert die allgemeine Ausrichtung der de Sitterschen Arbeiten zur ART. Diese unterscheiden sich von denen seiner Leidener Kollegen durch ihren Bezug zu Astronomie und Kosmologie², wobei dazu ein regelmäßiger Vergleich von Theorie und Beobachtung zählte. Er war nicht an exakten Lösungen interessiert, sondern ihm genügte die Näherung: “[...] approximation to the order which is required for practical applications.”³ Es war ihm wichtig, dass man die Theorie stets an den tatsächlichen Beobachtungen, der Praxis, messen können müsste.

Warum de Sitter sich als einer der Ersten für die neue Theorie interessierte, hat mehrere Gründe. Zum einen gab sie eine Erklärung für die bereits länger bekannte, bis dato nicht wirklich zufriedenstellend erklärte Abweichung in der Periheldrehung des Merkur, zum anderen war es die mathematisch-physikalische Eleganz, die dem studierten Mathematiker daran gefiel, und schließlich spielte auch noch die Nähe zu Lorentz und Ehrenfest dabei eine Rolle, wie auch sein direkter Kontakt mit Einstein selbst.

Trotz seiner Begeisterung und seiner intensiven Beschäftigung mit ART blieb de Sitter der einzige Leidener Astronom, der sich ihr widmete. Warum dies so war, kann nur Ergebnis von Spekulationen sein. Spätestens als er Direktor wurde, lag die Ausrichtung der Sternwarte in seiner Hand und er hätte diese dahingehend anpassen können. Dass er dies nicht tat, könnte zum einen mit seiner allgemeinen Art zusammenhängen, niemandem ein Beschäftigungsgebiet aufdrängen zu wollen (siehe Abschnitt 6.1) zum anderen an dem hohen Schwierigkeitsgrad gelegen haben, den nur wenige bewältigen konnten. Außerdem darf man nicht vergessen, dass er (wie Eddington⁴) in der Hauptsache Astronom und kein Physiker war.

Allgemein anerkannt ist de Sitters wichtige Vermittlerrolle. Während des Krieges half er durch Korrespondenz und Zusendung von Veröffentlichungen Einsteins an Eddington,

¹Meine Übersetzung von: “Gedurende maanden was hij bezig, deze nieuwe dingen in zich op te nemen, zich de gedachte eigen te maken, dat alles wat de mechanica betrof van Galilei tot Newton een deel was van een onvergelykelyk veel omvattender geheel. Op zijn weg lag vooreerst het uit te maken, wat deze theorie voor der astronomie beteekende.”, [deSitter Suermondt40, S. 33].

²siehe auch [Kox92, S. 44]

³[deSitter16e, S. 369]

⁴Siehe den entsprechenden Ausspruch Eddingtons, der in Abschnitt 4.2 wiedergegeben wird.

diesen über die neue Theorie zu informieren und führte schließlich die englischsprachige Community durch seine berühmten drei Arbeiten “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences”¹ in den *MNRAS* in diese ein. Zuvor war es jedoch Eddington, durch dessen Hände die Manuskripte zur Veröffentlichung gingen, der daraus und den ihm zugesandten Originalarbeiten Einsteins selbst die Theorie erlernte. Dieser benötigte dazu deutlich länger als de Sitter, da er weder Vorkenntnisse hatte noch Mitstreiter, mit denen er sich hätte austauschen können wie seine Leidener Kollegen. Bald beherrschte er die Theorie und veröffentlichte seinen *Report*² (1918), den er von de Sitter sicherheitshalber noch Korrekturlesen ließ (auf dessen Dienste als Experten auch Jahre danach noch von anderen zurückgegriffen wurde). Schon zuvor hatte er in kleineren Artikeln als Multiplikator und Verteidiger gewirkt, da zu de Sitters Ausführungen kritische Antworten erschienen waren, auf die Eddington sowohl öffentlich als auch in privater Korrespondenz reagierte. Seine und de Sitters Publikationen waren es, die auch in der frühen Phase der Rezeption der ART in Amerika, in Ermangelung von Einsteins Originalarbeiten, einen ersten Zugang ermöglichten.

De Sitter war aber nicht bloß auf praktischer Ebene wichtig, sondern er trug vor allem durch seine Kontroverse mit Einstein enorm zur Entwicklung der relativistischen Kosmologie bei. Der Beginn der Kontroverse, bislang an Einsteins Besuch in Leiden im Herbst 1916 festgemacht, lässt sich weiter zurück verfolgen und auch die indirekte Beteiligung von „Helfern“ auf de Sitters Seite (an prominentester Stelle Lorentz) trug zum Erfolg der de Sitterschen Kritik bei. Aufgrund dieser warf Einstein einige seiner Vorstellungen zu den Grenzbedingungen der Metrik im Unendlichen über Bord und entwickelte daraufhin das erste relativistische Weltmodell („Einstein-Welt“ oder Modell A). Als Reaktion darauf und auf Einsteins Verharren auf dem Machschen Prinzip entwickelte de Sitter ein eigenes Weltmodell („de Sitter-Welt“ oder Modell B), welches als Gegenbeispiel dazu fungierte.

Bezüglich der Verbreitung der ART von einem an einen anderen Ort haben die Beispiele „Zürich/Berlin → Leiden“ und „Leiden → Cambridge“ gezeigt, wie unterschiedlich Wissenstransfer ausfallen kann. Im ersten Falle war es neben der guten Verfügbarkeit der Originalarbeiten Einsteins vor allem die Kommunikation der Beteiligten untereinander, die den Transfer voranbrachte und trug, zumal einiges an Vorwissen durch beteiligte Personen (Ehrenfest, Fokker, Nordström) direkt nach Leiden „importiert“ worden war. Hier verlief der Prozess der Aufnahme des Wissens bis zur eigenen Umsetzung wesentlich schneller als im zweiten Fall, wo nahezu keine direkte Kommunikation (abgesehen vom Briefwechsel de Sitters mit Eddington) möglich und es eine “one man show” war, in der zunächst nur Eddington selbst Wissen erwarb.³

Paradoxerweise hat es sich in Bezug auf die Ausbildung einer Tradition oder Schule genau entgegengesetzt entwickelt:⁴ In Leiden, dem Zentrum für ART zwischen 1915

¹[deSitter16], [deSitter17] und [deSitter18]

²[Eddington20a]

³Siehe auch [Warwick03, S. 500].

⁴Zum Thema “research schools”, was hier nur gestreift wird, siehe etwa [Doel03], etwas ausführlicher in [Geison93], [Servos93] oder [Holmes93].

und 1920¹, wo zahlreiche Beiträge dazu geleistet wurden, ebte die Aktivität auf dem Gebiet der ART nach diesem Zeitraum wieder ab, in Cambridge hingegen wurde auch zu Zeiten geringen Allgemeininteresses² wenigstens auf kleiner Flamme Nachwuchs ausgebildet. Dass in Leiden die Arbeit mit und an der ART nicht fortgeführt wurde, hatte vermutlich mehrere Ursachen. Ein Aspekt war sicher der stark geometrische Ansatz, den Lorentz und Fokker verfolgten. Des Weiteren war Lorentz schon zur Hochzeiten der ART eigentlich im Ruhestand und hatte seine Vorlesungen dazu wieder eingestellt. Fokker behielt zwar lebenslang sein Interesse daran, konnte aber anscheinend keine Studenten für sich gewinnen.³ Ehrenfest, der als Einziger der Leidener Physiker eine Schule begründete, war zwar an ihr interessiert, trug aber selbst und durch seine Studenten nichts dazu bei und widmete sich stattdessen überwiegend der statistischen Physik.⁴ De Sitter hatte die ART in der Lehre nie behandelt, war durch seine Übernahme des Direktorates 1918 stark mit administrativen Aufgaben belastet und zudem krankheitsbedingt länger abwesend gewesen.⁵ Zusätzlich dürfte es in de Sitters Augen auch wenig Grund gegeben haben, sich weiter mit der ART zu befassen: In Bezug auf die kosmologischen Modelle war keine Entscheidung absehbar, was die Bevorzugung eines der Modelle A oder B anging, und nach 1919 war spätestens mit dem Ergebnis der Sonnenfinsternisexpedition der Beweis der Theorie angetreten worden.

In Cambridge hatte Eddington seit Ende 1919/Anfang 1920 Lehrveranstaltungen zur ART gegeben und dazu beigetragen, dass Kenntnisse darüber bei den Prüfungen mit abgefragt wurden.⁶ Nicht zuletzt seine (Lehr)Bücher bildeten die Grundlage für diejenigen, die Kenntnisse über die Theorie erlangen wollten. Zu seinen Schülern zählten viele, deren Name heute in der einen oder anderen Form mit RT in Verbindung gebracht werden, etwa Georges Lemaître, Fred Hoyle, Paul Dirac, William McCrea, S. Chandrasekhar, G. McVittie oder G.N. Clark.⁷

Dass de Sitter sich im Zeitraum zwischen 1920 und 1930 wenig (man denke an die kleine Auseinandersetzung mit La Rosa 1923/24) bis nicht mit RT und Kosmologie beschäftigt hatte, war nicht Thema der Arbeit, kann hier aber zumindest vorläufig festgehalten werden. Ob er damit (in Bezug auf die RT) dem Trend folgte, oder ob er aufgrund seiner wachsenden administrativen Aufgaben als Direktor⁸ die wenige ihm verbleibende Zeit mehrheitlich der Aufarbeitung von Observationsergebnissen der Jupitermonde widmete, die durch seinen langen gesundheitsbedingten Aufenthalt in Arosa unterbrochen worden war, oder ob es andere Gründe dafür gab, bleibt bislang spekulativ.

Ebenfalls kann festgehalten werden, dass ab 1930 de Sitters Beschäftigung mit Kos-

¹vgl. [Warwick03, S. 460]

²Siehe dazu Eisenstaedt, Jean, "The Low Water Mark of General Relativity, 1925-1955". In: Howard, D., Stachel, J. (Hrsg.), *Einstein and the History of General Relativity*, Boston, Birkhäuser, 1989, S. 277-92.

³[Kox92, S. 46]

⁴[Warwick03, S. 499], [Klein85], [Kox92, S. 45f]

⁵Siehe Abschnitte 6.1, 6.2 und 6.3.2.

⁶[Warwick03, S. 478-89]

⁷[Warwick03, S. 489-92]

⁸de Sitter an Innes, 10.02.1922, CSIR

mologie stark zunahm, was an der Entdeckung der Expansion des Universums lag:¹

The first part, up to art. 4 [[deSitter30e] bzw. [deSitter30f]], was ready [in?] January, when I spoke about it in the R.A.S. – since then I had been trying to find a dynamical solution, and had, in fact, been very near the one found by Lemaître, when Eddington sent me a reprint of Lemaître’s paper in the end of March.²

Eddington hatte Lemaîtres Arbeit von 1927³ durch einen Hinweis von Lemaître selbst quasi wiederentdeckt, und in Union mit der von Hubble experimentell bestätigten Proportionalität von Entfernung und Fluchtgeschwindigkeit der Nebel⁴ wurden mit dem Annehmen von nicht-statischen Weltmodellen nicht nur die bisherigen Modelle A und B in ihrer Reinform zu Grabe getragen, sondern es entwickelte sich eine Vielfalt an unterschiedlichen Modellen. De Sitter steuerte in dieser Richtung viele Veröffentlichungen bei, was leider 1934 abrupt durch seinen Tod beendet wurde.

Die folgende Aufstellung fasst die Themen zusammen, zu denen meines Erachtens weitere Forschungen durchgeführt werden sollten:

- **Die weitere Vertiefung und Ergänzung einiger Punkte**

- **Rezeption der Entwurftheorie:** Es scheint meines Erachtens noch Bedarf an umfangreicheren Rezeptionsstudien zur Entwurftheorie zu geben, da diese weitgehend im Schatten der ART vernachlässigt wurde/wird.
- **Kooperation mit dem Union Observatory:** Die Vorgeschichte zu der Kooperation mit dem Union Observatory wurde in [Pyenson89, S. 45-82] bereits hinreichend ausführlicher behandelt. Die genauen Umstände, die 1923 dazu geführt haben, sollte man einmal einer detaillierteren Untersuchung unterziehen. Mir lag der Briefwechsel zwischen Innes und de Sitter nur teilweise vor, weitere Dokumente dazu hatte ich kaum zur Verfügung.
- **De Sitter Verhältnis zur Metaphysik:** Auf Basis von [Gale05] könnte man de Sitter Verhältnis zur Metaphysik anhand von Quellenmaterial noch detaillierter untersuchen, dabei insbesondere von ihm gelesenen Autoren (z. B. Spinoza, Bergmann) mit berücksichtigen.
- **Nachlässe suchen:** Es scheint keine Nachlässe von Gunnar Nordström oder Johannes Droste zu geben. Eventuell könnte man erneut versuchen, etwas zu finden und die Rezeption der RT in Leiden noch weiter erhellen.
- **Quellenmaterial ansehen:** Aufgrund zeitlicher und finanzieller Einschränkungen konnte ich nicht das komplette als existierend bekannte Quellenmaterial in Augenschein nehmen. Dazu zählen etwa Teile der Korrespondenz de

¹Mit [deSitter31f] werden im “Report of the director” diese Arbeiten aufgezählt.

²de Sitter an Schlesinger, 26.04.1930, YUL

³[Lemaître27]

⁴[Hubble29]

Sitters mit Hertzsprung (AAU), Teile der Korrespondenz mit Gill (CAM), Korrespondenz de Sitters mit Voûte (LEID, Box 17), Teile der Korrespondenz mit Innes (CSIR), Tagebuch- und Notizbuchaufzeichnungen Ehrenfests (MBL) etwa zu Lorentz' "Monday Morning Lectures" (ENB: 5-01.1, siehe [Wheaton77, S. 89]), Briefe an Fokker (MBL) oder Zeitungsartikel zu IAU Meeting 1928 über www.kb.nl. Dieses Material sollte noch gesichtet werden.

- **Vergleich Manuskripte mit gedruckten Veröffentlichungen:** Zu einigen Veröffentlichungen liegen sowohl die endgültige, gedruckte Version als auch Manuskriptmaterial vor (etwa zu "The secular variations of the elements of the four inner planets" [deSitter13k] in S8, S. 168ff(?), ein Teil von *The astronomical aspect of the theory of relativity* liegt als alternative Version vor, ebenso Vorträge, die schließlich zu *Kosmos* führten). Im Vergleich ließen sich interessante Dinge erfahren wenn wie z. B. in S8, S. 176(?) aus "Seeliger has proved [...]" "Seeliger has shown [...]" wird.

- **Die de Sitter Archivalien**

- **de Sitter Archiv:** Der wissenschaftliche Nachlass de Sitters in Leiden sollte katalogisiert, angemessen konservatorisch behandelt und systematisch aufgearbeitet werden, damit er in Zukunft leichter der Forschung zugänglich ist. Wünschenswert wäre ein elektronischer Zugriff auf Meta- und Dokumentdaten.
- **Nachlass zusammenführen:** Nach meinen Erfahrungen mit den Nachfahren de Sitters ist der private Nachlass verstreut worden. Viele Enkel etc. besitzen Schriftstücke, Fotografien usw., die auch aus wissenschaftshistorischer Perspektive interessant sind. Alle diese relevanten Dinge sollten zumindest als Reproduktionen gemeinsam mit dem wissenschaftlichen Nachlass aufbewahrt werden, um zukünftige Forschungen zu erleichtern.
- **Korrespondenz:** Die Korrespondenz de Sitters müsste noch weiter aus Archiven weltweit zusammengetragen werden und eine umfassende Übersicht erstellt werden.
- **Biografie:** Eine umfassende wissenschaftliche Biografie de Sitters fehlt bislang. Nachdem man, wie vorstehend angeregt, die notwendige Basis dafür geschaffen hat, wäre dies ein wichtiger Beitrag für die Wissenschaftsgeschichte.
- **Gesammelte Werke:** In Ergänzung einer Biografie oder auch separat würde eine Herausgabe der gesammelten Werke ebenfalls einen wertvollen Beitrag zur Aufarbeitung de Sitters wissenschaftlicher Tätigkeit leisten können.

- **Das physikalisch-kosmologische Werk de Sitters (1919)1927-1934:** De Sitters Anteil an den Entwicklungen, die mit der Wiederentdeckung der Lemaître'schen Arbeit von 1927 beginnen, sollte analysiert werden. Schon die Zahl seiner

Veröffentlichungen zur Kosmologie ab 1930 signalisiert, dass er hier signifikante Beiträge geleistet hat.

Jahr	Experimentator(en)	bewegte Quelle	Geschwindigkeit der Quelle	Grenze für k
1910	Tolman ^a	Sonnenränder	$\approx 10^{-5}c$	kein Effekt
1913	de Sitter ^b	Doppelsterne		$k \leq 0,002$
1914	Zurhellen ^c	Doppelsterne		$k \leq 10^{-6}$
1919	Majorana ^d	Quecksilberdampf- lampe	$\approx 10^{-7}c$	kein Effekt
1924	Tomaschek ^e	Sterne	$\approx 10^{-4}c$	kein Effekt
1960	Heckmann ^f	Sterne und Nebel	$\approx 10^{-1}c$	kein Effekt
1960	Bonch-Bruewich ^g	Sonnenränder	$\approx 10^{-5}c$	$k = 0,02 \pm 0,07$
1962	Kantor ^h	rotierende Gasp- latte	$1,56 \times 10^{-7}c$	$k = 0,67(?)$
1963	James und Stern- berg ⁱ	rotierende Gasp- latte		$k \leq 0,025$
1963	Rotz ^j	rotierende Gasp- latte	$2 \times 10^{-7}c$	$k \leq 0,1$
1963	Sadeh ^k	e^+e^-	$0,5c$	$k \leq 0,3$

^a[Tolman10b]

^b[deSitter13l]

^c[Zurhellen14]

^d[Majorana19]

^e[Tomaschek23b], [Tomaschek23a], [Tomaschek24]

^fHeckmann, O., "The aberration of extragalactic nebulae". *Annales d'Astrophysique* **23** (1960), S. 410.

^gBonch-Bruewich, A.M., *Optika Spektrosk* **9** (1960), S. 134.

^hKantor, Wallace, "Direct First Order Experiment on the Propagation of Light from a Moving Source". *Journal of the Optical Society of America* **52** (1962), S. 978.

ⁱ[James63]

^jRotz, Fred B., "New test of the velocity of light postulate". *Physics Letters* **7**, Issue 4 (1963), S. 252-4.

^kSadeh, D., "Experimental Evidence for the Constancy of the Velocity of Gamma Rays, Using Annihilation in Flight". *Physical Review Letters* **10** (1963), S. 271-3.

Tabelle 6.4. – Experimente zur Prüfung der Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle (nach [Zhang97, S. 173] mit Ergänzungen, erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

Jahr	Experimentator(en)	bewegte Quelle	Geschwindigkeit der Quelle	Grenze für k
1963	Alväger, Nilsson und Kjellman ^a	C^{12}	0,03c	$k \leq 0,1$
1964	Babcock und Bergman ^b	rotierende Glasplatte	$1,25x10^{-7}c$	$k \leq 0,01$
1964	Beckmann und Mandics ^c	rotierende Glasplatte		$k \leq 0,1$
1964	Filippas und Fox ^d	π^0	0,2c	$k \leq 0,4$
1964	Alväger, Farley, Kjellman und Wallin ^e	π^0	0,99975c	$k \leq 10^{-4}$
1965	Beckmann und Mandics ^f	rotierender Spiegel	$1,52x10^{-7}c$	$k \leq 0,05$
1965	Waddoups, Edwards und Merrill ^g	rotierendes Glimmer-Fenster		$k \leq 0,14$
1967	Fox ^h			
1977	Brecher ⁱ	extraterrestrische γ -Strahlung		$k < 2x10^{-9}$

^aKurze Zusammenfassung in [Alväger63].

^bBabcock, G.C., Bergman, T.G., ‘Determination of the constancy of the speed of light’. *Journal of the Optical Society of America* **54** (1964), S. 147-51.

^cBeckmann, P., Mandics, P., *Radio Sci.* **68D** (1964), S. 1265.

^dFilippas, T.A., Fox, J.G., ‘Velocity of gamma rays from a moving source’. *Physical Review* **135** (1964), S. 1075. Siehe auch [Rosser61], der ebenfalls einen Versuch mit π^0 vorschlug.

^eAlväger, T., Farley, F. J. M., Kjellman, J. und Wallin, L., ‘Test of the second postulate of special relativity in the GeV region.’ *Physics letters* **12**, Issue 3 (1964), S. 260-2. Alväger, T., Nilsson, A., Kjellman, J., ‘On the independence of the velocity of light of the motion of the light source’. *Arkiv för Fysik* **26** (1964), S. 209-21.

^fBeckmann, P., Mandics, P., ‘Test of the constancy of the velocity of electromagnetic radiation in high vacuum’. *Radio Science Journal of R.N.B.S.* **69D** (1965), S. 623-28.

^gWaddoups, R.O., Edwards, W.F., Merril, J.J., *Journal of the Optical Society of America* **55** (1965), S. 142.

^hFox, J., ‘Constancy of the velocity of light’. *Journal of the Optical Society of America* **57** (1967), S. 967-68.

ⁱ[Brecher77], Errata S. 1236

Tabelle 6.5. – (Fortsetzung von Tabelle 6.4) Experimente zur Prüfung der Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Geschwindigkeit der Quelle (nach [Zhang97, S. 173] mit Ergänzungen, erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit)

A. Quellen

A.1. Allgemeine Anmerkungen

Größte Aufgabe am Anfang war es, möglichst viele Quellen und Sekundärtexte von und über de Sitter zusammenzutragen. Den Ausgangspunkt bildeten hier die bereits bekannten Texte, von denen aus über die darin genannten bibliografischen Angaben weitere Texte angeschaut wurden, von denen aus sich dieses Prozedere dann wiederum fortsetzte. Dieses mühsame und zeitintensive Verfahren ließ sich vor allem anfangs leider nicht vermeiden, da erst im Laufe der Zeit in zunehmendem Maße die verfügbaren (Internet) Datenbanken mit Informationen vom Beginn des 20. Jahrhunderts gefüttert wurden (die Informationen sind aber beileibe heute noch immer nicht vollständig verfügbar).¹ Als zusätzliche Verzögerung kam noch hinzu, dass die Mainzer Universität als Nachkriegsuniversität (sie wurde 1946 wiedergegründet) viele der benötigten Bücher und Zeitschriften aus der Zeit davor nicht in ihrem Besitz hatte, und die ermittelten Quellen überwiegend per Fernleihe bestellt werden mussten (hinzu kommt, dass Astronomie nicht in Mainz gelehrt wird und deshalb auf diesem Gebiet wenig Material vorhanden ist).² Manche Quellen konnte ich nur bei Besuchen anderer Bibliotheken ansehen/kopieren, andere wiederum wurden über Antiquariate käuflich erworben. Wenn jemand als Korrespondenzpartner de Sitters ausgemacht wurde, konnte ich meist von den entsprechenden Archiven, die den Nachlass des jeweiligen Korrespondenzpartners beherbergen, Kopien der Briefe kostenpflichtig anfordern. Im Falle der wissenschaftlichen Hinterlassenschaft von Innes beispielsweise gestaltete sich dies etwas schwieriger, da im zugehörigen Archiv (Republic Observatory, CSIR Archives, Pretoria, South Africa) noch keine Erfassung der Bestände stattgefunden hatte. Dankenswerterweise wurde auf meine Anfrage hin von einer studentischen Hilfskraft nach meiner Maßgabe dort eine Auflistung von Briefen der Korrespondenz erstellt, aus der ich schließlich 26 Briefe ausgewählt und in Kopie erhalten habe. Leider konnte ich nicht alle der ermittelten Archivalien einsehen oder beschaffen, da damit zum Teil unverhältnismäßige Kosten verbunden gewesen wären, etwa für Reisen oder das Anfertigenlassen von Kopien.³

Bei der Suche nach Bildmaterial wurde ich unter anderem in den Emilio Segrè Visual Archives des American Institute of Physics (AIP) fündig. Auf meine Anfrage hin wur-

¹Besonders hilfreich war das “The Smithsonian/NASA Astrophysics Data System”, <http://adsabs.harvard.edu/>, worüber viele alte astronomische Zeitschriftenartikel zum Teil in digitaler Form verfügbar sind. Ebenfalls sehr nützlich war der International Archival Catalog (ICOS) des American Institute of Physics (AIP), <http://www.aip.org/history/>, worüber einige relevante Quellen überhaupt erst ausgemacht werden konnten.

²Insgesamt wurden über 300 Fernleihen aufgegeben, die nicht alle erfolgreich waren.

³Der größte Teil diesen Materials wird im Ausblick aufgeführt.

de dort weiteres, bislang noch nicht zugängliches Material in den Beständen ausfindig gemacht, wofür ich mich u.a. bedanke. Mehr oder weniger zufällig konnte so auch sehr seltenes Filmmaterial ausfindig gemacht werden. Die Filmaufnahmen entstanden u.a. bei der General Assembly der International Astronomical Union 1928 in Leiden und zeigen neben anderen Wissenschaftlern wie Eddington auch für einige Sekunden de Sitter im Bild.¹ Über diesen Fund war ich besonders erfreut, macht er doch durch die Natur der Sache „Geschichte lebendig“!

Insgesamt betrachtet ergab meine Suche nach primären und sekundären Quellen weitaus mehr Material, als im Rahmen dieser Dissertation Erwähnung oder Verwendung finden konnte (eine Ausnahme bildet hier die zusammengetragene Korrespondenz, die in Anhang A.5 komplett aufgelistet wird und wo die im Text verwendeten Kürzel der besitzenden Archive aufgeführt werden). Im Zusammenhang mit der Verwendung von Sekundärtexten möchte ich noch darauf hinweisen, dass ich trotz der Gefahr von widersprüchlichen, verzerrt dargestellten oder gar falschen Fakten (ich denke hier insbesondere an posthume Beschreibungen wie Nachrufe, Würdigungen oder Darstellungen in Oral History Interviews²) auch solches Material integriert habe.

A.2. Das de Sitter - „Archiv“ in Leiden

Äußerst wichtig für das Ergebnis und die Formung des Inhaltes der Arbeit war ein Besuch in Leiden vom 6.-10. September 2004. Dort konnte ich an der Sternwarte der Leidener Universität den wissenschaftlichen Nachlass de Sitters mit Notebook und Scanner bewaffnet in Augenschein nehmen, wofür ich mich an dieser Stelle bedanke. Er befindet sich in einem meiner Einschätzung nach sehr guten Zustand, wenn man bedenkt, dass er bislang nicht professionell archivarisches behandelt oder gar erschlossen wurde.³ Dies sollte auf jeden Fall dringend erfolgen, um den weiteren Erhalt des Materials zu sichern und um den Bestand über eine systematische Katalogisierung der Forschung zugänglich zu machen. Die einzige Hilfe, auf die ich bei der Lokalisierung von bereits an anderer Stelle erwähnten und zitierten Dokumenten zurückgreifen konnte, war das von einem Enkel de Sitters 1998 zusammengestellte Büchlein „Grandfather, a charcoal sketch“⁴. In diesem gibt er eine grobe und subjektive Übersicht über die Inhalte der nummerierten Kisten, in welchen die Dokumente gelagert werden. Diese Angaben sind jedoch nicht vollstän-

¹Film 'Mainz to Washington 1928 (15-16-17-18)', V-1998-(21), William F. Meggers Papers. American Institute of Physics, Niels Bohr Library, College Park, MD 20740, USA. Von diesem sind ca. 3 Minuten bei der Versammlung der IAU 1928 in Leiden aufgenommen worden.

²Im Rahmen verschiedener Projekte wurden Interviews mit Wissenschaftlern durchgeführt, um dadurch weitere Einblicke in Lebens- Denk- oder Schaffensweisen zu erhalten, siehe http://www.aip.org/history/oral_history/.

³Das vorhandene Material ist sehr vielfältig: Briefe an und von de Sitter, Manuskripte, Zeitschriftenartikel, Fotos, Zeitungsartikel, Notizen, astronomische Berechnungen, finanzielle Kalkulationen, Kataloge von Instrumentenherstellern etc. Nach einer Schätzung in [deSitter98, S. 3] haben ca. 25% der Korrespondenz Inhalte, welche etwas mit den Finanzen der Sternwarte zu tun haben (z. B. Preise gebrauchter Instrumente, Reisekosten, Druckkosten oder Gehälter).

⁴[deSitter98]

dig und umfassen auch nur eine Auswahl der Kisten, sodass meine gezielte Suche nach Dokumenten auf dort aufgeführtes Material beschränkt war. Bei meiner Suche nach weiterem interessanten Material konnte ich mich nur auf die sehr knappen Inhaltsangaben auf den Aufklebern¹ der Kisten stützen (die Auflistung der vorgefundenen Kisten folgt in Tabelle A.1). Dennoch gelang es mir, relevantes Material für meine Untersuchungen zu finden, wenn auch unterstützt durch etwas Glück.

Die Auswertung der gesichteten Archivalien nahm einige Zeit in Anspruch, da es sich zu einem großen Anteil, etwa in Form von Notizbüchern, um handschriftliches Material handelte. Zudem waren viele Schriftstücke in niederländischer Sprache verfasst (wie auch etliche der gedruckten Veröffentlichungen), sodass neben einer Gewöhnung an die Handschrift noch die sprachliche Hürde genommen werden musste. So habe ich zwar ein praktisches Lese-Grundverständnis für die niederländische Sprache erworben, was aber mit einem ordentlichen Spracherwerb nicht gleichgesetzt werden kann. Daher habe ich eigene Übersetzungen ins Deutsche als solche gekennzeichnet und die betreffenden Originalpassagen stets mit angegeben.

In Leiden hatte ich weiterhin die Gelegenheit, gleich drei Enkel de Sitters in einem ca. zweistündigen Gespräch befragen zu können. Durch ihre Antworten konnte ich mir ein besseres Bild ihres Großvaters machen. Nach dieser Kontaktaufnahme wurden mir von ihnen und anderen Familienmitgliedern weitere Materialien aus dem Familienbesitz zur Verfügung gestellt, darunter überwiegend Fotografien.

Nummer	Beschriftung
1	inventarisatie archief
2A	diversen periode Kaiser
3	Hertzsprung Harvard
4	v.d. Sande Bakhuyzen
5B	1974 Files 5,6,8,9,11
6	van de S.-Bakh. de Sitter - correspondentie ca. 1900-1930
7	Observations Kaiser 1974
8	Kaiser observations 1826-1845
9	Kaiser manuscripts
10	Kaiser -manu-scripts
12	de Sitter Jup. satell.
13	1974 Foundation of Sterrewacht Papers + articles Kaiser papers
14	Kaiser - waarnemingen en berekeningen maan kometen
15	de Sitter - Jupiter satell.
16	Kaiser - mer. cirkel chronometers
17	W. de Sitter correspondentie 1924-32
18A	de Sitter Jup. satell.
18B	de Sitter Jup. satell.
19B	Kaiser correspondentie
21A	De Kort - metingen reducties dissertatie
21B	de Sitter - Jupiter; theorie
21C	de Sitter - boeken en portefeuilles

¹Teilweise sind die Kisten doppelt nummeriert - einmal auf dem Aufkleber und nochmal mittels Kreide. Ich verwende bei meinen Angaben stets die Nummern, wie sie auf den Aufklebern zu finden sind und auch so von den anderen Autoren verwendet werden, die sich auf diese Kisten beziehen.

Nummer	Beschriftung
21D	de Sitter boeken en portefeuilles
22	Kaiser - curatoren 1837-1872
23	metingen 1840-1848
24	v.d. Sande Bakh. zaken(?) corr.
25	Venus overgang 1874
27	Hins waarnemingen & reducites
28	curatoren corr. 1879-1881
30	verslagen Staat(?) der sterrewacht
31	de Sitter rel. theorie
32	de Sitter - Innes eclipses
33	instrumenten v.d. Sande Bakh. Zwiers Weeder
34	rekeningen declaraties 1909-1918
35	F.v.d. Sande Bakh. verslagen commissies
36	v.d. Sande Bakh. corr. ministerie 1872 - 1910
37	correspondentie astronomen commissies instellingen
38	W. de Sitter Jup. satellieten
39	W. de Sitter Jup. satellieten
40	1974 de Sitter
41	W. de Sitter geodetische cie eclipscommissie 300j. sterrewacht KNMI
42	Kaiser waarnemingen historie
43	W. de Sitter wetensch. werk
44	de Sitter Ned-Zuid Afr. vereniging NAC div. ? en ?
46b	de Sitter correspondentie
47	Kaiser correspondentie sterrewacht 1837 - 1866
48	van Deinse
49	v.d. Sande Bakh.
54	curatoren 1910 - 1929
56	corr. de Sitter instrumenten 1921 - 1939
57	Voûte Kuiper dubbelsterwaarn.
58	rekeningen 1919 - 1925
59	catalogi opt. instrumenten
60	catalogi opt. instrumenten
61	rekeningen 1899 - 1908
62	catalogi div. instrumenten
63	catalogi instrumenten
64	schattingen var. sterren Bruna
65	Walraven en Fokker p.e. obs.
66	schattingen var. sterren
67	rekeningen 1863 - 1882
68	instrumenten corr. Cooke catalogi
69	rekeningen zakelijke corr. 1926 - 1940
70	W. de Sitter Jup. satellieten oude eclipsen
71A	aantekennigen(?) over sterr. onderw.(?)
71B	rekeningen 1883 - 1889
72	positionele sterrenkunde Pels, v. Herk
75	1974 Russian expedition 1936.
119	de Sitter, Hertzsprung u.a.(?) waarnemingen diversen
120	Bruna mer. cirkel werk
121A	W. de Sitter boeken en portef. Jupiter Th.

Nummer	Beschriftung
121B	D. Brouwer Jup. satell. eclipsen proefschrift
122A	C. Sanders ~ 1900-1930
122B	Leidsch Sterrenwachtfonds ~ 1970
123	Walraven metingen St. Michael
124	A. Pannekoek de Vos van Steinaryk(?)
125	curatoren 1929 1935-1938 1940-1944
126	catalogi instrumenten
127	curatoren 1930 - 1934
128	financien sterrewacht 1890 - 1896
129	curatoren 1896 - 1910
131B	Hertzsprung div. mappen
132	Hertzsprung pleiaden eig.bew.
133	correspondentie Hertzsprung A. de Sitter
134	J.H. Oort gepubl. art.
137	de Sitter Hertzsprung Oort
138	1975 Space Research
155	schattingen variable sterren
156	L. Woltjer manuscripten, metingen B.A.N.'s

Tabelle A.1. – Verzeichnis der Kisten im Archiv der Sternwarte Leiden

A.3. Weitere Archive mit Material zu de Sitter

Neben dem „Hauptarchiv“ zu de Sitter gibt es noch zahlreiche weitere Archive, die Material zu de Sitter in ihrem Besitz haben. Zumeist sind dies dann Briefe, die von de Sitter an andere Personen geschrieben wurden oder Durchschläge von Briefen an de Sitter. Daher erschien mir eine Auflistung nach dem jeweiligen Korrespondenzpartner sinnvoll, wie nachfolgend zu finden. Die Auflistung erhebt keinen Anspruch auf Vollständigkeit, umfasst nach meiner Einschätzung aber schon einige der wichtigsten Personen, mit denen de Sitter in brieflichem Kontakt stand. Zumeist konnte ich Kopien der Briefe erhalten (siehe Auflistung unter Anhang A.5), aufgrund der damit verbundenen Kosten war es mir aber nicht vollständig möglich.

- **Adams, Walter Sydney:** The Huntington Library, 1151 Oxford Road, San Marino, California 91108
- **Aitken, Robert Grant:** Mary Lea Shane Archives of the Lick Observatory, University of California
- **Dyson, Frank Watson:** Royal Greenwich Observatory Archives, Papers of Frank Dyson. Department of Manuscripts and University Archives. Cambridge University Library, West Road, Cambridge CB3 9DR. Standort im Archiv: RGO 8/88. Nach Auskunft des Archives behandeln die Briefe inhaltlich ausschließlich die Jupitermonde (siehe auch <http://janus.lib.cam.ac.uk/db/node.xsp?id=EAD%2FGBR%2F0180%2FRG0%208%2F88>), daher habe ich keine Kopien von ihnen angefordert.

- **Eddington, Sir Arthur Stanley:** Leider sind Briefe an Eddington nur sehr spärlich vorhanden, Briefe von de Sitter an ihn konnte ich nicht außerhalb des de Sitter Archives finden.
- **Ehrenfest, Paul:** Im Museum Boerhaave, Leiden, Holland sind folgende Briefe vorhanden, von denen ich noch keine Kopie habe: Ehrenfest an de Sitter, 16.11.1929 und 26.07.1931 (ESC9, Section 5, 179 und ESC10, Section 8, 306), de Sitter an Ehrenfest, 21.05.1933 (ESC9, Section 5, 180)
- **Einstein, Albert:** Hebrew University of Jerusalem, Department of Manuscripts and Archives, Albert Einstein Archives, Jerusalem. / Veröffentlicht wurden die Briefe bislang in [Einstein98] und [Einstein04]
- **Gill, Sir David:** Royal Greenwich Observatory Archives, Papers of the Cape Observatory, RGO 15. Department of Manuscripts and University Archives, Cambridge University Library, West Road, Cambridge CB3 9DR. Briefe zu finden unter RGO 15/128, W. de Sitter, 29 December 1896 - 4 April 1900. RGO 15/130: Dr W. de Sitter, Groningen, 3 May 1900 - 24 August 1906. RGO 15/132: Miscellaneous correspondence, 1907–1923, <http://janus.lib.cam.ac.uk/db/node.xsp?id=EAD%2FGBR%2F0180%2FRGO%2015>. Ich hatte nur Kopien aus RGO 15/128 vorliegen.
- **Hertzprung, Ejnar:** University of Aarhus. History of Science Dept. Aarhus, Dänemark. Name der Sammlung: „Correspondence, 1903-1966“ Aus der Korrespondenz hatte ich nur einen kleinen Teil bestellt.

	Anzahl Briefe	Zeitraum
Sitter, A de	30	1929-1940
Sitter, A de	22	1936-1938
Sitter, A & W	34	1929-1934
Sitter, W. de	33	1919-1935
Sitter, W. de	36	1918-1931
Sitter, W. de	24	1917-1931
Sitter, W. de	26	1924-1927
Sitter, W. de	26	1923-1924
Sitter, W. de	41	1920-1923
Sitter, W. de	41	1915-1920

Tabelle A.2. – Korrespondenz zwischen de Sitter und Hertzprung, vorhanden an University of Aarhus

Auch vorhanden am American Institute of Physics, Center for History of Physics, Niels Bohr Library. One Physics Ellipse, College Park, MD 20740, USA. Call Number: MI30013

- **Hale, George Ellery:** Der Nachlass ist aufgeteilt: (a) The Huntington Library, 1151 Oxford Road, San Marino, California 91108 (George Ellery Hale Papers/Mt. Wilson Director's files) (b) Caltech, Institute Archives, Pasadena, Ca. (George Ellery Hale Papers, Box 24, folders I,II and III)
- **Hubble, Edwin Powell:** Huntington Library, 1151 Oxford Road, San Marino, CA 91108 / American Institute of Physics, Center for History of Physics, Niels Bohr Library. One Physics Ellipse, College Park, MD 20740, USA. Call Number: MI38
- **Huizinga, Johan:** Da de Sitter mit Johan Huizinga sehr gut befreundet war, wäre hier auch Korrespondenz zu erwarten gewesen.¹ Allerdings haben sich de Sitter und Huizinga regelmäßig getroffen und daher war es nicht notwendig, das besprochene erneut schriftlich festzuhalten.²
- **Innes, Robert T.A.:** Records of the Republic Observatory, CSIR (Council for Scientific and Industrial Research) Archives, Pretoria, South Africa (erster Hinweis aus [Warner77, S. 219]). Auf meine Bitte hin wurde in dem Archiv nach Korrespondenz zwischen de Sitter und Innes gesucht. Aufgrund mangelnder Geldmittel meinerseits wurde die Suche auf die Periode von 1910 - 1924 eingeschränkt. In dieser konnten 65 Briefe ermittelt werden, von denen ich dann 26 Stück in Kopie bestellt habe. Nach der genannten Quelle müssten dort auch noch weitere Briefe de Sitters in einer eigenen Akte existieren.
- **Joy, Alfred Harrison:** The Huntington Library, 1151 Oxford Road, San Marino, California 91108
- **Kapteyn, Jacobus Cornelius:** Kapteyn Astronomical Institute, Universität Groningen. Leider wurde der Großteil der Korrespondenz von Kapteyn im 2. Weltkrieg vernichtet, siehe [vanderHeijden00]. Einige Briefe sind jedoch im de Sitter Archiv zu finden.
- **Klein, Felix:** Klein Nachlass, Niedersächsische Staats- und Universitätsbibliothek, Göttingen. Dort sind vorhanden Notizen Kleins zu Artikeln von de Sitter sowie Briefe.
- **Kottler, Friedrich:** Leider konnte ich keinen Nachlass ausfindig machen. Dass es Korrespondenz gab, sieht man an den im de Sitter Archiv vorhandenen Briefen Kottlers sowie dem Hinweis in [Kottler22, S. 159, Fn. 1]. Details zu Kottlers wissenschaftlicher Karriere, insbesondere seinen Beiträgen zur RT kann man [Havas99] entnehmen.
- **Levi-Civita, Tullio:** California Institute of Technology, Institute Archives. 1201 East California Blvd. (Mail Code 015A-74), Pasadena, CA 91125, USA. / Accademia Nazionale dei Lincei, Biblioteca Corsiana, Roma.

¹In [Huizinga89a] und [Huizinga89b] finden sich keine Briefe zwischen den beiden.

²[Huizinga89a, S. 6]

- **Lorentz, Hendrik Anton:** Algemeen Rijksarchief, The Hague, Netherlands / American Institute of Physics, Center for History of Physics, Niels Bohr Library. One Physics Ellipse, College Park, MD 20740, USA. Call Number: MI48 (AH-QP/LTZ 1-20)
- **Pickering, Edward Charles:** Harvard University Archives, Pusey Library, Cambridge, Massachusetts 02138. (Harvard College Observatory, Director's Correspondence, File II, 1911-1921, Box 33, "de Sitter, W. Professor")
- **Russel, Henry Norris:** Princeton University Library, Manuscripts Division, One Washington Road, Princeton, New Jersey 08544-2098, Henry Norris Russel Papers
- **Schlesinger, Frank:** Yale University Library, Manuscripts and Archives, P.O. Box 208240, New Haven, CT 06520-8240, (Record unit 274, Box 41, Folder 103-105)
- **Schroeter, Jens Fredrik:** National Library of Norway, Oslo Division. Department of Manuscripts, Drammensveien 42, P.O.Box 2674 Solli, NO-0203 OSLO.
- **Seares, Frederick Hanley:** The Huntington Library, 1151 Oxford Road, San Marino, California 91108
- **Shapley, Harlow:** Harvard University Archives, Pusey Library, Cambridge, Massachusetts 02138 (Harlow Shapley Papers HUG 4773.xx and UAV 630.22, Harvard College Observatory)
- **Voûte, Joan:** Nach [Pyenson89, S. x] existiert(e) ein privates Archiv des Voûte Nachlasses bei seinen Nachfahren Mevr. und Dr. med. Jacques Walburgh Schmidt, ehemals Den Haag. Leider sind beide verstorben und der Verbleib des Nachlasses unbekannt.

A.4. Quellenauszüge

In den von mir ausgeführten Transkriptionen werden Unsicherheiten beim Erkennen von Wortteilen mittels nachgestelltem „(?)“, nicht erkennbare Wörter mittels „?“ als Platzhalter markiert.

Aus de Sitter, Willem, *De nieuwe methoden in de mechanica der hemellichamen*

Folgenden Abschnitt habe ich selbst übersetzt, weshalb ich keine Fehlerfreiheit garantieren kann. Daher habe ich nachstehend den Abschnitt auch noch im niederländischen Original hinzugefügt. Bei der Übersetzung habe ich versucht, so wörtlich wie möglich zu übersetzen, um den Stil zu erhalten, was einige merkwürdige Sätze erklärt.

Eine Erscheinung erscheint uns bemerkenswert, sodass ich, obwohl es außerhalb meines eigentlichen Themas liegt, es jedoch nicht unterlassen kann genauso darüber nachzudenken, weil es doch den mathematischen Astronomen sehr stark betrifft.

Wieviel auch erklärt ist, von wie vielen Gesetzen man den tieferen Grund bloß zu legen gewusst hat, das Gravitationsgesetz, das bei weitem einfachste Vorbild, wozu ursprünglich die gesamte mathematische Physik modelliert wurde, ist noch immer unangetastet, hat noch keine befriedigende Erklärung gefunden. Nun da ich mich einmal habe verleiten lassen von meinem Pfad abzuweichen, um diese Bemerkung zu machen, ist es auch meine Pflicht, sie näher zu beleuchten. Ja, sehr viele Erklärungen für das Gesetz der Schwerkraft wurden vorgestellt, und die Letzte, oder, obwohl auch nicht die Letzte, dann doch die Beste, stammt von einem Mann, dem ich unter Ihnen, die ich soeben meine Kollegen nennen soll, allzeit einen ersten Platz in meiner Bewunderung und Ehrerbietung habe zuerkannt. Doch soll, glaube ich, auch Prof. Lorentz selbst seiner Hypothese über das Wesen der allgemeinen Anziehungskraft nicht die Bedeutung von einer abschließenden Erklärung zuerkennen wollen, wenn man zumindest diesen Namen in seiner strengsten Bedeutung aufrechterhalten will, wenn man an eine Erklärung die Bedingung stellen will, dass sie nicht allein das zu erklärende Gesetz reproduziert, sondern auch die wahrgenommenen oder noch nicht wahrgenommenen kleinen Abweichungen, dass sie nicht allein das Warum der bekannten Tatsachen begrifflich macht, sondern imstande ist neue Tatsachen vorherzusagen. In diesem Sinne war das Gravitationsgesetz eine Erklärung, die den meisten strengen Bedingungen genügte von den Keplerschen Gesetzen, aber eine solche Erklärung hat es selbst noch nicht gefunden. Und der Grund hiervon ist eben seine große Einfachheit, seine völlige Unabhängigkeit von allem was auf andere Naturerscheinungen Einfluss hat. Die Gravitation ist keiner Absorption unterworfen, keiner Brechung, keine Fortpflanzungsgeschwindigkeit ist festgestellt worden, auf alle Körper wirkt sie gleichermaßen ohne Unterschied, überall und allzeit finden wir sie wieder in derselben strengen und einfachen Form, woran alle unsere Versuche in ihre inneren Mechanismen vorzustößen scheitern. Es hat einen Augenblick geschienen als ob das Gesetz etwas von seiner unerbittlichen Strenge verlieren würde. Die durch Leverrier gefundene Abweichung in der Bewegung des Planeten Merkur würde erklärt werden als man annahm dass die Schwerkraft, an Stelle von umgekehrt proportional zu sein in zweiter Potenz vom Abstand, umgekehrt proportional war mit einer Potenz vom Abstand, deren Exponent 2.00000016 ist. Wäre dies so, dann würde damit natürlich keinesfalls das Wesen der Schwerkraft erklärt sein, sondern es hätte doch vielleicht für den Physiker einen Fingerzeig geben können, in welcher Richtung die Erklärung zu suchen war. Newcomb, der diese, ursprünglich von Asaph Hall stammende, Hypothese übernimmt, bemerkt, dass sie mit der wahrgenommenen Bewegung von keinem der anderen Planeten in Widerspruch steht, dass jedoch die Bewegung von dem Perigäum des Mondes, welche zu der Zeit (1895) theoretisch noch nicht mit genügender Genauigkeit berechnet war, ein Kriterium liefern würde. Seitdem ist diese Berechnung ausgeführt – die Methode welche dazu gedient hat soll später noch zur Sprache kommen – und es ist herausgekommen, dass die wahrgenommene Bewegung mit der, welche nach dem strengen Gesetz von Newton berechnet ist, bis auf die letzte Stelle übereinstimmt. Die Hypothese von Hall muss daher aufgegeben werden, und das Gesetz von Newton ist in seiner unberührten Einfachheit wieder hergestellt.¹

¹[deSitter08a, S. 10-12], meine Übersetzung

Een verschijnsel treft ons als opmerkelijk, dat ik, hoewel het buiten mijn eigenlijk onderwerp ligt, toch niet kan nalaten even te memoreeren, daar het toch den mathematischen astronoom van zeer nabij angaat. Hoeveel ook verklaard is, van hoevele wetten men den dieperen ondergrond heeft weten bloot te leggen, de gravitatie-wet, het bij uitstek eenvoudige voorbeeld, waarnaar oorspronkelijk de geheele mathematische physica gemodelleerd werd, is nog steeds onaangetast, heeft nog geene bevredigende verklaring gevoden. Nu ik mij eenmaal heb laten verleiden van mijn pad te gaan om deze opmerking te maken, is het ook mijn plicht, haar nader toe te lichten. Immers, zeer vele verklaringen voor de wet der zwaartekracht zijn voorgesteld, en de laatste, of, zoo al niet de laatste, dan toch de beste, is afkomstig van een man, wien ik onder hen, die ik straks mijne collega's zal noemen, altijd eene eerste plaats in mijne bewondering en eerbied heb toegekend. Toch zal, geloof ik, ook Prof. Lorentz zelf aan zijne hypothese omtrent het wezen der algemeene aantrekkingskracht niet de beteekenis van eene afdoende verklaring willen toekennen, wanneer men ten minste dien naam in zijne strengste beteekenis wil handhaven, wanneer men aan eene verklaring den eisch wil stellen, dat zij niet alleen de te verklaren wet reproduceert, doch ook de waargenomen of nog niet waargenomen kleine afwijkingen, dat zij niet alleen het waarom der bekende feiten begrijpelijk maakt, maar in staat is nieuwe feiten te voorspellen. In dien zin was de gravitatie-wet eene verklaring, die aan de meest strenge eischen voldeed, van de wetten van Kepler, maar eene zoodanige verklaring heeft zij zelve nog niet gevonden. En de reden hiervan is juist haar groote eenvoud, hare algeheele onafhankelijkheid van alles wat op andere natuurverschijnselen invloed heeft. De gravitatie is niet onderworpen aan absorptie, niet aan breking, geen voortplantingssnelheid is geconstateerd, op alle lichamen werkt zij gelijkelijk zonder onderscheid, overal en altijd vinden wij haar terug in denzelfden strengen en eenvoudigen vorm, waarop al onze pogingen om in haar innerlijk mechanisme door te dringen afstuiten. Het heeft een oogenblik geschieden alsof de wet iets van hare onverbiddelijke gestrengheit zou verliezen. De door Leverrier gevonden afwijking in de beweging der planeet Mercurius zou verklaard zijn als men aannam dat de zwartekracht, in plaats van omgekeerd evenredig te zijn met de tweede macht van den afstand, omgekeerd evenredig was met eene macht van den afstand, waarvan de exponent is 2.00000016. Ware dit zoo, dan zou daarmee natuurlijk geenszins het wezen der zwartekracht verklaard zijn, maar het zou toch misschien voor de physici een vingerwijzing hebben kunnen geven, in welke richting de verklaring te zoeken was. Newcomb, die deze, oorspronkelijk van Asaph Hall afkomstige, hypothese overneemt, merkt op dat zij met de waargenomene beweging van geen der andere planeten in strijd is, dat echter de beweging van het perigaeum van de maan, die toen ter tijde (1895) theoretisch nog niet met voldoende nauwkeurigheid was berekend, een criterium zou opleveren. Sedert is deze berekening uitgevoerd – de methode welke daartoe gediend heeft zal verderop nog te sprake komen – en het is gebleken, dat de waargenomene beweging met die, welke volgens de strenge wet van Newton berekend is, tot op de laatste decimaal overeenstemt. De hypothese van Hall moet derhalve opgegeven worden, en de wet van Newton is in hare ongerepte eenvoud hersteld. ¹

¹[deSitter08a, S. 10-12]

Aus Gill, Sir David, *A History and Description of the Royal Observatory, Cape of Good Hope*

In diesem Buch wurde folgender Auszug eines Briefes von de Sitter an David Gill abgedruckt, leider ohne Datierung:

We met first on the 2nd of October 1896. I was then a student in Groningen, and was working in Kapteyn's laboratory, making the measures which are discussed in the *Groningen Publications*, Nos. 2 and 3. You were on a visit to Kapteyn, and I remember the circumstances very well – you came to the laboratory with Kapteyn and looked at the plates and the measuring microscope at which I was working, and had some conversation with me. Next morning I was having some breakfast in my rooms when a message came from the laboratory that you wanted to speak to me. Professor Kapteyn was lecturing in the lecture room, but Mrs Kapteyn came to assist occasionally as interpreter of my (then) imperfect English. You asked if I would come to the Cape as a computer, and thereby complete my astronomical education – or rather begin it, for up to that time I had never made a speciality of astronomy and intended to become a mathematician. It was agreed, after consultation with my parents, that I should first pass my examinations preparatory for the Doctor's degree, and then come to the Cape. I reached the Cape on 1897 August 27 and left it on 1899 December 6. I came with the intention of making parallax observations with the McClean telescope. The telescope however, as you know, was not completed in time. Beyond a very few occasional observations of meteors, comets, occultations, etc., the observational work I did at the Cape consisted of the photometric work (described *Groningen Publications*, 12) and the heliometer observations, viz., parallax of four stars, observation of red stars, and a part of the polar triangulation. The reduction of the parallax observations was entrusted to me in my position as a computer. And finally I began, under your auspices, my work on the Satellites of Jupiter.¹

Ehrenfest an de Sitter (Auszug), 18.04.1917, Box 31, LEID

18.IV.1917. Leiden (und nicht irgendwo „in der Provinz“)

Lieber De Sitter! Congress-Rummel - also verzögerte Antwort.

Die Auffassung B (vierdimens. Welt ist sphärisch) ist mir enorm viel sympathischer als die Auffassung A (von Einstein). Nur bin ich überrascht, dass Sie ein zweischaliges Hyperboloid bekommen. Ich werden Ihnen sagen was nun? überrascht: Schon in Russland (Sommer 1912) beschäftigte ich mich mit folgender Frage.

Die Newton-Galilei Relativität (gegenüber gleichförmiger Translation) wird restlos vernichtet, wenn man vom Euklidischen Raum zum nichteuklidischen (z. B. dem sphärischen Raum) übergeht. Nun fragte ich mich: was wird aus der Lorentz-Einstein-Minkowski Relativität wenn man zu gekrümmtem Raum übergeht. Ich sah dass dann gleichzeitig die ganze R_4 -Welt gekrümmt sein muss. Ich kam aber dabei auf einschalige Hyperboloide und im Zusammenhang damit zu Schwierigkeiten im Zeitbegriff und ließ deshalb schließlich die ganze Idee fallen. N.B. bei mir waren die Weltlinien der Lichtsignale gerade die geradlinigen erzeugenden des Hyperboloides - Wie steht das bei Ihnen?!

¹[Gill13, S. lxxxvii]

Die Schwierigkeiten auf die ich stieß lagen in eigenartigen Conflicten des Gleichzeitigkeitsbegriffes der verschiedenen bewegten Beobachter. (Ich meine natürlich gleichförmig bewegte Beobachter). Ich müsste wieder alle meine Notizen von damals durchlesen um mich an alles gut zu erinnern. - Ich bin neugierig wie das alles bei Ihnen sein wird. - Bitte denken Sie folgende Fragen durch:

1. Sind bei Ihnen „gleichförmig“ bewegte Systeme nicht ausgezeichnet vor „ungleichförmig“ bewegten - Antwort ja.

2. Wie sehen die „Gleichzeitigkeitsräume“ verschiedener gleichförmig bewegter Beobachter aus - Sind sie euklidisch oder nichteuklidisch. Ich finde unter meinen Notizen: „euklidisch - oijeh!“ verstehe aber die betreffende Notiz nicht mehr.

3. Was sagt einer der gleichförmig bewegten Beobachter über die „Gleichzeitig“keit der anderen gleichförmig bewegten Beobachter.

Verzeihen Sie falls ich missverständnisse mache. Mein ganzer Gedankengang war klassisch-relativ[?] vorgravitationell. [...] ¹

W. de Sitter an A. Einstein, 07.06.1916, S12, LEID

Leiden 7 Juni 1916²

Sehr geehrter Herr Kollege

Ich danke sehr für Ihren Brief und die Korrekturbogen. Sie sagen auf Seite 692 „dass der hier benutzten Koordinatenwahl keine entsprechende im allgemeinen Falle zur Seite steht“³. Wenn ich nicht irre beziehen sich die Gleichungen (8) und (9) auf den Allgemeinen Fall. Nun muss man in wirklichen Anwendungen doch wohl annehmen, wie Sie auch in Ihrer Merkur-Abhandlung⁴ tun, dass die Geschwindigkeiten der Materie klein sind: von der Ordnung $\frac{1}{2}$ wenn κ von der Ordnung 1 ist. Dann wird T_{ij} für i und j nicht = 4 von der Ordnung 1, T_{i4} von der Ordnung $\frac{1}{2}$ und T_{44} nullter Ordnung. Dasselbe gilt für den γ'_{ij} wenn alle Ordnungen mit 1 [?] ⁵ werden. Also bleibt bis zur ersten Ordnung $\sum_{\alpha} \gamma'_{\alpha\alpha} = \gamma'_{44}$, also $\Psi = -\frac{1}{2}\gamma'_{44}$, und

$$\gamma_{ij} = \Psi \quad \gamma_{ij} = 0 \quad (i, j = 1 - - - 4, i \neq j)$$

bis zur ersten Ordnung. γ_{i4} wird von der Ordnung $3/2$. ~~und~~ Für mechanischen Probleme braucht man nun eben die γ_{ij} (i und $j \neq 4$) nur bis zur ersten Ordnung zu kennen, γ_{i4} bis zur Ordnung $3/2$ und γ_{44} bis zur Ordnung 2. Es wird also das Schema der g (für x, y, z, t) bis zur gewünschten Ordnung

$$(A) \begin{array}{cccc} -1 + \Psi & 0 & 0 & y_1 \\ 0 & -1 + \Psi & 0 & y_2 \\ 0 & 0 & -1 + \Psi & y_3 \\ y_1 & y_2 & y_3 & 1 + \Psi + \Psi' \end{array}$$

Die y_i werden nur null wenn alle Materie ruht. Ich habe ⁶ y_i und Ψ' nicht ausgerechnet, weil Herr Droste mir vor einiger Zeit schrieb dass er das Feld von n sich bewegenden⁷ Centra bis zur

¹Der Rest des Briefes wurde hier weggelassen, da er sich nicht mit relativistischen Fragen befasst.

²Ob dieser Brief so verschickt worden war oder ob es sich dabei um einen Entwurf handelt, ist nicht klar. Pro Entwurf: Ausgestrichene Passagen, kein Umschlag vorhanden. Pro Original: Unterschrift vorhanden, datiert, gefaltet.

³[Einstein16c]

⁴[Einstein15b]

⁵Wort sieht aus wie „erhöht“

⁶„hier“?

⁷„sich bewegenden“ wurde in den Text eingefügt

zweiten Ordnung bestimmt habe.¹ Ich habe seine Lösung noch nicht gesehen, aber ich denke das sie identisch ist mit (A). [$\gamma_{ij} = 0$]

Gestatten Sie mir noch einige Fragen. Zur Bestimmung des Koordinatensystems braucht man im Allgemeinen Fall 4 Bedingungen. Das sind z.B. in Ihre letzte Abhandlung² die Gleichungen (4). Nun sagt Hilbert³ dass von den 14 Lagrange'schen Gleichungen immer 4 von den übrigen abhängig sind, und er folgert daraus dass "die electrodynamischen Erscheinungen Wirkungen der Gravitation sind". Diese Folgerung scheint mir falsch. Denn diese 4 Gleichungen handelt man eben zur Festlegung des Koordinatensystems, und man kann sie ? dann nicht nachher noch einmal ausnützen um physikalische Gesetze daraus abzuleiten. Wenn man gerechtfertigt⁴ wäre von vorn herein, a priori, das Koordinatensystem fest zu legen, dann würde vielleicht Hilbert Recht haben, aber dass würde heissen das mann eben die Relativität preisgäbe, und wieder zum Absoluten Raum und Zeit und zum Aether etc zurückginge, dass es ein physischer⁵ Raum und eine Zeit gäbe, unabhängig von jeder physikalischen Beobachtung und von der ganzen Physik.

Die Bedingung $\sqrt{-g} = 1$ ist nur eine Bedingung. Genügt sie dennoch zur Festlegung des Koordinatensystems? Ich glaube nicht. Es scheint mir so dass innerhalb dieser Bedingung noch viele Koordinatenwahlen möglich sind, woraus Sie in ihrer Merkur-Abhandlung eine ausgezeichnet haben durch die Festsetzungen 3 aus Seite 833, n.l.⁶ $g_{i4} = 0$.

In Ihrem Briefe nennen Sie das Koordinaten system dass durch $\sqrt{-g} = 1$ charakterisiert ist „Galileischer Raum“. Es würde vielleicht besser sein zu sagen $\sqrt{-g} = \text{unabhängig von } \kappa$. Denn wenn man auf das 1 steht werden z.B. gewöhnliche Polarkoordinaten ausgeschollen⁷, die doch nichts Un-Galileisches haben, und die unglücklichen Rechner werden gezwungen solche umständliche Koordinate wie z.B. z^3 [?] [Schwarzschild] zu gebrauchen. Die Bedingung $\sqrt{-g}$ unabhängig von κ , d.h. von der Gravitation, ist dann eine Art Befrierung⁸ oder Immobilisierung des Raumes, so dass die Koordinatenwahl unabhängig ist von eventuell im Raume anwesende Materie und deren Bewegung und Energie-Veränderung. Ich drücke mich vielleicht ganz laienhaft aus, aber Sie werden hoffentlich meine Meinung verstehen. Diesen so befreiten Raum kann man dann nach Galilei benennen, und die anderen Räume als nicht wirklich oder scheinbar ansehen – aber dass is[t] doch alles ganz willkürlich. Ein anderer Physiker, der an einem dieser anderen Räume etwas vorzügliches entdeckt hätte, hat gerade ebensoviel Recht diesem seinen Raum für den „Wahren“ zu halten, und ihn „Galileischen oder Raum“, oder vielleicht sogar „Aether“ zu nennen. In dieses Weise verstehe ich ihr „Nachtrag“. Habe ich dann Recht? Wenn nicht, so bitte ich Sie mich zu verziehen und zu belehren.

Die Amsterdamer Akademie druckt sehr langsam, und es werden noch wohl ein par Monate vergehen ehe meine Arbeit über die Mondbewegung gedruckt sein wird.⁹

Ihr ergebener
W. de Sitter

¹Bezieht sich dies auf [Droste17c]?

²Vermutlich gemeint: [Einstein16a]

³In welcher Abhandlung?

⁴Vermutlich ist „berechtigt“ gemeint.

⁵„physischer“ wurde in den Text eingefügt

⁶vermutlich „nämlich“, von Niederl. *nl. = namelijk*

⁷Hier ist wohl „ausgeschlossen“ gemeint.

⁸Hier meint er wohl „Einfrieren“ von Niederl. *bevroezen = einfrieren*.

⁹[deSitter16e]

Laue an de Sitter, 16.03.1934, Box 40, LEID

Lenzerheide, 16.3.34

An
Herrn Professor Dr. de Sitter
an der staatlichen niederländischen Sternwarte.

Sehr verehrter Herr Kollege!

Nebst 74 anderen angesehenen Holländern haben Sie im Herbst 1933 öffentlich gegen die Entrechtung der Juden durch die nationalsozialistische Regierung in Deutschland protestiert. Im Dezember habe ich davon erfahren, habe aber den daraufhin geplanten Brief bis zu dem jetzigen Aufenthalt in der Schweiz verschoben, erstens um die Postzensur zu vermeiden, [zw]eitens, um zuvor wenigstens ein paar Wochen hind[ur]ch schweizerische und sonst nicht unter Hitlerzensur stehende Zeitungen zu lesen. Das ist nun geschehen; meine Reisezeit neigt sich sogar schon ihrem Ende zu, sodass ich Ihnen jetzt schreiben muss.

Dass ich nicht nationalsozialistisch oder sonst antisemitisch eingestellt bin, werden Sie wissen. Ich darf hinzufügen, ich habe unter dem "Gesetz zur Wiederherstellung des Berufsbe[amten]tums", dem Judenboykott vom 1.4.33. und den dauernden, verlogenen Judenbeschimpfungen, trotzdem mich persönlich nichts davon traf, sehr schwer gelitten. Und so verstehe ich durchaus die Entrüstung, welche sich in Ihrem gemeinsamen Protest entlädt. Aber ich möchte einmal fragen: Urteilen die Unterzeichner des Protestes nicht doch etwas einseitig?

Ich denke bei dieser Frage nicht an die Vorwürfe, welche die Hitlerianer den Juden immer wieder vorhalten, obwohl auch für mich feststeht, dass die deutschen Juden unklug handelten, als sie sich namentlich in unseren Grosstädten, so dan[n] bei manchen Behörden, geradezu in Massen ansammelten, und als sie ihre wenig erfreulichen Stammesgenossen aus dem Osten in Schaaren nach Deutschland herein liessen. Denn was sie auch in dieser und anderen Hinsicht gefehlt haben mögen, das rechtfertigt nun und nimmer die Ausstossung aller "Nichtarier", auch solcher, die sich um Volk und Staat die höchsten Verdienste erworben hatten, welche deutsche Wissenschaft und Kunst hervorragend gefördert hatten. Ich sehe die Einseitigkeit des Protestes an einer ganz anderen Stelle.

Durch ganz Europa und durch die Vereinigten Staaten von Amerika geht doch seit dem Weltkriege eine Unruhe, ein seelisches Unbehagen, das sich in Russland in der fürchterlichen Form des Bolschewismus, anderswo als Welt-Wirtschaftskrise, Inflation und auf tausend andere Arten äussert. In dem Siegerstaat Frankreich ist die Währung auf 1/5 gesunken, jüngst haben Schüsse in den Strassen von Paris geknallt, jetzt verlangen die verschiedensten Parteien eine Verfassungsänderung zur Einschränkung der parlamentaerischen Regierungsform. In Italien haben Sie diese Einschränkung und die Ersetzung des Paralaments durch den Faschismus seit einem Jahrzehnt, hier in der Schweiz und, wenn ich den hiesigen Zeitungen glauben darf, auch bei Ihnen in Holland besteht eine gewisse, wenngleich noch nicht grosse faschistische Gefahr. In Schweden verlangt die Regierung ein „Schutzgesetz“ dagegen, und so könnte ich Ihnen noch Vieles, Vieles aufzählen, was Sie aber mindestens ebensogut wissen, wie ich.

Kann man sich unter diesen Umständen wundern, wenn diese Unruhe bei dem Volk, welches nächst den Russen am schlimmsten unter dem Kriege gelitten hat, welches zu Versailles um das Versprechen der Wilsonschen 14 Punkte schmachlich betrogen wurde, das dann von den betrügerischen Siegern erbarmungslos ausgesogen wurde, bis sein Bü[r]gerstand, der eigentliche Träger von Staat und Kultur, ins Proletariat versank – wenn bei diesem Volke jene Unruhe

besonders schlimme Formen annimmt und geradezu zum Wahnsinn führt? Nennen Sie mir das Volk, dem Sie zutrauen, es hätte dasselbe besser ertragen!

Deshalb sehen Sie, finde ich den von Ihnen mitunterzeichneten Protest einseitig, weil er mit keinem Worte auf diese Ursache des ganzen Unheils eingeht. Besser als solch ein Protest wäre der Versuch, durch folgerichtige, unermüdliche, zähe Beeinflussung der Weltmeinung Versailles und seine Folgen zu beseitigen. Dann könnte – allmählich – das deutsche Volk wiedergesunden, und damit würde dann auch das Unrecht, welches jetzt den deutschen Juden zugefügt ist, allmählich seine Wiedergutmachung erfahren. Ein guter Arzt kümmert sich weniger um die Symptome der Krankheit, als um ihre Ursache. Die Judenverfolgung ist nur Symptom.

Ich freute mich, wenn Sie den Wortlaut des Obigen allen Unterzeichnern jenes Protestes übermitteln könnten; am Liebsten wäre mir sogar, er käme (aber unverkürzt!) in die Presse. Natürlich darf bei jeglicher Verbreitung meines Briefs weder mein Name noch etwas genannt werden, was der Tscheka zur Ermittlung des Autors Inhaltspunkte geben könnte. Es darf daher weder Ort noch Datum dieses Briefs bekannt werden, selbst dass er aus der Schweiz stammt, könnte mir schon gefährlich werden. Auch ein Hinweis auf die Physik als Betätigungsfeld des Autors könnte mich ins Konzentrationslager bringen. In dieser Beziehung ist also höchste Vorsicht geboten. Ich sende Ihnen den Brief deswegen auch über Paris, ich bin nicht sicher, ob er nicht durch das deutsche Reich ginge, wenn ich ihn unmittelbar nach Holland schickte. Und im Reich sind, Gott sei's geklagt, schon mehr Briefsäcke fremder Staaten widerrechtlich durchsucht worden. Sollten Sie mir antworten wollen, so ist der einzige Weg dafür: Sie geben die Antwort einem absolut zuverlässigen Bekannten mit dem Auftrage auf eine Reise nach Deutschland mit, sie mir persönlich auszuhändigen. Besser aber ist, Sie schreiben mir nichts. Im Uebrigen verbleibe ich mit kollegialem Grusse

Ihr ganz ergebener
M.v.Laue (Berlin)

Gesprächsnotizen 28.09.1916, Box 21C, S12, LEID

Gesprek met Einstein, Ehrenfest en Nordström op 28 Sept. (1916)¹ over relativiteit van rotatie.

Einstein wil de hypothese van de afgeslotenheid der wereld.

Hij verstaat daaronder dat hij de hypothese maakt (bewust dat het een onbewijsbaar, ~~nooit~~ hypothese is) dat er in het oneindige (d.i. op zeer(?) groote, mathematisch eindigen, ~~maar~~ afstand, maar verder dan eenig waarneembare(?) materieel(?) object, dus buiten het melkweg systeem etc). zoodanige massas zyn – die niet waargenomen zijn doch niet principieel onwaarneembaar zijn(?) – dat de g_{ij} in het oneindige(?) bepaalde ontaarde warden aannemen (deze hoeven [brauchen] niet 0 te zijn, dit is a priori niet te zegen), dezelfde in alle coördinaten systemen. In alle(?) coördinaten systeme(?) zal dit zeker niet kunnen [können,mögen], als men b.v. transformeert $x'_1 = x_4 x'_4 = x_1$ dan(?) niet. Hij is dan(?) ook bereid de volkomen vrijheid van transformatie op te geven, en b.v. de transformatie te bepalen tot zoodanige(?) [solche] waarbij(?) altijd een tijds-coördinat en drie ruimte coordinate zijn, en(?) waarbij ook niet een ruimtecoördinat as werdt(?) etc.- Er [es] moeten echter altijd ∞^4 transformaties mogelijk blijven(?) – de bepaling nog(?) alleen door ongelijkheid geschieden [geschehen]. Of het mogelijk is een stel [Satz] ontaarde waarde der g_{ij} te vinden dat invariant is voor en niet te erg beperkte groep transformaties invariant is(?), is een vraag die mathematisch uit te maken is.

¹„(1916)“ wurde mit Bleistift nachträglich hinzugefügt.

Luidt [lautet] het antwoord neen (wat Ehrenfest en ik verwachten [erwarten]) dan is Einstein's hypothese der afgeslotenheid onwaar. Luidt het antwoord ja, dan is die hypothese niet in strijd met de relativiteits theorie. Evenwel ? ik ook dan vo[e]l(?) dat zij wel in strijd is met den geest van het relativiteitsprincipe. En Einstein geeft toe dat ik daartoe het recht heb. Ook verwerping der hypothese is volkomen(?) geoorloofd [erlaubt] in de relativiteits theorie.

Was het antwoord ja, dan zou de praktische vraag ? die massas zoo te bepalen dat aan alle condities voldaan werd. Die vraag zou zeer moeilijk zijn te beantwoorden. Men(?) zou een zeer gecompliceerd systeem massas krijgen: een bolschil [Kugelschale] b.v. zou(?) zeker niet voldoen – de massas zoude(?) georiënteerd(?) moeten worden(?) waarschijnlijk naar de ecliptica etc. en dit veroordeelt het systeem, evenals de ? veroordeeld is, hoewel zij kinematisch juist was.⁻¹

29 Sept. Einstein zegt dat het zoo(?) kan:

$$\text{De ontaarde waarde zijn(?)} \left\{ \begin{array}{cccc} 0 & 0 & 0 & \infty \\ 0 & 0 & 0 & \infty \\ 0 & 0 & 0 & \infty \\ \infty & \infty & \infty & \infty^2 \end{array} \right.$$

d.w.z. in het oneindige is de tijd-kegel vlak geworden.- de lichtsnelheid is ∞ .-

En dan moet men ? bepalen tot transformaties waarbij x'_4 een ? functie van x_4 is.- de tijd-as altijd binnen de tijd-kegel blijft.-

Laat dit zoo zijn, dan accepteer ik nog de hypothese niet, daar zij de wereld eindig zou maken.-

n.l. begrenzt. Dit is het waar ik op tegen heb, en wat ik ook toen [damals] bedoelde [meinte], tegen eindigheid zonder begrensdheid heb ik geen bezwar [Bedenken/Einwand/Beschwerde] (Mei 1917)²

Aus Reisebericht von E. de Sitter-Suermond

Der Reisebericht "Schotland" wurde mir von Wobine Ishwaran, einer Enkelin de Sitters zur Verfügung gestellt. Er ist nicht datiert, aber auf S. 1 wird von einem Besuch in Newcastle wegen des Teleskopes gesprochen. Dabei handelt es sich vermutlich um das Teleskop, welches vom Geld der Rockefeller Foundation bezahlt wurde, was den Zeitraum auf 1931-1934 einengt. Da de Sitter 1934 am Colloquium der Edinburgh Mathematical Society teilgenommen hatte (vgl. http://www-history.mcs.st-and.ac.uk/Societies/EMS_colloq/EMS_1934.html) scheint dies das passende Jahr zu sein. Der Auszug stammt von Seite 6 des Berichtes.

Zondag in St. Andrews kwam aan ons tafeltje zitten een student, die tegen woordig was geweest bij een godsdienstige bijeenkomst. Hij was in een soort extaze en wou ons allen bekeeren. Een Schotsch jong meisje en ik probeerden hem wat te kalmeeren en ik ook wel om er wat van te begrijpen. Maar dat lukte geen van beide. 's Middags zei ik: Vind je ook niet, Willem, dat er iets moois is in zoo'n

¹An den rechten Rand der Passage „b.v. zou zeker . . . evenals ?“ hat de Sitter nachträglich den Kommentar mit Bleistift hinzugefügt „dit is onzin (1917)“. Die komplette Passage zwischen den Linien wurde von de Sitter am linken Rand mit dem Kommentar versehen „opmerking van mij op 29 Sept.“.

²Diese Passage „n.l. . . (Mei 1917)“ wurde anscheinend von de Sitter später (eben im Mai 1917) mit Bleistift nachträglich als Kommentar hinzugefügt.

extaze?”. “Iets moois kan ik er niet in zien. Ik vind het pijnlijk om een mens te zien, die zoo maar in 't wilde weg dingen zegt zonder dat hij zijn verstand gebruikt. En je zag wel aan de uitdrukking van zijn oogen, dat hij in een toestand verkeerde, die aan het waanzinnige grensde. Onder extaze begrijp ik iets heel anders”. “Al voel je zelf anders, je wéét toch, dat er godsdienstige extaze bestaat in 't groot en in 't klein. Deze jongen kàn toch iets voelen en willen uiten van die goddelijke bezetenheid, waar je van leest van de groote ingewijden van alle tijden. Er zijn toch zóóveel wonderen, die boven het menschelijk verstand gaan”. “O, het leven is vól wonderen. Het Leven zelf is het grootste wonder, dat wel nooit opgelost zal worden” “Ik weet niets van de Aziatische en Egyptische oude Godsdiensten, maar een mens mag toch wel zooveel geloof in zijn eigen zuiver gevoel hebben, dat hij echt van onecht kan onderscheiden in wat hij voor zich ziet en hoort.”

A.5. Briefwissel van de Sitter (et al.)

Abkürzungen

Die nachfolgende Auflistung umfasst i.d.R. nur den Teil der Korrespondenz, den ich in Kopie vorliegen hatte. Da das de Sitter Archiv nicht erschlossen ist und mir nicht alle Briefe vorlagen (siehe Abschnitt A.3), ist sie bei weitem nicht vollständig. Die Einträge in der Spalte „Inhalt/Kommentar“ wurden unsystematisch hinzugefügt, geben weder den kompletten Inhalt wieder noch stellt das Vorhandensein bzw. Nichtvorhandensein von Eintragungen eine Wertung dar.

- RNH** Rijksarchief Noord Holland
LOU Université de Louvain
CalTech California Institute of Technology
HUL Huntington Library, San Marino
PUL Princeton University Library
HUA Harvard University Archive, Pusey Library, Harlow Shapley papers, UAV 630.22, 1930-1940, Box 50, File No. 362
HUA1 Harvard University Archive, Pusey Library, UA V 630.17.5, Harvard College Observatory, Director's Correspondence, File II, 1911-21, Box 33, „de Sitter, W. Professor“
NLN National Library of Norway, Oslo Division. Department of Manuscripts, Drammensveien 42, P.O.Box 2674 Solli, NO-0203 OSLO
CAM Cambridge University Library, Royal Greenwich Observatory Archives, Papers of the Cape Observatory
CAM2 Cambridge University Library, Papers of Lord Rutherford, MS.Add.7653
YUL Yale University Library, Manuscripts and Archives
AAU Aarhus University, History of Science Department
LIC Mary Lea Shane Archives of the Lick Observatory, University of California
CSIR Records of the Republic Observatory, (Council for Scientific and Industrial Research) CSIR Archives, Pretoria, South Africa
LEID Archiv der Sternwarte Leiden
CPAE8 [Einstein98] (*Collected papers of Albert Einstein*, Vol. 8)
CPAE9 [Einstein04] (*Collected papers of Albert Einstein*, Vol. 9)
CPAE10 [Einstein06] (*Collected papers of Albert Einstein*, Vol. 10)
EA Einstein Archive, Hebrew University, Jerusalem
SUBG Staats- und Universitätsbibliothek Göttingen, Klein Nachlass
ANDL Accademia Nazionale dei Lincei, Via della Lungara 10, 00165 Roma
MBL Museum Boerhaave, Leiden, siehe [Wheaton77]
MBL2 Museum Boerhaave, Leiden, Fokker archive (archive number: a 276 e)
UCL University College, London

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
?	de Sitter?	?	YUL, f. 105	2 Versionen der Reiseroute der Vorlesungsreise zusammengestellt von Schlesinger/Leuscher?
07.01.19??	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Fokker ist krank, muss Bett hüten und kann keine „college“ halten, Kind auch krank
29.12.1896	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:ff.459r-463r	9 Seiten
10.03.1897	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:ff.470r-472v	6 Seiten

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
18.05.1897	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:f.476r- v	2 Seiten
10.07.1897	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:f.479r- v	2 kleine Seiten
04.01.1900	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:f.480r- v	3 Seiten
01.02.1900	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:f.483r- v	2 Seiten
06.02.1900	Gill	Campbell	LIC	misc.; Enthusiasmus dS bzgl. Jupiter
15.03.1900	de Sitter	Gill	CAM, RGO.15/128:ff.484r- 485v	3 Seiten
27.12.1901	Gill	Campbell	LIC	Jupitermonde, Fehler dS, Sampson, Heliometer
08.02.1905	Dyson	Hale	HUL	2 Seiten
13.02.1905	Dyson	Hoyle	HUL	1 Seite
22.02.1905	Hale?	Dyson	HUL	1 Seite
04.04.1905	Hale	Dyson	HUL	1 Seite
28.08.1905	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	F. lernt nun Latein und Griechisch, um in Lei- den studieren zu können
19.12.1905	Hale	Dyson	HUL	1 Seite
06.01.1906	Dyson	Hale	HUL	2 Seiten
22.11.1910	de Sitter	Russel(?)	PUL	
24.11.1910	Lorentz	Fokker	MBL2	Ergänzung zu Potenzi- alproblem vom Wochen- ende
17.06.1912	Lorentz	Fokker	MBL2	Lorentz beruhigt Fokker wegen dessen bevorste- hender Prüfung
07.07.1912	Lorentz	Fokker	MBL2	zu geplanter Prüfung Fokkers
??.08.1912	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Buch von Rayleigh, Ar- tikel von Helmholtz
12.10.1912	H.P. Hollis	de Sitter	LEID, Box 21C, S2	Frage zu Publikation von [deSitter12c], Ab- sorpt. Grav.
24.12.1912	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Potenzial abgeplattetes Elektron; Reise nach London; Abende bei Eh- renfest verpassen
06.01.1913	Innes	de Sitter	CSIR, 52-1913	Absorption von Gravi- tation, Innes hat krit. Fragen dazu
27.02.1913	Lorentz	Rutherford	CAM2, L128	Anträge zu Stipendien bei Solvay Institut (u.a. Sommerfeld, Freund- lich, Gockel, Mie)
25.03.1913	Dyson	Adams	HUL	2 Seiten
20.05.1913	Lorentz	Rutherford	CAM2, L129	Besprechung von The- men für nächste Sol- vay Konferenz (Brüs- sel); wer soll eingeladen werden?
24.08.1913	Lorentz	Rutherford	CAM2, L130	soll Mr. W. Barlow, F.R.S. zu Solvay Konfe- renz in Brüssel eingela- den werden?

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
26.09.1913	Lorentz	Rutherford	CAM2, L131	weiter zu Brüsseler Konferenz, bittet Rutherford um Meinung zu Briefen
04.12.1913	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	[Einstein93, Doc 490]; aus Zürich; Fokker berichtet Lorentz über seine Arbeit mit Einstein
08.12.1913	Ehrenfest	Fokker	MBL2	E. und Lorentz bieten Fokker Assistentenstelle in Leiden an (raten ihm dazu), er solle sich mit dem „lieben, lieben, gescheiten Einstein“ darüber unterhalten, um eine umgehende Antwort wird gebeten!
23.12.1913	Lorentz	Fokker	MBL2	berichtet aus Berlin; bedankt sich für Brief von Fokker (04.12.1913?); Entdeckung „Stark Effekt“; lässt Einstein grüßen
23.01.1914	Ehrenfest	Fokker	MBL2	E. kommentiert Arbeit von Fokker; rät F. lieber zunächst nach England zu gehen statt direkt zu Einstein nach Berlin
20.03.1914	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Lausanne; erfuhr über magn. Untersuchung von Bandenspektren; fährt mit Einstein zusammen zurück nach Leiden
03.04.1914	Lorentz	Rutherford	CAM2, L132	L. fragt R. ob Fokker nach England zu R. kommen darf um sich nach Strahlung und Relativität mit Radioaktivität zu beschäftigen
05.05.1914	Lorentz	Fokker	MBL2	Rutherford gibt OK zu Aufenthalt Fokkers, Bragg auch noch angeschrieben von Lorentz
07.05.1914	Lorentz	Fokker	MBL2	Bragg; viel Erfolg bei Englandreise
14.05.1914	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	Periheldrehung Merkur aus Antwurftheorie zu 18" berechnet
26.05.1914	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Manchester (Bericht); Tee und Arbeiten bei Rutherford; Experimentieren macht müde; hat viele Wiss. getroffen; radioakt. Zerfall
04.06.1914	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	Gehalt von E. v.d.S. Bakhuyzen soll erhöht werden mit Lorentz' Hilfe
13.06.1914	Droste	Fokker	MBL2	organisatorische und inhaltliche Fragen zu Vorlesungen

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
14.06.1914	Lorentz	Fokker	MBL2	dankt F. für ausführliches Schreiben (26.05.1914?); Stelle F.; bedankt sich für [Einstein14d]
16.06.1914	Lorentz	Rutherford	CAM2, L133	R. kommt nicht nach Brüssel; Fokker schrieb "enthusiastic letter" (26.05.1914?)
04.08.1914	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	von Schiff; wurde einberufen ins 4. Reg 3. Bat., Lorentz soll Droste lassen wo er ist; hat in Edinburgh u.a. Cunningham u. Whittaker getroffen
26.01.1915	Lorentz	Fokker	MBL2	L. löst ausführlich ein Problem, das ihm von F. gestellt worden war (Lorentz-transf. für Ladung auf Kreisbahn)
21.02.1915	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
22.02.1915	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
18.08.1915	Lorentz	Rutherford	CAM2, L134	R. zurück aus Australien; 1. Weltkrieg, hoffentlich keine Verluste unter engl. Physikern, L. „flucht“ über den Krieg; Mr. Solvay; kleiner Artikel von L. (zu Krieg?); Gespräch mit Planck und Warburg über Krieg
20.09.1915	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Hardewijk; noch beim Militär (bald Offizier); Ehrenfest wünscht, dass Fokker über Radioaktivität vorträgt; hat Planck gelesen, der ihn zitiert, freut sich darüber
15.11.1915	Einstein	Zangger	CPAE10, Doc Vol. 8, 144a	freut sich über Erklärung der Merkurperiheldrehung
18.11.1915	Hale	Dyson	HUL	2 Seiten
<14.12.1915	Einstein	Zangger	CPAE10, Doc Vol. 8, 159a	Reaktionen auf seine Theorie: alle nörgeln herum bis auf einen der zu „nostrifizieren“ versucht, Astronomen sind Ameisenhaufen
10.12.1915	Dyson	Hale	HUL	2 Seiten
19.01.1916	Hale	Dyson	HUL	2 Seiten
23.01.1916	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Fokker will an Lorentz Montagmorgen Vorlesung zu ART teilnehmen, freut sich enorm darauf
23.02.1916	Rutherford	Fokker	MBL2	gratuliert zur Hochzeit; zeit Interesse an ART; Physiker im Krieg; Grüße an Leidener Freunde

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
24.02.1916	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Vortrag(?) von van der Veen über Atome, er hat aber keine Ahnung und will Fokker Brief von Bragg nicht lesen lassen; Rutherford arbeitet für Krieg
03.03.1916	Innes	de Sitter	CSIR, 64-1916	paper by Guthnick, Jupiter obs. results from last season
21.03.1916	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24; MBL2	Fokker konnte länger nicht an Kolloquium teilnehmen wegen Grippe; Rutherford hat Interesse an ART, möchte "any paper" geschickt bekommen
14.04.1916	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Elektrodynamik, Fragen zu bewegten Elektronen
16.04.1916	Fokker	Lorentz	MBL2	F. schreibt zu seinen Überlegungen bzgl. Energie von (bewegten) Ladungen (Strahlungstheorie)
26.04.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	dS schickt Lorentz Berechnungen von Bewegungsgleichungen; I Sonne und Koordinaten in Ruhe, II Sonne und Koordinaten rotieren; hofft, keine Fehler gemacht zu haben
26.04.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	(Jahresangabe fehlt, daher inhaltlich datiert) Gedanken zu: Was bedeutet: „Die Sonne rotiert“?
17.05.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	dS hat Problem beim Vergleich von Rechnungen von Lorentz und AE
18.05.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	Unterschiedliche Bedingungen zur Lösung der Feldgleichungen bei Lorentz und Einstein bereiten dS Probleme
30.05.1916	Brown	de Sitter	LEID, Box 31	Mondbeobachtungen, dS hat anscheinend nach genaueren Zahlenwerten für Perigäum und Knoten gefragt
07.06.1916	de Sitter	Einstein	LEID, Box 21C	Entwurf oder Original? Koordinatenwahl, $\sqrt{-g} = 1$
09.06.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Doorn; nach dem Inhalt zu urteilen ist die Datumsangabe 1916 falsch und müsste 1917 lauten
11.06.1916	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	Interesse an Einsteins neuer Theorie, Druck von dS Artikel?

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
2?.06.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	dS hat im Seminar einen Fehler gemacht und korrigiert ihn nun in der Postkarte; Postkarte wurde in RNH fälschlicherweise unter 1913 geführt, da Datum schlecht lesbar
22.06.1916	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 227	Kommentar von dS zu Brief in EA, 20-533
23.06.1916	Droste	de Sitter	LEID, Box 31	Feld berechnet für n-Körper
30.06.1916	de Sitter	Innes	CSIR, 66-1916	Sampsons eclipse tables, RT 'I have been deeply interested lately...'
04.07.1916	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	dS Artikel in Observatory, BAAS Diskussion über Gravitation, neugierig auf neue Theorie
15.07.1916	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 235	
16.07.1916	Lorentz	de Sitter	LEID, Box 31	Abdruck von Drostes Arbeit; L. versucht Frage dS zu Brief von AE an dS vom 22.06.1916 zu beantworten
24.07.1916	Lorentz	de Sitter	LEID, Box 31	beschreibt dS Inhalt von Drostes Arbeit (vermutl. [Droste16a])
27.07.1916	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 243	
27.07.1916	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 244	
30.07.1916	de Sitter	Innes	CSIR	ART unbekannt in England, MNRAS Artikel
18.08.1916	Innes	de Sitter	CSIR, 66-1916	Antwort auf 30.6., Tabellen, freut sich auf Artikel von dS über RT
13.09.1916	Innes	de Sitter	CSIR, 67-1916	Widersprüche in eclipse tables der Jupitermonde
23.09.1916	Lorentz	de Sitter	LEID, Box 31	Lorentz geht auf dS Frage ein, ob im Feld der Sonne und der Planeten die euklidische Maßbestimmung gelte
25.09.1916	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	
26.09.1916	Einstein	Zangger	CPAE10, Doc Vol. 8, 261a	anstehende Reise nach Leiden; Unterhalt für Familie; „gegenwärtig Ebbe im Schädel“
26.09.1916	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 8, 261b	berichtet über ihm sehr gefallenden Aufenthalt in Leiden
30.09.1916	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 8, 261c	Kurzinfo zu Aufenthalt in Leiden, erwähnt bevorstehenden Besuch einer Sitzung der Amsterdamer Akademie
05.10.1916	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 8, 262a	Tag mit Lorentz verbracht; besucht de Haas; fährt nach Den Haag und Groningen; Rezeption der ART
07.10.1916	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 8, 262b	redet mit Groninger Kollegen über Relativität

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
13.10.1916	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	Korrekturbögen zu MNRAS Artikel, absolute Rotation, Einstein anti-Preussisch
07.10.1916	Einstein	Zangger	CPAE10, Doc Vol. 8, 263b	Besuch in Leiden; Unterhalt für Familie
18.10.1916	Innes	de Sitter	CSIR, 67-1916	Unterschied dS-Sampson, 'The truth is we require a new theory.'
01.11.1916	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 272	
04.11.1916	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 273	
19.12.1916	Levi-Civita	de Sitter	LEID, Box 31	
31.12.1916	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	Druck des MNRAS Artikels, Brief von dS in Observatory, Jeans, See
03.01.1917	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	Levi-Civita bittet um Zusendung von Arbeiten zur ART
04.01.1917	Freundlich	de Sitter	LEID, Box 31	bittet um kurze Referate über dS Artikel; Anmerkungen zu dS Artikel über RT. Es existiert ein Entwurf einer Antwort von de Sitter in LEID, Box 31
18.01.1917	Curtis	de Sitter	LEID, Box 31	Fehler in MNRAS Artikel dS, S. 719?
23.01.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 290	
02.02.1917	de Sitter	Pickering	HUA1	Kapteyn 40 Jahre Professur in Groningen
02.02.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 293	
04.02.1917	Rutherford	Fokker	MBL2	dankt F. für Reprint(worüber?) von dessen Kollegen(welcher?); erzählt von seinen Mitarbeitern die F. kennt; keine Zeit für Forschung; Bohrs Ideen durch Sommerfeld weiterentwickelt; Krieg, Holland "between the "devil + the deep sea"; U-Boot Blockade, Deutschland muss zur Vernunft gebracht werden
09.03.1917	Pickering	de Sitter	HUA1	Kapteyn 40 Jahre Professur in Groningen
12.03.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 311	
15.03.1917	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 312	
20.03.1917	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 313	
20.03.1917	Einstein	de Sitter	EA, 20-546	
24.03.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 317	Kommentar von dS zu Brief in EA, 20-549
01.04.1917	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 321	
02.04.1917	Kluyver	de Sitter	EA, 20-550	Postkarte zu Rechenfehler Einsteins
05.04.1917	van der Woude	de Sitter	LEID, Box 31	

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
06.04.1917	Fokker	Rutherford	CAM2, F43	engl. Physiker im Krieg; F. schickt R. kurze Note für Nature oder Mülleimer; Anmerkungen zu Krieg und englischer Position, Holland "between the devil and the deep sea"; F. mag Bragg nicht schreiben (wegen dessen Verlust)
10.04.1917	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
10.04.1917	de Sitter	Pickering	HUA1	Kapteyn 40 Jahre Professur in Groningen, geschickt aus Doorn
14.04.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 325	
18.04.1917	Ehrenfest	de Sitter	LEID, Box 31	Systeme A und B, Fehler bei dS, Lehrer-Congress
18.04.1917	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 327	
19.04.1917	Levi-Civita	de Sitter	LEID, Box 31	
06.05.1917	Rutherford	Fokker	MBL2	hat F.s Brief und "enclosed letter" (note vom 06.04.1917?) gelesen; Krieg; kommentiert die Ideen von Fokker (zu Radium B) -> nicht korrekt, bietet aber dennoch Veröffentlichung in <i>Nature</i> an (inkl. seiner Meinung dazu); Radium B Spektrum
09.05.1917	Pickering	de Sitter	HUA1	Kapteyn 40 Jahre Professur in Groningen
09.06.1917	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Doorn; als Datum ist 09.06.1916 angegeben, was nach dem Inhalt (Systeme A und B) aber der 09.06.1917 sein muss!
14.06.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 351	
20.06.1917	de Sitter	Einstein	CPAE8, Doc. 355	aus Doorn
22.06.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 356	
23.06.1917	Lorentz	de Sitter	LEID, Box 31	Antwortet auf dS Fragen zu Einsteins neuen Feldgleichungen mit λ
24.06.1917	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Doorn, Sanatorium Dennenoord; dS konnte Formeln nicht ableiten; versteht nicht so viel wie Lorentz, schickt aber seine Arbeit an Akademie; bittet um Zusendung von Lorentz Akademie-Arbeiten; Lorentz soll erneut Arbeiten an Levi-Civita schicken
28.06.1917	Einstein	de Sitter	CPAE8, Doc. 359	
28.06.1917	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Doorn; dS will noch etwas in sein bereits abgeschicktes Manuskript zu „Over de kromming der ruimte“ ergänzen

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
28.06.1917	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Doorn;dS hat nicht genug Unterlagen da, um Notation etc. zu kontrollieren, begreift aber jetzt alles; Arbeit für Akademie nicht mehr ergänzt; Abdruck von Levi-Civita erhalten; Frage zu Hamilton-Prinzip (Schreibfehler Lorentz?)
28.06.1917	Kapteyn	de Sitter	LEID, Box 40	„harte Nüsse zu knacken“, Parallaxen, „Heelal‘ stürmende studies“
22.07.1917	Einstein	de Sitter	CPAES, Doc. 363	
23.07.1917	Lorentz	de Sitter	LEID, Box 31	
31.07.1917	Einstein	de Sitter	CPAES, Doc. 366	
08.08.1917	Einstein	de Sitter	CPAES, Doc. 370	Kommentar de Sitters in EA, 20-563
09.08.1917	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Vol. 8, 370b	berichtet aus Luzern; Korrespondenz mit dS und Levi-Civita; Moszkowski; privates
14.08.1917	Jeans	Lodge	UCL	
16.08.1917	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	3rd paper, A, B, λ
22.08.1917	Einstein	de Sitter	EA, 20-564	
<03.11.1917	Frisking	de Sitter	LEID, Box 31	„datiert“ aufgrund des folgenden Briefes
03.11.1917	Frisking	de Sitter	LEID, Box 31	
08.11.1917	de Sitter	Innes	CSIR, 71-1918	wieder erholt, Einsteins Theorie Verbesserung von Newton, T.J.J. See mag ART nicht, Gemälde für Kapteyn
14.01.1918	Levi-Civita	de Sitter	LEID, Box 31	
15.01.1918	Silberstein	Einstein	EA, EA 2140	Silberstein hat dS 3rd paper gelesen
18.01.1918	Innes	de Sitter	CSIR, 71-1918	Fehler bei Laplace
22.01.1918	Innes	de Sitter	CSIR, 71-1918	eclipse tables
??.02.1918	de Sitter	KNAW	RNH, T64, KNAW inv.nr. 93	IAU, Ned. Astr. Club
12.02.1918	de Sitter	Levi-Civita	ANDL	Brief L-C, System B (A,C), Def. „Gerade“ in diesen, Eigenschaften B, Ellipt./Lobatsch. Geometrie, $c=const$ kein Dogma
13.03.1918	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Deformation von „Kwartsbollen“
16.03.1918	Levi-Civita	de Sitter	LEID, Box 31	
22.03.1918	Klein	de Sitter	LEID, Box 20	Prioritätsfrage zur Einführung der Begriffe „elliptische“ bzw. „hyperbolische“ Geometrie; Kleins Schreiben an AE
10.04.1918	de Sitter	Einstein	CPAES, Doc. 501	
15.04.1918	Einstein	de Sitter	CPAES, Doc. 506	
19.04.1918	Klein	de Sitter	LEID, Box 20	Betrachtungen zu Modell B, Indikatrix, Erlanger Programm
25.04.1918	de Sitter	Klein	SUBG	kann Kleins Bedenken <i>physisch</i> nicht gelten lassen; Prioritätsfrage

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
28.04.1918	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	Eddingtons Report, fragt, ob dS Korrektur liest, Zensoren
23.06.1918	Schouten	de Sitter	LEID, Box 31	Anhang: Manuskript für Artikel über Präzessionsbewegung
24.06.1918	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	Zeit für Korrekturlesen drängt
01.11.1918?	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
05.11.1918	Innes	de Sitter	CSIR, 73-1918	Deutsche 'knocked out' -> dS Dutch Astronomer Royal, Lense/Thirring Arbeit und Einfluss ART auf Bewegung der Jupitermonde
06.11.1918	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
11.11.1918	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
19.11.1918	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
23.11.1918	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
11.12.1918	Rutherford	Fokker	MBL2	(schlecht lesbar) Bewerbung Fokker(?)
02.12.1918	Fokker	Rutherford	CAM2, F44	F. möchte sich für Professur in Cape-Town bewerben
20.12.1918	Fokker	Rutherford	CAM2, F45	zu F.s Bewerbung; Forschung Chadwick; Copley Medal der RS an Lorentz
20.12.1918	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	Verlobung Lorentz' Tochter; Onnes; Brief von Rutherford; leeskamer Bosscha; Gespräche mit div Personen
21.12.1918	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
15.01.1919	Rijksgebouwkundige	Kuratoren	LEID, Box 46b	Entwurf für die baulichen Maßnahmen an der Sternwarte bei Reorganisation
16.01.1919	Kuratoren	de Sitter	LEID, Box 46b	Anlage: Brief vom 15.01.1919
01.03.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
02.04.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
22.04.1919	„Kultusministerium“	Kuratoren	LEID, Box 46b	Ernennung dS zum Direktor(?)
22.04.1919	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; Fahrt durch Deutschland, dort sehr trist; Schnee; liest Vorl.(?)-Mitschriften über Beweise der Massenveränderung in RT durch, bittet Lorentz um Abdrucke; gebundene Elektronen und Strom
14.05.1919	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	
15.05.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
24.05.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
05.06.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
17.06.191[9?])	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; Frankreich; ehem. Soldaten in Arosa; seine Gesundheit; sendet Mitschriften zu RT zurück, stellt Fragen dazu, Merkurperiheldrehung anders berechnet mit Ergebnis in falsche Richtung; schrieb an Ehrenfest
20.06.1919	de Sitter	Innes	CSIR, 75-1919	Hertzprung nach Leiden, für ihn neues Instrument bei Innes aufstellen (erster Hinweis auf Kooperation)?, Pannekoek Sozialist
05.07.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
25.07.1919	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
15.08.1919	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	
03.09.1919	de Sitter	Innes	CSIR, 76-1919	bedankt sich für angebotene Hilfe bei den Plänen zur 'Kooperation' (Instrument aufstellen), Pläne Hertzprung, Reorganisation Leiden Obs., Krankheit dS
03.10.1919	Fokker	Rutherford	CAM2, F46	aus Arosa; F. hat Stelle in Cape-Town nicht bekommen; R.s Experimente zur Kollision von α -Strahlen mit Atomen, F.s Gedanken und Berechnungen dazu, bittet R. um Kommentar dazu; schlägt Experimente vor zur Messung der relativ. Rotverschiebung an α -Strahlen
13.10.1919	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; Gesundheit; Frau anwesend; dS angekommen am 08.10.1919; Elektronen: Strom, Feld; Ausarbeitung RT Vorlesung
15.10.1919	Rutherford	Fokker	MBL2	Stellenbesetzung in Süd-Afrika; bedankt sich für paper und kommentiert dieses; R.s Umzug; F.s "relativity" point" (Messung Rotverschiebung bei α -Strahlen, siehe Brief vom 03.10.1919)
20.10.1919	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 9, 145b	Besuch in Leiden
23.10.1919	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 9, 148b	Besuch in Leiden; erfährt von Bestätigung der Lichtablenkung
27.10.1919	Innes	de Sitter	CSIR, 76-1919	Antwort auf 3.9., besorgt über Krankheit dS, Pannekoek, Blink microscope,

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
28.10.1919	Einstein	Elsa Einstein	CPAE10, Doc Vol. 9a, 152a	Besuch in Leiden, Lorentz, Julius, Kamerlingh Onnes; leichtsinnige Publikation Freundlichs, dessen (Un)Zuverlässigkeit
02.11.1919	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; Elektronentheorie; dS muss Bett hüten, beide Heimweh nach Leiden, da Berichte von Einsteins Aufenthalt dort gelesen
16.11.1919	Einstein	Hertzprung	CPAE10, Doc Vol. 9, 166a	bedankt sich für Informierung über Ergebnis Sonnenfinsternisexpedition
01.12.1919	de Sitter	Innes	CSIR, 76-1919	aus Arosa, Krankheit, Reorganisation, Teleskop nach Johannesburg, dS Jupiter Theorie, Dora, Ulbo
01.12.1919	de Sitter	Einstein	CPAE9, Doc. 185	gratuliert zu Ergebnis der Sonnenfinst. Exp.; Nachweis Gravitationsrotverschiebung
12.12.1919	Einstein	de Sitter	CPAE9, Doc. 208	Sonnenfinst., Veröff. wiss. Werke, Gravitationsrotverschiebung
15.12.1919	de Sitter	Innes	CSIR, 77-1920	aus Arosa; Tabellen, Sampson, Auswertung der Beobachtungen
27.12.1919	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; schickt 2. Teil seines Artikels für Archives; Artikel von Siegbahn; dS noch im Bett, aber Besserung, sein Sohn verbringt Ferien hier
29.12.1919	Dyson	Hale	HUL	4 Seiten, Sonnenfinsternisexpedition
20.01.1920	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; schickt 3. Teil seines Artikels; arbeitet an kinetischen Problemen (Bruins/Reudler)
09.02.1920	Hale	Dyson	HUL	1 Seite, Sonnenfinsternisexpedition
21.02.1920	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; schickt Manuskript für Juni-Artikel; dS Methode (Englisch->Holländisch); Elektronentheorie; Berufung Einsteins freut Fokker und dS sehr
06.03.1920	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	
31.03.1920	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	
3?.?.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	Kommentare dS zu Einstein Antrittsrede in Leiden

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
21.04.1920	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; Ausarbeitung Vorlesung über RP; Fragen zu gewünschtem Inhalt; Nachfrage zu seiner Arbeit für Akademie; Rückschlag bei dS; Lichtstreuung an Molekülen
05.05.1920	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
13.05.1920	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/10	
25.05.1920	de Sitter	W. Pauli	[Hermann79]	λ , Geometrie, (Arosa)
26.05.1920	Fokker	Rutherford	CAM2, F47	aus Arosa; F.s Interesse zwischen R. und AE als Polen; Tuberkulose; ART: Sonnenfinsternisexpedition, Zitat AE zu Verhalten der Engländer, Rotverschiebung, Silbersteins Opposition ungerechtfertigt, Larmor hat ART mißverstanden, Eddingtons Report, Weyls <i>Raum, Zeit Materie</i> (schwierig)
???.?.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa
??.06.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; die Finanzierung des von Hertzprung geforderten neuen Instruments macht Probleme, dS schildert Lorentz die Situation der angeboten hat, zum Minister zu gehen in dieser Angelegenheit (neuestes Instr. der Sternwarte 20 Jahre alt!); schlechte Kopie
02.06.1920	Fokker	Einstein	CPAE10, Doc 40	Ernennung Einsteins in KNAW, Rutherford und Einstein als Impulsgeber Fokkers; Experiment Majorana, Relativität der Trägheit; es sollte experimentell nachgewiesen werden, dass bewegte Uhren langsamer laufen
06.07.1920	de Sitter	Kuratoren	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; erklärt den Kuratoren der Leidener Universität warum und unter welchen Bedingungen Kapteyn als Adjunktdirektor einspringt
10.07.1920	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	
17.07.1920	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	
20.07.1920	de Sitter	Bakhuyzen	LEID, Box 46b	Voûte, Kapteyn; Brief nicht vollständig
21.07.1920	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/10	Hinweis auf Edd. 'Space, time and gravitation'

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
27.07.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; schlechte Kopie; da Lorentz seine Hilfe angeboten hatte fragt dS ihn, ob er wegen Kapteyns geplanter Position als Adjunkt-Direktor zum Minister gehen könne; dS zählt weitere Alternativen auf, die als Nachfolger von Kapteyn in Frage kommen könnten
28.07.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/10	
19/20.08.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/10	
19.09.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; Eddingtons "Space, time, and gravitation"
19.09.1920	de Sitter	Hale	CalTech	aus Arosa; Kapteyn
22.09.1920	Dyson	Hale	CalTech	Kapteyn
26.09.1920	de Sitter	Hertzsprung	AAU C046/10	
29.09.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/10	
22.10.1920	Hale	de Sitter	CalTech	aus Arosa; Kapteyn
22.10.1920	Hale	Dyson	CalTech	Kapteyn
01.11.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
01.11.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/10	
02.11.1920	Fokker	Einstein	CPAE10, Doc 189	geodetische Präzession
04.11.1920	de Sitter	Einstein	CPAE10, Doc 190	aus Arosa; Leidener Antrittsrede; Äther; Modelle A und B (Gespenstersonnen), Absorption von Gravitation, Dichte/Größe der Welt
05.11.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
07.11.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
11.11.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
12.11.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
13.11.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; Kapteyns 70. Geburtstag und dS Pläne dazu
19.11.1920	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; Kapteyns 70. Geburtstag; Gedanken zu Weltmaterie, Äther, Modelle A und B
29.11.1920	de Sitter	Einstein	CPAE10, Doc 214	aus Arosa; Stabilität Milchstraße, λ -Glieder, Radialgeschwindigkeiten der Spiralnebel, Dichte der Welt
30.11.1920	de Sitter	Lorentz et al.	RNH, inv.nr. 71	aus Arosa; an Professoren in Holland wg. Kapteyns 70. Geburtstag
30.11.1920	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	aus Arosa
02.12.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
03.12.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
05.12.1920	de Sitter	Hertzsprung	AAU C046/9-10	
07.12.1920	de Sitter	Hertzsprung	AAU C046/9-10	
10.12.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
17.12.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
20.12.1920	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	aus Arosa; Pläne für Zeitschrift, Fragen der Finanzierung
25.12.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
27.12.1920	Hertzsprung	de Sitter	AAU C046/9-10	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
28.12.1920	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
04.01.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
07.01.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
09.01.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
30.01.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
02.02.1921	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
10.02.1921	Hale	de Sitter	CalTech	Kapteyn, nach Arosa
10.02.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
16.02.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
25.02.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
27.02.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
??.03.1921	de Sitter	alle Kollegen	AAU C046/9-10	wg. Kapteyn
??.03.1921	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	aus Arosa
03.03.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
09.03.1921	de Sitter	Hale	CalTech	aus Arosa; Kapteyn
12.03.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
17.03.1921	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
08.04.1921	Kottler	de Sitter	LEID, Box 31	Fragen und Bemerkungen zu Artikeln von dS
22.04.1921(?)	Kapteyn	de Sitter	LEID, Box 40	u.a. von Kapteyns Frau an dS, er soll 'zugige Korridore meiden'
28.04.1922	Einstein	Viscardini	EA, EA 25-302	dS Doppelsternüberlegung
30.07.1921	Einstein	Lepper	CSIR, 84-1921	Engl. Übersetzung des Briefes
06.09.1921	de Sitter	Einstein	EA, 20-577	
19.09.1921	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
28.12.1921[1?]	Fokker	Lorentz	RNH, inv.nr. 24	geodätische Präzession
29.09.1921	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	an Hertzprung wg. Gründung <i>B.A.N.</i>
27.11.1921	de Sitter	Innes	CSIR, 84-1921	zurück in Leiden, erholt sich, <i>B.A.N.</i> , Sonnenfinsternis 1922 um Lichtablenkung zu messen, nimmt Arbeit an Jupiter wieder auf
02.12.1921	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	irgendein Antrag soll gestellt werden
10.02.1922	de Sitter	Innes	CSIR, 85-1922	Ferien, viel Arbeit, Teleskop für Johannesburg, van den Bos, Kapteyn krank, Pläne der Tochter, Eddington, Einstein
13.03.1922	Innes	de Sitter	CSIR, 85-1922	Direktoren haben viel admin. Arbeit, Kapteyn, hat Bücher von Eddington gelesen
15(14?).05.1922	de Sitter	Schlesinger	YUL, folder 103	dS in Florena
09.05.1922	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
17.05.1922?	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/9-10	
23.05.1922	Kottler	de Sitter	LEID, Box 31	möchte dS Enzyklopädieartikel zur Durchsicht schicken (bezieht sich auf dS 1911!!!)
23.05.1922	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	
08.06.1922	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	Kooperation: Leiden Zugang zu geplanter Yale Southern Station in Südafrika?
09.06.1922	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	Oort
14.06.1922	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	Oort

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
20.06.1922	Kottler	de Sitter	LEID, Box 31	Fragen zu zwei Berechnungen bei dS
13.07.1922	de Sitter	Seares	HUL	Kapteyns Tod
28.07.1922	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
29.07.1922	de Sitter	Kottler	LEID, Box 31	Korrekturen Enzyklop. Artikel, auch dS 1911/1913
04.08.1922	Seares	de Sitter	HUL	Kapteyns Tod
11.08.1922	de Sitter	Aitken	LIC	Kapteyns Tod, 'selected areas' Projekt
23.08.1922	Innes	de Sitter	CSIR, 87-1922	letzte Beobachtungen von Jupiter, reist ab nach Norwich
29.08.1922	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
20.09.1922	Aitken	de Sitter	LIC	'selected areas'
30.09.1922	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
14.02.1923	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	Kooperation in Südafrika od. Neuseeland
14.03.1923	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	erste Seite fehlt
24.03.1923	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
19.05.1923	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/9-10	aus London
27.06.1923	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	'Confidential' markiert
12.07.1923	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	v.d. Bilt
25.07.1923	de Sitter	Innes	CSIR, 90-1923	Zusammenarbeit der Observatorien, Schicksal Cape Observatory,
22.08.1923	Innes	de Sitter	CSIR, 90-1923	'agreement' zwischen Sternwarten, Spencer Jones ans Cape Obs.
15.09.1923	Lorentz	Einstein	EA, 16-557	L dankt AE für Gratulation; Freunde waren da, Kollegen (u.a. dS); erstes Treffen L und AE
10.10.1923	Innes	de Sitter	CSIR, 91-1923	Innes hat dS Artikel aus 1916 zur ART erneut gelesen, shape of unperturbed orbit in GTR
16.10.1923	de Sitter	Innes	CSIR, 92-1923	Kooperation Leiden mit Johannesburg, Hertzspr. segelt zu Union Obs., Trennung der Hertzsprungs
07.11.1923	Innes	de Sitter	CSIR, 92-1923	Hertzprung, Briefwechsel mit with Reynolds
23.04.1924	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
05.05.1924	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
06.06.1924	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
20.06.1924	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
01.07.1924	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
03.07.1924	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
15.10.1924	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
26.11.19??	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
09.12.1924	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
10.12.1924	de Sitter	Einstein	EA, 20-582	
24.12.1924	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
22.02.1925	Wintner	de Sitter	LEID, Box 31	Bemerkung zu AE Perihelformel
26.02.1925	Wintner	de Sitter	LEID, Box 31	Störungsrechnung
02.03.1925	Wintner	de Sitter	LEID, Box 31	kurze Bemerkung zu Brief vom 22.2.1925
04.03.1925	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
13.03.1925	Wintner	de Sitter	LEID, Box 31	n-Körper-Problem?
25.03.1925	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
07.05.1925	de Sitter	J. Fr. Schroeter	NLN	
15.06.1925	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 71	Pannekoeks Plan, südliche Milchstraßenbeobachtungen zu machen
04.10.1925	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	Enkelin Eleonora; Rector Magnificus
15.10.1925	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	Gruppenbild
19.10.1925	Schlesinger	Ulbo de Sitter	YUL, f. 103	Anstellung in den USA
27.10.1925	Schlesinger	Dr. van der Gracht	YUL, f. 103	Anstellung Ulbo dS
31.10.1925	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
05.11.1925	Schlesinger	Ulbo de Sitter	YUL, f. 103	Arbeit
15.11.1925	Ulbo de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	Arbeit
16.11.1925	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
04.02.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
10.02.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
10.03.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
17.03.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
21.04.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
7?.05.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
09.06.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
23.06.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
06.07.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	
26.07.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	
03.08.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	Erneute Beobachtung der 'Gesellschaft zones'
06.08.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	einstellung von Schilt
30.08.1926	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 103	AG Katalog, Ferien, Schilt
19.10.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	fragt nach Liste; trifft Hertzprung
09.12.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	1928 Meeting der British Association
10.12.1926	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 103	schickt Tabelle; Verbesserung von Schreibmaschine
21.01.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	wird London besuchen, Leiden?
23.01.1927	de Sitter	Levi-Civita	CalTech, ANDL	dS bedankt sich für die Zusendung der engl. Übersetzung des Buches "Absolute Differential Calculus"
03.02.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Schlesinger in Leiden; gold medal
21.03.1927	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
12.04.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Jupitermonde; Lyrae Sterne; Freundschaft dS-Edd.
19.04.1927	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
22.04.1927	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
25.04.1927	Schlesinger	Hertzprung	YUL, f. 104	Union Observatory
26.04.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Jupitermond Platten von Alden; Lyrae
27.04.1927	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
09.05.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Jupitermond Platten von Alden; Lyrae
15.05.1927	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
16.05.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Woods/Innes; Situation in Johannesburg
18.05.1927	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	Beobachtungen der Jupitermonde; Lyrae variables

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
16.05.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Wood; Brouwer; Treffen im Krankenhaus
06.06.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	verfasst auf Briefbogen der IAU; Vize-Präsident Cerullis Tod und sein möglicher Nachfolger
08.06.1927	de Sitter	Alden	YUL, f. 104	technische Dinge zu Platten von Jupitermonden
08.06.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Brouwer Rockefeller fellowship
16.06.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Nachfolge Cerulli; Brief von E. de Sitter an Frau Schlesinger
27.06.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Brouwer
27.06.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Geld für Oort; Schulden; Mascart, Committee 5
?07.1927	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
07.07.1927	de Sitter	Trewbridge	YUL, f. 104	Brouwer
10.07.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Brouwer; Nachfolge Cerulli; \$4
28.07.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Brouwer;\$4 zurück
29.07.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	van Gent vorgeschlagen als observer in Johannesburg
09.08.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Brouwer; \$4; van Gent; Aernout
23.08.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	van Gent; van den Bos; deutscher Zeitungsartikel (G. Struve) betreffend IAU und Astronomische Gesellschaft, WWI
23.08.1927	de Sitter	Lorentz	RNH, inv.nr. 147	
06.09.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Struves Artikel; van Gent, van den Bos
06.10.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Statutenänderung IAU wg. Deutschland
10.10.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Brouwer, Wood, van Gent
17.10.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	auf IAU Papier; Statutenänderung IAU
25.10.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104; LEID, Box 17	Statuten der IAU müssen geändert werden, um Einzelpersonen zu Meeting zuzulassen; Einladung der Russen zu IAU Meeting
07.11.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104; LEID, Box 17	Hertzprung nach Dänemark?; Deutschland und Russland zu Leidener IAU Versammlung einladen
07.11.1927	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
06.12.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Hertzprung nach Dänemark?, sollte in Leiden bleiben
06.12.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104; LEID, Box 17	Einladung von Nicht-Mitgliedern; Statutenänderung
15.12.1927	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Wood, v.d. Bos in Johannesburg
20.12.1927	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
27.12.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	unterstützt v.d. Bos, Berichtet über v.d. Bos' Arbeit
27.12.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	van den Bos, Geldbeschaffung
27.12.1927	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	v.d.Bos(?); Hertzprung geht nach Kopenhagen?
10.01.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Statutenänderung IAU
10.01.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Namensuche für Abstand von 10 parsecs (kapteyn/herschel;Brouwer)
25.01.1928	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	Ausrichtungsfehler auf Platte 7558
15.02.1928	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	mehr fragliche Platten
19.03.1928	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Schlesinger kommt nach Leiden, dS lädt ihn zu sich ein; v.d.Bos, v.Gent, Brouwer
29.03.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	v.d.Bos, v.Gent, Brouwer, Hertzprung
29.03.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	akzeptiert die Einladung von dS bei ihm zu wohnen
25.04.1928	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	über Ausmessungen von Platten von Jupiter und mögliche Fehler
24.07.1928	de Sitter	Alden	YUL, f. 104	neue Aufnahmen von Jupiter, Ergebnisse alter Messungen
13.06.1928	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	Daten von Jupitermonden, Artikelmanuskript?
18.08.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Vermessung von Jupitermond-Platten; Statuten IAU
21.08.1928	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	Vermessung von Jupitermond-Platten
08.10.1928	Alden	de Sitter	YUL, f. 104	Vermessung von Jupitermond-Platten; dS plant 1929 bei BAAS Meeting teilzunehmen
15.10.1928	Ivanoff	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
27.10.1928	Innenministerium	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
07.11.1928	Innenministerium	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
16.11.1928	de Sitter	Ivanoff	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
20.11.1928	Tichoff/Perepelkin/Deutsche	de Sitter	LEID, Box 20	gepl. russ. Expedition
23.11.1928	Ivanoff	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
27.11.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	dS erhält Watson medal; Brief von E. dS; dS kommt zu Washington meeting 1929?
28.11.1928	de Sitter	Alden	YUL, f. 104	berechnete Werte von Jupiter-Platten aus 1928
28.11.1928	de Sitter	Ivanoff	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
28.11.1928	de Sitter	Tichov	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
29.11.1928	de Sitter	Aitken	LIC	fordert Lick Bulletin No 395 an
04.12.1928	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	long screw measuring machine, Pläne, eine solche zu bauen
05.12.1928	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Aufnahmen der Magellanschen Wolke
07.12.1928	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Watson medal; geht zu BAAS meeting; plant 1930 nach Amerika zu kommen
11.12.1929?	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Verbesserungen von gemeinsamem Artikel mit Alden
11.12.1928	?	Beucker Andreae	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
17.12.1928	Aitken	de Sitter	LIC	Bulletin, Watson medal
20.12.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Baupläne der measuring engine
20.12.1928	Guthnick	de Sitter	LEID, Box 17	dankt für IAU Tagung 1928, besonders, dass die Deutschen so freundlich aufgenommen wurden; Integration D in IAU; „Wann wird dieses wahnsinnige Europa endlich einmal zur Vernunft kommen?“
21.12.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	dS kommt 1929 nicht nach Amerika
21.12.1928	Ivanoff	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
24.12.1928	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Reisepläne
04.01.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	measuring engine; Schlesinger besucht Leiden; Verbesserungen von gemeinsamem Artikel mit Alden
14.01.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
14.01.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
14.01.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Schlesinger erhält Bruce medal; Hertzsprung erhält Goldmedaille; Baupläne der measuring engine; Messen mit Mikroskop
18.01.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	gemeinsamer Artikel mit Alden
24.01.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
26.01.1929	Innenministerium	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
28.01.1929	de Sitter	Ivanoff	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
30.01.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Angebot an Oort; Mikroskop oder Platte bewegen?
30.01.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Vermessungsprobleme in Verbindung mit gemeinsamem Artikel mit Alden
09.02.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
22.02.1929	Tichov/Deutsch	Innenministerium(?)	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition; im Anhang zu 02.04.1929

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
23.02.1929	Ren(g?)	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
25.02.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
25.02.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	objectglass Probleme
25.02.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Oort bleibt in Leiden
25.02.1929	de Sitter	Shapley	YUL, f. 104	Budget der Leidener Sternwarte; Angebot an Oort
04.03.1929	Ivanoff	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
09.03.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	bezieht sich auf Brief vom 25.02.1929
27.03.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
22.03.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Aldens Report zu Jupiter 1928
25.03.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	Antwort auf Brief vom 09.03.1929 (Postkarte)
02.04.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
02.04.1929	Innenministerium(?)	de Sitter	LEID, Box 20	geplante russ. Expedition
05.04.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	den 'pesky' Satz weglassen
07.04.1929	de Sitter	Zeeman	RNH, inv.nr. 140	
09.04.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Streich Reise nach Süd-Afrika; möchte Ulbo und Ingrid treffen
03.05.1929	Schlesinger	de Sitter	LEID, Box 17	Treffen, Reisepläne
06.05.1929	Schlesinger	de Sitter	LEID, Box 17	gratuliert dS zu Ernennung zum Foreign Member of the National Academy of Sciences
07.05.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	v. Gents Aufnahme der Magellanschen Wolke
24.05.1929	Guthnick	de Sitter	LEID, Box 17	Distanziert sich von unmöglichem Bericht über IAU Tagung in <i>Mitteilungen des Verbandes der deutschen Hochschulen</i>
07.06.1929	Leuschner	de Sitter	LEID, Box 40	Würdigungsrede anlässlich der Watson Medal an dS
>07.06.1929	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 40	Antwort auf 07.06.1929, Korrekturen für Abdruck der Rede, 'if I struck out...'
10.06.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	dS foreign member der Nat. Acad. Sci. Wash.; Süd-Afrika Reise; Ulbo&Ingrid;Rockefeller Geld
10.06.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	IAU Belange
28.06.1929	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
03.07.1929	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
26.09.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	schlechte Kopie: dS hat Schlesinger nicht in Leiden getroffen; Süd-Afrika Reise
15.10.1929	Schlesinger	Dr. Fisher	YUL, f. 104	Schlesinger möchte dS Vorlesung am American Museum of Natural History beschaffen
19.10.1929	Dr. Fisher	Schlesinger	YUL, f. 104	bezüglich dS geplanter Vorlesung

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
22.10.1929	Guthnick	de Sitter	LEID, Box 17	Aufnahme Deutschlands in IAU
23.10.1929	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Radialgeschwindigkeiten, Hubble, de Sitter Welt
26.10.1929	Guthnick	de Sitter	LEID, Box 17	holländische Weg (???) auch für Deutschland der gegebene
31.10.1929	Schlesinger	Mr. Elmer	YUL, f. 104	Planungen zu dS Vorlesung am Brooklyn Institute of Arts and Science
06.11.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	van Gents Beobachtungen
08.11.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104; LEID, Box 17	schlägt Vorlesungsthemen für Amerika vor; Radialgeschwindigkeiten von Nebeln, Eddington, Berechnung von R , Diagramm; Brief an Guthnick
14.11.1929	de Sitter	Fokker	MBL2	F. kann keine Vorlesung halten nächsten Montag; (kritische) Bemerkungen zu Artikel von F. Zwicky "On the Red Shift of Spectral Lines through Interstellar Space", <i>Proceedings of the National Academy of Sciences</i> 15 (1929), S. 773-9
09.12.1929	de Sitter	Fokker	MBL2	Wie kommt es, dass die Nebel alle positive Geschwindigkeiten haben? „Dat weet ik niet [...]“
28.12.1929	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 104	spiral nebulae; proceedings of NAS Wash.; Kopff, Pulikowa zone; application to Rockefeller
14.01.1930	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 104	Veröffentlichen in PNAS; Bewerbung bei Rockefeller Fund; Kopff
24.01.1930	de Sitter	Lemaître	LOU	
05.03.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	als 'confidential' markiert: Rockefeller Förderung für Teleskop; Oort geht nach Columbia?
19.03.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	van Gent geht nach Yale?
20.03.1930	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Rockefeller Geld; Oort
25.03.1930	de Sitter	Lemaître	LOU	
01.04.1930	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	van Gent geht nach Yale?
02.04.1930	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	Lemaitres Artikel, Strahlung
05.04.1930	Lemaître	de Sitter	LOU; LEID, Box 31	u.a. Friedmann und Kritik daran von AE!
18.04.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	van Gent, Aernout stattdessen?
24.04.1930	de Sitter	Shapley	HUA	Rockefeller Geld
25.04.1930	Nijland, Pannekoek, Hertzsprung	KNAW	RNH, T60 KNAW, inv.nr. 474	Gutachten zu geplanten Azimuth Messungen von dS
26.04.1930	de Sitter	Lemaître	LOU	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
26.04.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	schickt Manuskript, dynamische Lösung von Lemaître (→ Edd.), Einstein, λ ; Rockefeller Geld; Dora
29.04.1930	Lemaître	de Sitter	LOU; LEID, Box 31	Anmerkungen und Fragen zu Artikel von dS
30.04.1930	de Sitter	Lemaître	LOU	
01.05.1930	KNAW	Minister van Onderwijs	RNH, T60 KNAW, inv.nr. 474	Azimuth Messungen, Bitte um Genehmigung der Gelder
02.05.1930	Lemaître	de Sitter	LOU; LEID, Box 31	Fortsetzung der Diskussion über Artikel
05.05.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Tolmans Artikel in PNAS über Kosmologie
07.05.1930	de Sitter	Tolman	LEID, Box 31	Tolman Artikel / de Sitter Artikel
15.05.1930	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Rockefeller Förderung; Manuskript kam an → PNAS (Kosmologie), findet Artikel interessant, regt dS zum Arbeiten an Kosmologie an, Tolmans Artikel
21.05.1930	Tolman	de Sitter	LEID, Box 31	nicht-statisches Linienelement
14.06.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Rockefeller Förderung; Brief an Shapley; hat Korrekturen von Artikel in PNAS gelesen; Geschwindigkeit-Abstand Beziehung; Mr. Sanders
19.06.1930	E. de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Gedichte; Dora, Ulbo, Aernout; Willem hat viel Arbeit
03.07.1930	Lemaître	de Sitter	LOU	
04.07.1930	Lemaître	de Sitter	LEID, Box 31	Artikel dS über Expansion des Universums
09.07.1930	de Sitter	Lemaître	LOU	
23.07.1930	Lemaître	de Sitter	LEID, Box 31	Veröff. in <i>B.A.N.</i>
28.07.1930	Lemaître	de Sitter	LEID, Box 31	Schreibweise kovariante Ableitung, Anlage: Kopie von Vortrag L.
30.07.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	IAU Statuten; vorerst Arbeit an expandierendem Universum fertiggestellt
05.08.1930	Kalff	de Sitter	LEID, Box 31	übersendet Brief an Redaktion zu Artikel de Sitters vom 9.7.1930
09.08.1930	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	IAU Statuten; wird operiert werden
21.08.1930	Hubble	de Sitter	HUL	5 Seiten, Kritik an dS wg. <i>B.A.N.</i> 185
23.08.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Kongress in Stockholm, Ingrid, Ulbo, Aernout; Anzahl der IAU Vize-Präsidenten; Geodätische Union; Tod von Turner
25.08.1930	Eddington	de Sitter	LEID, Box 31	dS Artikel in <i>B.A.N.</i> 200, expandieren auch die Galaxien?

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
08.09.1930	de Sitter	Eddington	LEID, Box 31	Brief 25.08.1930; dS Artikel in <i>B.A.N.</i> 200
18.09.1930	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	erholt sich von Operation
22.09.1930	Bonetti	de Sitter	LEID, Box 31	Übersetzungen zur Veröffentlichung in <i>Scientia</i>
12.10.1930	Sluifers	Oort	LEID, Box 41	wg. Portrait de Sitter
14.10.1930	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Schlesinger erholt sich; Yale transactions
26.11.1930	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
27.11.1930	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
10(?) .12.1930	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
12.12.1930	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
14.12.1930	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
16.12.1930	de Sitter	Frost	AAU C046/5-6	
18.12.1930	E. de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Dora, Enkel, „Nikolaustag“, Aernout, Stockholm Reise, Ulbo, Agnes, Bruce Medal
06.01.1931	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
28.01.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
28.01.1931	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
04.02.1931	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
05.02.1931	Aitken	de Sitter	LIC; LEID, Box 40	Bruce Medal
18.02.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
<23.02.1931	Schlesinger et al.	de Sitter	YUL, f. 105	Telegramm: 'Congratulations on your two medals'. Schlesinger, Brown, Brouwer, Schilt
23.02.1931	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Telegramm; Azimuthinstrument (mit Fehlern) für Expedition an Äquator; Aermout; Amerika-reise, Vorlesungen
23.02.1931	de Sitter	Leuscher	YUL, f. 105	Möglichkeiten für Vorlesungen, Themen dafür
25.02.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
25.02.1931	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
11.03.1931	Lemaître	de Sitter	LEID, Box 31	L. Artikel in MN
12.03.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
13/18?.03.1931	de Sitter	Hertzprung	AAU C046/5-6	
18.03.1931	Leuscher	Schlesinger	YUL, f. 105	Vorlesungen für dS beschaffen
25.03.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
26.03.1931	?	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesung am Brooklyn Institute of Arts and Sciences
26.03.1931	Lawrence	Shapley	YUL, f. 105	Gelegenheit für dS die Lowell lectures zu geben
27.03.1931	Fisher	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesung bei der Amateur Astronomers Assoc.
30.03.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Vorlesungen (z. B. Lowell) in Amerika; Gesundheit
31.03.1931	Schlesinger	Leuscher	YUL, f. 105	mögliche Vorlesungen von dS
03.04.1931	Shapley	de Sitter	HUA	Lowell lectures
13.04.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
15.04.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
16.04.1931	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Amerikareise verschiebt sich nicht, Vorlesungshonorare; dS Krankheit und dadurch bedingter Lücke in Werk
24.04.1931	Leuscher	Schlesinger	YUL, f. 105	einige Vorlesungen für dS gesichert
24.04.1931	Adams	de Sitter	LEID, Box 40	Verleihung der Bruce Medal, Versand der Medaille nach Holland
28.04.1931	Bowie	Schlesinger	YUL, f. 105	Fehler des Azimuthinstruments; erzählt Schlesinger von dS (flüssiges Englisch)
29.04.1931	de Sitter	Shapley	HUA	Lowell lectures, Besuch in Amerika
29.04.1931	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105; LEID, Box 17	Manuskript für Darwin lecture zur Durchsicht
06.05.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
06.05.1931	Schlesinger	Bowie	YUL, f. 105	erzählt ihm, dS sein einer seiner intimsten Freunde; gesicherte Vorlesungen: Cambridge, New Heaven, New York, Brooklyn
06.05.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Briefe von Leuscher, Bowie über Vorlesungen während dS Amerikareise
09.05.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	kleinere Korrekturen des Darwin lecture Manuskriptes
10.05.1931	Leuscher	Shapley	YUL, f. 105	dS Vorlesungstour, Reiseroute für dS
12.05.1931	Miller	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesung in Swarthmore
15.05.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Brief von Miller zu Vorlesung in Swarthmore
15.05.1931	Leuscher	Stebbins	YUL, f. 105	dS Vorlesung am Washburn Observatory (beigefügt?: vorläufige Liste der Vorlesungen)
16.05.1931	Leuscher	Schlesinger	YUL, f. 105	Vorlesungen dS, vorgeschlagene Reiseroute
16.05.1931	Hertzprung	de Sitter	AAU C046/5-6	
18.05.1931	Russel	Spaeth	PUL	Vorlesung dS in Princeton
19.05.1931	Stetson	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesung in Columbus "I judge that his talk would be technical [...]"
20.05.1931	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Azimuthinstrument, Darwin lecture
21.05.1931	Schlesinger	Stetson	YUL, f. 105	dS Vorlesung in Delaware oder Columbus
21.05.1931	Russel	de Sitter	PUL	dS Vorlesung in Princeton
21.05.1931	Russel	Spaeth	PUL	dS Vorlesung in Princeton
27.05.1931	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesungen in Amerika, Gesamthonorar, "sight seeing"

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
28.05.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	dS Vorlesungen, gemeinsam nach Westen reisen?, Schlesinger kommt nach Europe; Darwin lecture
29.05.1931	de Sitter	Lemaître	LOU; LEID, Box 31	Artikel L.
30.05.1931	Chant	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesung an Toronto University?
02.06.1931	Schlesinger	Chant	YUL, f. 105	dS Vorlesung an Toronto University?
02.06.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	mögliche Vorlesungen in Toronto und an McGill
03.06.1931	de Sitter	Russel	PUL	Vorlesung dS in Princeton
17.06.1931	Slocum	Schlesinger	YUL, f. 105	dS Vorlesung an Wesleyan University
19.06.1931	Schlesinger	Smiley	YUL, f. 105	dS Vorlesung in Brown
13.08.1931	de Sitter	Fokker	MBL2	Fragen zur geodätischen Präzession
15.08.1931	Heckmann	de Sitter	LEID, Box 31	bittet dS um Kommentar zu beigefügter Mitteilung
19.08.1931	de Sitter	Heckmann	LEID, Box 31	Kommentar zu Mitteilung von Heckmann
08.09.1931	de Sitter	Dugan	PUL	Vorlesung dS in Princeton
09.09.1931	de Sitter	Shapley	HUA	Lowell lecture, Aufenthalt in Cambridge
18.09.1931	?	de Sitter	PUL	Vorlesung dS in Princeton
23.09.1931	Hubble	de Sitter	HUL	1 Seite
25.09.1931	Shapley	de Sitter	HUA	astronomy club Vorlesung
08.10.1931	Shapley	Port Comissioner	HUA	dS Ankunft in Boston
16.10.1931	?	Schlesinger	YUL, f. 105	Raumreservierung für Vorlesung dS
19.10.1931	Shapley	de Sitter	HUA	dS Aufenthalt bei Shapleys zuhause
20.10.1931	Leuschner	Aitken	LIC	Reiseroute von dS Amerikareise
22.10.1931	de Sitter	Shapley	HUA	Vorlesungsorganisation
24.10.1931	Shapley	de Sitter	HUA	Zeitplan von Vorlesungen dS
26.10.1931	Aitken	Leuschner	LIC	Reise dS, Kometenbeobachtung
29.10.1931	de Sitter	Shapley	HUA	Datum des Vortrags
12.11.1931	Pottinger	de Sitter	LEID, Box 17	Notizen eines Reporters zu Vortrag de Sitter (Lowell-Lecture), später zu <i>Kosmos</i> ausgearbeitet
26.11.1931	Shapley	Russel	HUA	dS-Hubble Verwirrung
27.11.1931	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Schirm, checks, Bankkonto
30.11.1931	E. de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Kinder, Amerikareise gefällt
1/7(?).12.1931	de Sitter	Shapley	HUA	Lowell lectures
15.12.1931	W.A. (A.W.)?	de Sitter	HUA	Kofferlieferung
18.12.1931	Shapley	de Sitter	HUA	Koffer, Weihnachtstee
28.12.1931	de Sitter	Shapley	HUA	Berichte über Lowell lecture
29.12.1931	Aitken	de Sitter	LIC	Aufenthalt am Lick Observatory

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
31.12.1931	E. de Sitter	Katharine Schlesinger	YUL, f. 105	Amerikareise wird ge- nossen
02.01.1932	de Sitter	Aitken	LIC	kommt an das Lick Ob- servatory
04.01.1932	Leuschner	Aitken	LIC	Aitken sollte dS kontak- tieren
05.01.1932	Leuschner	de Sitter	LIC	Vorlesungen an Univ. Calif.
05.01.1932	Leuschner	Aitken	LIC	Ankunft dS
06.01.1932	Aitken	Leuschner	LIC	Vorsicht bei fellowships für Europäer, Brief an dS
06.01.1932	Aitken	de Sitter	LIC	Ankunft etc.
06.01.1932	van Coenen Torchiana	Aitken	LIC	von Generalkonsul
07.01.1932	Aitken	Leuschner	LIC	Antwort dS
07.01.1932	Shapley	de Sitter	HUA	Aufzeichnungen zu Lo- well lectures
08.01.1932	Aitken	van Coenen Torchiana	LIC	Reisepläne dS
14.01.1932	Seares	de Sitter	HUL	Verbesserung von Arti- kel
14.01.1932	de Sitter	Aitken	LIC	Telegramm: komme später
14.01.1932	Leuschner	de Sitter	LEID, Box 31	Vorlesung zu Relativität
17.01.1932	de Sitter	Adams	HUL	
20.01.1932	Seares	de Sitter	HUL	Verbesserung von Arti- kel, Brief von dS vom 16.01.1932
20.01.1932	Joy(?)	de Sitter	HUL	Abdruck von Fotos
22.01.1932	de Sitter	Joy	HUL	Abdruck von Fotos
25.01.1932	Joy	de Sitter	HUL; LEID, Box 31	Abdruck von Fotos
10.02.1932	de Sitter	Aitken	LIC	PASP Manuskript
02.03.1932	Aitken	de Sitter	LIC	PASP Manuskript, Kui- per
07.04.1932	de Sitter	Pottinger	LEID, Box 17	Manuskript von Lowell Lectures
12.04.1932	de Sitter	Shapley	HUA	Cepheiden, Oort, Lowell Lectures
23.04.1932	Pottinger	de Sitter	LEID, Box 31	Manuskript Lowell Lec- tures
28.04.1932	Pottinger	de Sitter	LEID, Box 31	\$53 für blocks
02.05.1932	de Sitter	Shapley	HUA	Frau Kluyvers Aufent- halt in Harvard
09.05.1932	de Sitter	Pottinger	LEID, Box 31	bedankt sich für Geld
12.05.1932	Shapley	de Sitter	HUA	Bild von Newton, Oort
20.05.1932	de Sitter	Shapley	HUA	Bild von Newton
03.06.1932	Leuschner	de Sitter	LEID, Box 31	bedankt sich für Post- karte, schickt Veröffent- lichungen; Bezahlung
29.06.1932	de Sitter	Pottinger	LEID, Box 31	Korrekturbögen zu <i>Kos- mos</i> , an wen sollten Ex- emplare verschickt wer- den (u.a. AE)
04.07.1932	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	Hitchcock Lectures, \$ 750 für expedition
11.07.1932	Pottinger	de Sitter	LEID, Box 17	Korrekturbögen zu <i>Kos- mos</i> , Zeitschriftenliste für Reviews angefordert
12.07.1932	de Sitter	Pottinger	LEID, Box 17	Zeitschriften, in denen ein Review von <i>Kosmos</i> erscheinen soll

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
16.07.1932	Henseling	de Sitter	LEID, Box 40	will Übersetzung von "The size of the universe" in <i>Die Sterne</i> veröffentlichten
18.07.1932	de Sitter	Henseling	LEID, Box 40	gestattet Übersetzung von "The size of the universe" in <i>Die Sterne</i>
25.07.1932	de Sitter	Aitken	LIC	in Lick Publications 17 leere Seiten
10.08.1932	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	Manuskript von Hitchcock Lectures, englische Rechtschreibung
11.08.1932	Aitken	de Sitter	LIC	neuer Druck von Lick Publ. 17
24.08.1932	Leuschner	de Sitter	LEID, Box 31	Manuskript Hitchcock Lectures kam an
27.08.1932	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	wer soll Abdruck von 'Astronomical Aspect...' erhalten
02.09.1932	Hale	de Sitter	LEID, Box 17	ihm gefällt <i>Kosmos</i>
23.09.1932	Proost-Thoden van Velzen	de Sitter	LEID, Box 40	Fragen zur 4-Dimensionalität
23.09.1932	de Sitter	Hale	LEID, Box 17	Antwort auf 02.09.32
04.10.1932	de Sitter	Proost-Thoden van Velzen	LEID, Box 40	längere Antwort auf Brief vom 23.09.1932
15.10.1932	Proost-Thoden van Velzen	de Sitter	LEID, Box 40	dankt für Antwort
18.10.1932	Shapley	de Sitter	HUA	Gerrish drive, IAU
27.10.1932	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	dS fragt: Wann wird Hitchcock Lecture veröffentlicht?
31.10.1932	Calhoun	de Sitter	LEID, Box 31	Veröffentlichungsbed. "Astronomical Aspect [...]"
07.11.1932	de Sitter	Hubble	HUL	4 Seiten + 2 Seiten mit Diagrammen
25.11.1932	Oxford University Press	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Französische
01.12.1932	de Sitter	Oxford University Press	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Französische
02.12.1932	Leuschner	de Sitter	LEID, Box 31	Veröffentlichung Hitchcock Lectures
02.12.1932	Oxford University Press	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Französische wird nicht stattfinden
05.12.1932	Hubble	de Sitter	HUL	4 Seiten
19.12.1932	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	Veröffentlichung Hitchcock lectures
03.02.1933	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	schickt Korrekturbögen von Hitchcock lectures zurück
07.02.1933	de Sitter	Pottinger	LEID, Box 17	<i>Kosmos</i> nicht mehr erhältlich?
23.02.1933	Bianchi	de Sitter	LEID, BOX 40	Dr. Gratton nach Leiden?
02.03.1933	de Sitter	Bianchi	LEID, Box 40	Dr. Gratton darf kommen
10.03.1933	Harvard Univ. Press	de Sitter	LEID, Box 17	Erhältlichkeit <i>Kosmos</i>
17.03.1933	Shapley	de Sitter	HUA; LEID, Box 31	Galaxien
03.04.1933	de Sitter	Einstein	EA, 20-585	
04.04.1933	de Sitter	Shapley	HUA	Mr. Osterhoff
05.04.1933	Einstein	de Sitter	EA, 20-575	

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
12.04.1933	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	Endgültige Korrekturbögen zu Hitchcock lectures
24.04.1933	Shapley	de Sitter	HUA	Osterhoff, Förderungsgelder im Allgemeinen
03.06.1933	Schlesinger	de Sitter	LEID, Box 17	de Sitter gewählt Französ. Akad. Wiss., Treffen in Leiden, Paris
06.06.1933	de Sitter	Shapley	HUA	Osterhoff
06.06.1933	de Sitter	Bianchi	LEID, Box 40	dS berichtet über Dr. Gratton
08.06.1933	Leuschner	de Sitter	LEID, Box 31	Vertrieb von gedruckten Hitchcock lectures
09.06.1933	Bianchi	de Sitter	LEID, Box 40	dankt für Annahme Dr. Gratton
17.06.1933	Shapley	de Sitter	HUA	Osterhoff
27.06.1933	Wooldridge	de Sitter	LEID, Box 31	Inhaltsangabe Eddington
28.06.1933	Wooldridge	de Sitter	LEID, Box 31	Inhaltsangabe McVittie
??.07.1933	Hins(?)	Shapley	HUA	25 Jahre Professur dS, 300 Jahre Leidener Sternwarte
01?.07?.1933	Ferguson	de Sitter	LEID, Box 31	Vortrag Lemaitre, Anhang: Inhaltsangabe Milne
07.07.1933	de Sitter	Leuschner	LEID, Box 31	bedankt sich für gedruckte Hitchcock Lectures
07.07.1933	de Sitter	Lensen	LEID, Box 31	bedankt sich für Korrekturlesen Hitchcock Lectures
07.07.1933	de Sitter	Lehmer	LEID, Box 31	bedankt sich für Hilfe bei Druck Hitchcock Lectures, erste Druckfehler entdeckt
07.07.1933	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	dS gewählt als correspondent der French Academy; Schlesinger kommt nach Leiden, 300. Geburtstag Leidener Sternwarte
27.07.1933	de Sitter	Shapley(?)	HUA	300 Jahre Leidener Sternwarte
27.07.1933	de Sitter	Pres. of IAU	YUL, f. 105	Einladung des Präsidenten der IAU zu 300. Geburtstag der Leidener Universität
08.08.1933	Lehmer	de Sitter	LEID, Box 31	bedankt sich für Brief dS vom 07.07.1933
12.08.1933	de Sitter	Shapley	HUA	Dr. Gent macht Aufnahmen der Galaxie
24.08.1932	Aitken	de Sitter	LIC	Kuiper
29.08.1933	de Sitter	Einstein	EA, 20-587	
24.08.1933	de Sitter	Shapley	HUA	Telegramm: Dr. Gents Nutzung des Reflektors
26.08.1933	Shapley	de Sitter	HUA	Teleskope
02.09.1933	de Sitter	Ferguson	LEID, Box 31	Anhang: Manuskript zu "Discussion on the Expanding Universe", 12.09.1933
04.09.1933	de Sitter	Aitken	LIC	Gitter, Kuiper
04.09.1933	Einstein	de Sitter	EA, 20-588	
18.09.1933	Aitken	de Sitter	LIC	Gitter, Kuiper
18.09.1933	Shapley	de Sitter	HUA	

A.5. Briefwechsel von de Sitter (et al.)

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
20.09.1933	Sluifers	Oort	LEID, Box 41	wg. Portrait de Sitter
01.10.1933	Sluifers	Oort	LEID, Box 41	wg. Portrait de Sitter
05.10.1933	Seares	de Sitter	HUL	300 Jahre Leiden, dS 25 Jahre Professor
05.10.1933	Schlesinger	Sitter	YUL, f. 105	Azimuthinstrument; Ehrenfests Tod
20.10.1933	Shapley	de Sitter	HUA	Geschichte der Leidener Sternwarte
31.10.1933	de Sitter	Shapley	HUA	Gerrish drive
17.11.1933	Shapley	de Sitter	HUA	Gerrish drive
21.01.1934	Asklöf	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Schwedische
27.01.1934	Araki	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Japanische
30.01.1934	de Sitter	Asklöf	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Schwedische
20.02.1934	de Sitter	Araki	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Japanische
16.03.1934	Laue	de Sitter	LEID, Box 40	Judenverfolgung, dS Unterzeichnung einer Protestnote. Dieser Brief wurde am 16.05.1934 von Weissenberg an dS übermittelt.
24.03.1934	Araki	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Japanische
17.04.1934	de Sitter	Araki	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Japanische
17.04.1934	de Sitter	Asklöf	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Schwedische
12.05.1934	Weissenberg	de Sitter	LEID, Box 40	Weissenberg soll Brief von Laue übermitteln und vergewissert sich zunächst, ob dS anwesend ist.
14.05.1934	Araki	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Japanische
16.05.1934	Weissenberg	de Sitter	LEID, Box 40	Laue Brief im Anhang
30.05.1934	Asklöf	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Schwedische
02.06.1934	de Sitter	Asklöf	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Schwedische
09.06.1934	Asklöf	de Sitter	LEID, Box 17	Übersetzung <i>Kosmos</i> ins Schwedische
13.06.1934	Schlesinger	de Sitter	YUL, f. 105	Frägt nach Meinung betreffend Arthur Beer aus Hamburg
22.06.1934	Crawford	de Sitter	LEID, Box 40	bekommt annotierte Übersetzung von Principia zugesendet
12.07.1934	de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Details zu defektem Instrument
10.08.1934	de Sitter	Crawford	LIC; LEID, Box 40	Newton Übersetzung von Cajori und Crawford, RT hat Newton erweitert
21.11.1934	?	Schlesinger	YUL, f. 105	Telegramm über dS Tod
21.11.1934	Schlesingers	E. de Sitter	YUL, f. 105	deepest sympathy on great loss
21.11.1934	Shapley	Mrs. de Sitter	HUA	Tod von dS
11.12.1934	Gratton	Oort	LEID, Box 41	Beileid, geplanter Nachruf

Datum	Verfasser	Empfänger	Archiv	Inhalt/Kommentar
14.12.1934	E. de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Tod ihres Mannes, Nachfolge dS
29.03.1935	Aitken	van Coenen Torchiana	LIC	Kuiper, research associateship im Andenken an dS, Liste niederländischer Astronomen in den USA
30.03.1935	Aitken	van Coenen Torchiana	LIC	Nachtrag zu 29.03.1935
04.09.1935	E. de Sitter	Schlesinger	YUL, f. 105	Aernouts Sohn Willem; Agnes, möchte die Schlesingers wieder treffen

B. Abkürzungsverzeichnis / Glossar

1st, 2nd und 3rd paper: Damit sind folgende Veröffentlichungen de Sitters gemeint: [deSitter16], [deSitter17] und [deSitter18].

AbsG: Absorption von Gravitation

AIP: American Institute of Physics

Apastron: Größter Radius auf der Bahnellipse eines Doppelsterns, siehe [Herrmann98, S. 159]

Apsidenlinie: Verbindungslinie von Apastron und Periastron.

ART: Allgemeine Relativitätstheorie

BAAS: British Association for the Advancement of Science

(Bahn)Elemente eines Himmelskörpers: Sechs (bei Doppelsternen 7), die Bahn eines Himmelskörpers festlegende Angaben, siehe auch Abbildung B.1.¹ i : Bahnneigung gegen eine Grundebene (bei Planeten meist die Ekliptik, bei Doppelsternen die Ebene senkrecht zur Beobachtungsrichtung). Ω : Die Knotenlänge (Winkel) des aufsteigenden Knotens (bei Planeten vom Frühlingspunkt an gemessen, bei Doppelsternen siehe Abbildung B.1).² ω : Abstand (Winkel) zwischen Perihel (bzw. Periastron) und dem aufsteigenden Knoten. a : Die große Halbachse der Bahn. e : Die numerische Exzentrizität $\frac{c}{a}$. T : Zeit des Durchgangs durch den Perihel (bzw. Periastron). P : Umlaufzeit (Periode). Zusätzlich bei Doppelsternen, da die Massen unterschiedlich sind.

Coelostat: Montierung von Teleskopen: Mittels eines Spiegels wird das Licht in das stationäre Teleskop gelenkt, speziell bei Sonnenbeobachtungen verwendet.³

CPAE: Collected Papers of Albert Einstein

dS: Willem de Sitter

Epistemologie: Erkenntnistheorie. Zweig der Philosophie der untersucht, wie Wissen und Erkenntnisse prinzipiell zu erlangen und zu nutzen sind. Manchmal auch als Wissenschaftstheorie im Allgemeinen verstanden.

¹siehe [Herrmann98, S. 61], [Voigt88, S. 329]

²siehe [Herrmann98, S. 60f], [Voigt88, S. 329], [Karttunen03, S. 114]

³[Karttunen03, S. 55]

ETM: Electronic Theory of Matter, siehe [Warwick03].

Frühlingspunkt: (vernal equinox) Symbol: Υ . Schnittpunkt der Ekliptik mit dem Himmelsäquator, siehe [Herrmann98, S. 41].

fundamental astronomy: Astronomie, die sich mit der Bestimmung von Absolutpositionen von Sternen beschäftigt.¹, siehe **meridian astronomy**.

GDNÄ: Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte

Heliometer: “The latter device is a telescope whose lens has been sawn in half across a diameter. The two halves can be moved laterally by means of an accurately constructed screw head. Each half of the lens forms a star image and by bringing into coincidence the images of two stars (or a star and a planet), the angular distance between them can be measured with a high degree of precision.” [Warner79, S. 82]

IAU: International Astronomical Union

Knoten (der Bahn): (nodes) Schneidet man die Bahn eines Himmelskörpers mit der Bezugsebene (im Sonnensystem die Ekliptik, bei Doppelsternen die Ebene senkrecht zur Beobachtungsrichtung), so ergeben sich zwei Schnittpunkte, welche Knoten genannt werden, siehe [Herrmann98, S. 40f]. Der Knoten, bei dem der Körper die Ebene von unten nach oben durchschreitet ist der **aufsteigender Knoten** Ω (ascending node), der andere heißt entsprechend **absteigender Knoten** Υ (descending node). Bei Doppelsternen spricht man vom aufsteigenden Knoten, wenn sich die hellere Komponente dem Beobachter nähert bzw. der Knoten den kleineren Positionswinkel ($\theta < 180^\circ$) besitzt.

meridian astronomy: Der Zweig der Astronomie, der sich mit der genauen Positionsbestimmung (Rektaszension bzw. right ascension, Deklination bzw. declination) von Objekten am Himmel befasst. Dabei kamen spezielle Teleskope, “transit circle” oder auch “meridian circle” genannt, zum Einsatz. Diese Teleskope sind entlang eines Meridians ausgerichtet, d.h. die Drehachse ist in Ost-West Richtung fixiert, sodass das Teleskop nur in Nord-Süd Richtung auf dem Himmel ausgerichtet werden kann. Bei der Messung werden zwei Werte abgelesen: Der Zeitpunkt des Meridiandurchgangs eines Objektes und der dabei eingestellte Winkel des Teleskopes. Aus der Zeit wird dann die Rektaszension, aus dem Winkel die Deklination berechnet.²

MNRAS: Monthly Notices of the Royal Astronomical Society

natural measure: Gewöhnliche, orthogonale Koordinaten.³

Periastron: Kleinster Radius auf der Bahnellipse eines Doppelsterns, siehe [Herrmann98, S. 159].

¹[vanHerk83, S. 59]

²[Museum04a], 13.10.2004, bzw. [Karttunen03, S. 23/56]

³[RAS17, S. 425]

Photometrischer Effekt: Nach der ballistischen Theorie der Lichtemission von La Rosa auftretende Helligkeitsschwankungen bei Beobachtung eines sich periodisch bewegenden Himmelskörpers aufgrund der unterschiedlichen Lichtgeschwindigkeiten auf der Bahnkurve, siehe [La Rosa24b, S. 249].

positional astronomy: Astronomie, die sich mit der Bestimmung von Absolutpositionen von Sternen beschäftigt, siehe **meridian astronomy**.¹

proper motions (of stars): „Eigenbewegungen“ der Sterne senkrecht zur Beobachtungsrichtung, welche man durch den Vergleich von Aufnahmen, zwischen denen einige Zeit (z.T. Jahre bis Jahrzehnte) vergangen ist, bestimmen kann.²

proper-time: Die Eigenzeit wie von Minkowski definiert.³

RAS: Royal Astronomical Society

RP: Relativitätsprinzip

Säkulare Störungen: (secular perturbations) Störungen in der Bewegung eines Himmelskörpers, die immer in die gleiche Richtung wirken. Im Gegensatz dazu führen die *periodischen Störungen* zu Schwankungen eines Bahnelements um einen mittleren Wert.⁴

SHMA: Sources for History of Modern Astrophysics

SHQP: Sources for History of Quantum Physics

de Sitter effect: Meist ist damit die bei einem statischen Bezugssystem in der de Sitter Welt auftretenden Rotverschiebungen entfernter Objekte gemeint.⁵ Gelegentlich wird damit auch die von de Sitter vorhergesagte geodätische Präzession bezeichnet oder auch Bezug zu seiner Doppelsternbetrachtung genommen.

SRT: Spezielle Relativitätstheorie

Zöllner Photometer: Ein Hilfsinstrument zum Ermitteln der Größenklasse eines beobachteten Objektes: Eine künstliche Lichtquelle wird zum Vergleich mit dem Objekt in den Strahlengang des Teleskopes eingeblendet und so in der Helligkeit reguliert, dass sie mit der des Objektes übereinstimmt.⁶

¹[Museum04b], 13.10.2004

²[Museum04b], 13.10.2004

³[deSitter11c, S. 392]

⁴[Herrmann98, S. 61]

⁵Zu finden etwa in [Ellis90, S. 101] oder [Farell05, S. 232].

⁶[Herrmann98, S. 31], [deSitter99]

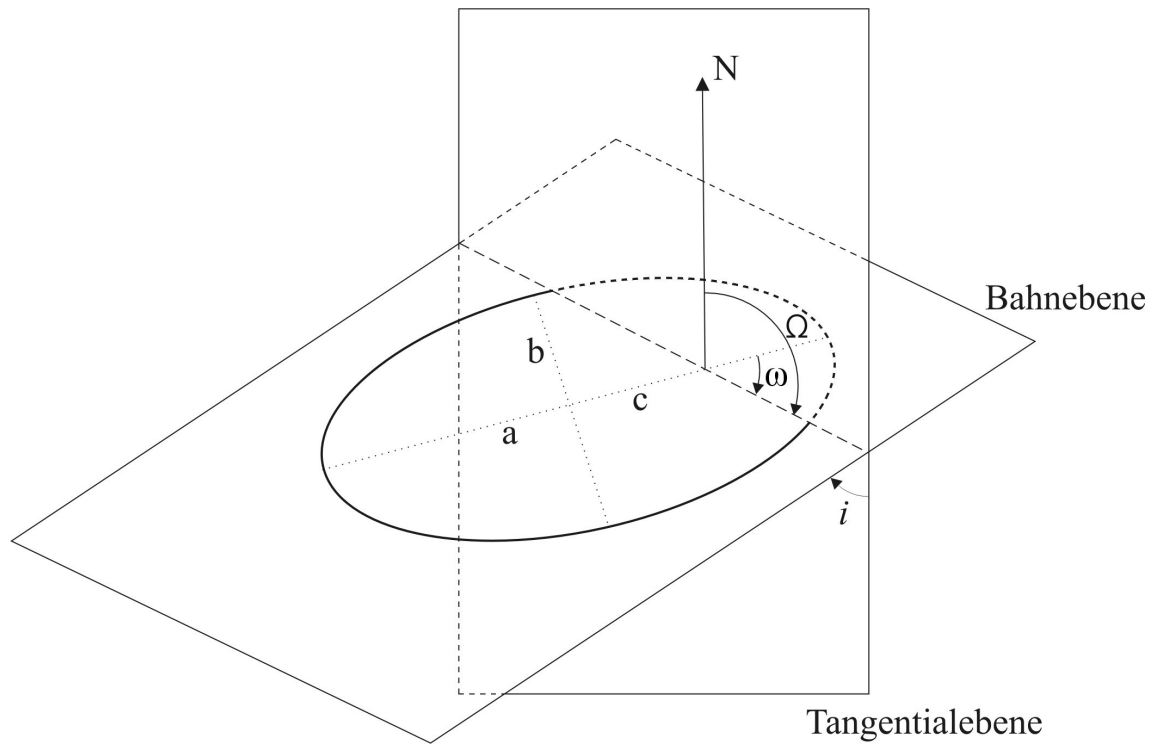


Abbildung B.1. – Bahnelemente bei Doppelsternen

C. Literaturverzeichnis

C.1. Bibliographie zu de Sitter

Die hier zusammengestellten bibliografischen Angaben zu de Sitter wurden von mir über mehrere Jahre zusammengetragen.¹ Da es nur wenige Zusammenstellungen von Veröffentlichungen de Sitters gibt, etwa in [Hins35], *Poggendorff's biographisch-literarisches Handwörterbuch* Bände 5 (1925), 6 (1940) und 7b (1985) oder [Blaauw75], mussten die Werke mühsam durch Literaturverweise in Quellen und Sekundärliteratur gesammelt werden.

Neben Werken wie [Kerszberg89b], [Einstein98], [Ellis89], [Lecat24] oder [Combridge65] war auch der in dem *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands (B.A.N.)* regelmäßig veröffentlichte Report des Direktors der Leidener Sternwarte (von 1919-1934) ein guter Ausgangspunkt. Inhaltsverzeichnisse von Zeitschriften, in denen er veröffentlicht hatte halfen ebenso wie bereits gefundene Artikel, in denen er selbst auf frühere oder weitere eigene Arbeiten verwies.

Eine ausgesprochen wertvolle Hilfe bei der Literaturrecherche allgemein war auch das *Astrophysical Data System* (ADS) der NASA, zu finden unter <http://adsabs.harvard.edu>. Dort kann man nicht nur nach astronomischen oder physikalischen Artikeln in der Datenbank suchen, sondern es liegen viele auch in eingescannter Form zum Herunterladen vor. In recht großem Umfang werden auch längst nicht mehr existente astronomische Zeitschriften in digitaler Form vorgehalten.

Historische Zeitungsartikel aus Holland lassen sich inzwischen über die Königliche Bibliothek der Niederlande unter <http://kranten.kb.nl/index.html> im Volltext durchsuchen und digital abrufen.

Die Royal Academy of Sciences Amsterdam (*Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam*) veröffentlichte zwei Zeitschriften: Eine auf Holländisch, *Verlag van de gewone vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde*², und eine auf Englisch: *Proceedings of the Section of Sciences*. Letztere enthielt englische Übersetzungen von Artikeln, die ursprünglich ersterer erschienen waren. Nachdem die Zeitschrift *B.A.N.* verfügbar war (1921), erschienen die englischsprachigen Pendant zu niederländischen Artikeln de Sitters (die Artikel unterscheiden sich durchaus in Länge und inhaltlichen Details) statt in den *Proceedings* zum Teil dort.³ Man kann viele der Akademie-Artikel von de Sitter inzwischen über <http://www.historyofscience.nl/> herunterladen.

¹Die Reihenfolge der Auflistung entspricht nicht notwendigerweise der Publikationsreihenfolge.

²Zumindest 1915 hatte diese einen etwas anderen Titel: *Verlag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling*

³Nach einem Brief von Fokker an Lorentz vom 21.02.1920 schrieb de Sitter seine Artikel immer zunächst

Die folgende Auflistung umfasst alle gefundenen Dokumente, nicht nur die im Text zitierten.

- [deSitter99] DE SITTER, WILLEM, “On the use of the Electric Light for the Artificial Star of a Zöllner Photometer”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **59** (1899), 6, S. 341–45.
- [deSitter00a] DE SITTER, WILLEM, “On isochromatic plates”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1900), 3, S. 23–26.
- [deSitter00b] DE SITTER, WILLEM, “On the systematic difference, depending on galactic latitude, between the photographic and visual magnitudes of the stars”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1900), 2, S. 1–22.
- [deSitter01a] DE SITTER, WILLEM, *Discussion of heliometer-observations of Jupiter’s Satellites, made by Sir David Gill K.C.B. and W. H. Finlay M.A.* J.B. Wolters, Groningen (1901).
- [deSitter01b] DE SITTER, WILLEM, “The Determination of Jupiter’s Mass from the Cape Observations”. *The Observatory* **24** (1901), S. 448–452.
- [deSitter01c] DE SITTER, WILLEM, “The Orbits of Jupiter’s Satellites”. *The Observatory* **24** (1901), S. 341–45.
- [deSitter02a] DE SITTER, WILLEM, “Jupiter’s Mass”. *The Observatory* **25** (1902), S. 166. Leserbrief.
- [deSitter02b] DE SITTER, WILLEM, “The Determination of Jupiter’s Mass from the Cape Observations”. *The Observatory* **25** (1902), S. 50–54. Leserbrief.
- [deSitter02c] DE SITTER, WILLEM und KAPTEYN, J.C., “Parallaxes of the clusters η and χ Persei, of Groombridge 745, 61 Cygni, and surrounding stars, contained on photographs prepared by Prof. A. Donner, measured and discussed by Prof. J.C. Kapteyn and W. de Sitter Sc.D.” *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1902), 10, S. 7–59.
- [deSitter03a] DE SITTER, WILLEM, “Suspected Variable Stars”. *Astronomische Nachrichten* **162** (1903), S. 205–6.
- [deSitter03b] DE SITTER, WILLEM, “Über die Intensitätskurve bei Beobachtungen mit dem Zöllnerschen Photometer”. *Astronomische Nachrichten* **163** (1903), 3893-94, S. 65–82.
- [deSitter03c] DE SITTER, WILLEM, “Über eine kleine Modifikation der Formeln zur Berechnung der speziellen Störungen der Elemente für kleine Excentricitäten und Neigungen”. *Astronomische Nachrichten* **163** (1903), S. 105–8.

auf Englisch um sie dann ins Holländische zurück zu übersetzen, was er als ökonomischer einschätzte.

- [deSitter04a] DE SITTER, WILLEM, “Über die von der Anziehung von Sonne und Mond herrührenden Breitenvariationen”. *Astronomische Nachrichten* **166** (1904), S. 331–4.
- [deSitter04b] DE SITTER, WILLEM und INNES, ROBERT T.A., “Investigation of the systematic difference between the photographic and visual magnitudes of the stars depending on the galactic latitude, based on photometric observations by W. de Sitter, visual estimates by R.T.A. Innes, and photographs taken at the Cape Observatory, together with catalogues of the photometric and photographic magnitudes of 791 stars”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1904), 12, S. 1–169.
- [deSitter04c] DE SITTER, WILLEM und KAPTEYN, J.C., “The proper motions of the Hyades, derived from plates prepared by Prof. Anders Donner, measured and discussed by Prof. J.C. Kapteyn and W. de Sitter Sc.D.” *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1904), 14, S. 1–87.
- [deSitter05a] DE SITTER, WILLEM, “On a remarkable Error in Damoiseau’s Tables of Jupiter’s Satellites and in the ‘Mechanique Celeste’”. *The Observatory* **28** (1905), S. 61–62. Leserbrief.
- [deSitter05b] DE SITTER, WILLEM, “Over de Liberatie der drie binnenste Satellieten van Jupiter, en eene nieuwe methode ter bepaling van de massa van Satelliet I”. *Handelingen van het 10e Nederlands Natuur- en Geneeskundig Congres (Arnhem 1905)* (1905), S. 125–128.
- [deSitter05c] DE SITTER, WILLEM, “Über die Helligkeit der Jupitersatelliten”. *Astronomische Nachrichten* **168** (1905), S. 291–2.
- [deSitter06a] DE SITTER, WILLEM, “A Determination of the Inclinations and Nodes of the Orbits of Jupiter’s Satellites”. *Annals of the Cape Observatory* **12** (1906), 3, S. 1–139.
- [deSitter06b] DE SITTER, WILLEM, “On the orbital planes of Jupiter’s satellites”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **8** (1906), S. 767–80. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter06c].
- [deSitter06c] DE SITTER, WILLEM, “Over de baanvlakken der Jupiter-Satellieten”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **14** (1906), S. 787–99. Niederländisches Pendant zu [deSitter06b].
- [deSitter06d] DE SITTER, WILLEM, “Tables for photographic parallax-observations”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1906), 15, S. 3–12.

- [deSitter07a] DE SITTER, WILLEM, “On the libration of the three inner large satellites of Jupiter”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1907), 17, S. 1–119.
- [deSitter07b] DE SITTER, WILLEM, “Over enkele punten uit de theorie der Jupitersatellieten”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **16** (1907), S. 110–22. Niederländisches Pendant zu [deSitter08c].
- [deSitter07c] DE SITTER, WILLEM, “Over periodieke banen van den Hestia-typus”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **16** (1907), S. 35–44. Niederländisches Pendant zu [deSitter08b].
- [deSitter08a] DE SITTER, WILLEM, *De nieuwe methoden in de mechanica der hemellichamen*. Hoitsema, Groningen (1908).
- [deSitter08b] DE SITTER, WILLEM, “On periodic orbits of the type Hestia”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **10** (1908), S. 47–56. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter07c].
- [deSitter08c] DE SITTER, WILLEM, “On some points in the theory of Jupiter’s satellites”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **10** (1908), S. 95–107. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter07b].
- [deSitter08d] DE SITTER, WILLEM, “On the masses and elements of Jupiter’s Satellites, and the mass of the system”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **10** (1908), S. 653–73. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter08f].
- [deSitter08e] DE SITTER, WILLEM, “On the masses and elements of Jupiter’s Satellites, and the mass of the system (continued)”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **10** (1908), S. 710–29. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter08g].
- [deSitter08f] DE SITTER, WILLEM, “Over de massa’s en baanelementen der satellieten van Jupiter”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **16** (1908), S. 579–99. Niederländisches Pendant zu [deSitter08d].
- [deSitter08g] DE SITTER, WILLEM, “Over de massa’s en baanelementen der satellieten van Jupiter, en de massa van het systeem (Vervolg van bladz. 599)”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **16** (1908), S. 709–28. Niederländisches Pendant zu [deSitter08e].

- [deSitter08h] DE SITTER, WILLEM und KAPTEYN, J.C., “The parallaxes of 3650 stars of different galactic latitudes, derived from plates prepared by Prof. Anders Donner, measured and discussed by Prof. J.C. Kapteyn and Dr. W. de Sitter. With an Appendix containing rules for the treatment of parallax-plates and a graphical table of parallax-coefficients”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1908), 20, S. 1–30.
- [deSitter08i] DE SITTER, WILLEM und KAPTEYN, J.C., “The proper motions of 3300 stars of different galactic latitudes, derived from photographic plates prepared by Prof. Anders Donner, measured and discussed by Prof. J.C. Kapteyn and Dr. W. de Sitter”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1908), 19, S. 1–T112.
- [deSitter09a] DE SITTER, WILLEM, “On the periodic solutions of a special case of the problem of four bodies”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **11** (1909), S. 682–98. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter09b].
- [deSitter09b] DE SITTER, WILLEM, “Over de periodieke oplossingen van een special geval van het vier-lichamen-vraagstuk”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **17** (1909), S. 752–69. Niederländisches Pendant zu [deSitter09a].
- [deSitter09c] DE SITTER, WILLEM und KAPTEYN, J.C., “The parallax of the Hyades, derived from photographic plates prepared by Prof. Anders Donner at Helsingfors, and Prof. F. Kuestner at Bonn, measured and discussed by Prof. J.C. Kapteyn and Dr. W. de Sitter”. *Publications of the Astronomical Laboratory at Groningen* (1909), 23, S. 7–56.
- [deSitter10] DE SITTER, WILLEM, “On the Formulae for the comparison of Observed Phenomena of Jupiter’s Satellites with Theory”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **71** (1910), 1, S. 85–101.
- [deSitter11a] DE SITTER, WILLEM, “Errata zu On the bearing of the Principle of Relativity on Gravitational Astronomy”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **71** (1911), S. 524.
- [deSitter11b] DE SITTER, WILLEM, “Note on Prof. Sampson’s note”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **71** (1911), 7, S. 602–3.
- [deSitter11c] DE SITTER, WILLEM, “On the bearing of the Principle of Relativity on Gravitational Astronomy”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **71** (1911), 5, S. 388–415. Auch als PDF.

- [deSitter11d] DE SITTER, WILLEM, “On the Harvard Eclipses of Jupiter’s Satellite IV”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **71** (1911), 7, S. 596–601.
- [deSitter12a] DE SITTER, WILLEM, “Absorptie van gravitatie en de lengte van de maan”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **21** (1912), S. 737–52. Niederländisches Pendant zu [deSitter13e].
- [deSitter12b] DE SITTER, WILLEM, “Absorptie van gravitatie en de lengte van de maan. (Vervolg)”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **21** (1912), S. 1019–35. Niederländisches Pendant zu [deSitter13f].
- [deSitter12c] DE SITTER, WILLEM, “Absorption of Gravitation”. *The Observatory* **35** (1912), 454, S. 387–93.
- [deSitter13a] DE SITTER, WILLEM, “A proof of the constancy of the velocity of light”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **15.2** (1913), S. 1297–98. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter13c].
- [deSitter13b] DE SITTER, WILLEM, “Dokasatelstwo neismennosti skorosti sweta”. *Zurnal russkogo fiziko-chimiceskogo Obcestva pri Leningradskom Universitete. Cast’ fiziceskaja* **45** (1913), S. 147–8. Vermutl. Übersetzung von [deSitter13a].
- [deSitter13c] DE SITTER, WILLEM, “Een bewijs voor de onveranderlijkheid van de snelheid van het licht”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **21** (1913), S. 1188–89. Niederländisches Pendant zu [deSitter13a].
- [deSitter13d] DE SITTER, WILLEM, “Ein astronomischer Beweis für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit”. *Physikalische Zeitschrift* **14** (1913), S. 429.
- [deSitter13e] DE SITTER, WILLEM, “On absorption of gravitation and the moon’s longitude. (Part I)”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **15.2** (1913), S. 808–24. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter12a].
- [deSitter13f] DE SITTER, WILLEM, “On absorption of gravitation and the moon’s longitude. (Part II)”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **15.2** (1913), S. 824–39. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter12b].

- [deSitter13g] DE SITTER, WILLEM, “On canonical elements”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **16** (1913), S. 279–91. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter13i].
- [deSitter13h] DE SITTER, WILLEM, “On the constancy of the velocity of light”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **16** (1913), S. 395–96. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter13j].
- [deSitter13i] DE SITTER, WILLEM, “Over canonicke elementen”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **22** (1913), S. 344–56. Niederländisches Pendant zu [deSitter13g].
- [deSitter13j] DE SITTER, WILLEM, “Over de onveranderlijkheid van de snelheid van het licht”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **22** (1913), S. 425–27. Niederländisches Pendant zu [deSitter13h].
- [deSitter13k] DE SITTER, WILLEM, “Some Problems of Astronomy. VII. The secular Variations of the Elements of the four inner Planets”. *The Observatory* **36** (1913), 463, S. 296–303.
- [deSitter13l] DE SITTER, WILLEM, “Über die Genauigkeit, innerhalb welcher die Unabhängigkeit der Lichtgeschwindigkeit von der Bewegung der Quelle behauptet werden kann”. *Physikalische Zeitschrift* **14** (1913), S. 1267.
- [deSitter14a] DE SITTER, WILLEM, “Derivation of final inclinations and nodes of the orbital planes of Jupiter’s satellites from the Cape observations of 1891, 1901, 1902, 1903 and 1904”. *Annals of the Cape Observatory* **12** (1914), 5, S. 1–19.
- [deSitter14b] DE SITTER, WILLEM, “Opmerkingen naar aanleiding der berekeningen van den Heer WOLTJER over de hypothese van SEELIGER”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **22** (1914), S. 1239–43. Niederländisches Pendant zu [deSitter15i].
- [deSitter14c] DE SITTER, WILLEM und DE JONG, C., *Inleiding tot de methode der kleinste kwadraten*. Brill, Leiden (1914).
- [deSitter15a] DE SITTER, WILLEM, “De beweging van het perigaeum en den knoop, en de samenstelling van de maan”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **23.2** (1915), S. 1360–72. Niederländisches Pendant zu [deSitter15k].

- [deSitter15b] DE SITTER, WILLEM, “On Isostasy, the Moments of Inertia, and the Compression of the Earth”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 1295–1308. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter15g].
- [deSitter15c] DE SITTER, WILLEM, “On the figure of the planet Jupiter”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 1047–50. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter15f].
- [deSitter15d] DE SITTER, WILLEM, “On the mean radius of the earth, the intensity of gravity, and the moon’s parallax”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 1291–1295. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter15e].
- [deSitter15e] DE SITTER, WILLEM, “Over den gemiddelden straal der aarde, de versnelling der zwaartekracht en de parallax van de maan.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **23.2** (1915), S. 1342–46. Niederländisches Pendant zu [deSitter15d].
- [deSitter15f] DE SITTER, WILLEM, “Over den vorm van de planeet Jupiter”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **23.2** (1915), S. 1054–57. Niederländisches Pendant zu [deSitter15c].
- [deSitter15g] DE SITTER, WILLEM, “Over isostasie, de traagheidsmomenten en de afplatting van de aarde”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **23.2** (1915), S. 1346–59. Niederländisches Pendant zu [deSitter15b].
- [deSitter15h] DE SITTER, WILLEM, “Proposal for a new method of determining the constant of aberration”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **75** (1915), 6, S. 458–64.
- [deSitter15i] DE SITTER, WILLEM, “Remarks on Mr. WOLTJER’s paper concerning SEELIGER’s hypothesis”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 33–37. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter14b].
- [deSitter15j] DE SITTER, WILLEM, “Some Problems of Astronomy. XX. The figure of the earth and some related astronomical constants”. *The Observatory* **38** (1915), 490, S. 315–22.
- [deSitter15k] DE SITTER, WILLEM, “The Motions of the Lunar Perigee and Node, and the Figure of the Moon”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te*

- Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 1309–1320. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter15a].
- [deSitter15l] DE SITTER, WILLEM, “[Topic] The Figure of the Earth”. *The Observatory* **38** (1915), 492, S. 397–98. Leserbrief.
- [deSitter15m] DE SITTER, WILLEM, GILL, DAVID und FINLAY, W.H., “Determination of the mass of Jupiter and Elements of the Orbits of its Satellites from Observations made with the Cape Heliumeter”. *Annals of the Cape Observatory* **12** (1915), 1, S. 1–173.
- [deSitter16a] DE SITTER, WILLEM, “De planetenbeweging en de beweging van de maan volgens de theorie van EINSTEIN”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25.1** (1916), S. 232–45. Niederländisches Pendant zu [deSitter16e], Rezension in *JFM* **46**, S. 1333.
- [deSitter16b] DE SITTER, WILLEM, “De relativiteit der rotatie in de theorie van EINSTEIN”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25.1** (1916), S. 499–504. Niederländisches Pendant zu [deSitter17c], Rezension in *JFM* **46**, S. 1335.
- [deSitter16c] DE SITTER, WILLEM, “On the orbital planes of Jupiter’s Satellites, as derived from measurements made at Berlin”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **18.2** (1916), S. 1012–17.
- [deSitter16d] DE SITTER, WILLEM, “Over de baanvlakken der Jupitersatellieten afgeleid uit Berlijnsche metingen”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **24.2** (1916), S. 1004–9.
- [deSitter16e] DE SITTER, WILLEM, “Planetary motion and the motion of the moon according to EINSTEIN’s theory”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1916), S. 367–81. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter16a].
- [deSitter16f] DE SITTER, WILLEM, “Ruimte, tijd en gravitatie”. *Wiskundig Tijdschrift* **13** (1916), S. 113–24.
- [deSitter16g] DE SITTER, WILLEM, “Space, Time, and Gravitation”. *The Observatory* **39** (1916), 505, S. 412–19.
- [deSitter16h] DE SITTER, WILLEM, “The longitudes of Jupiter’s satellites derived from photographic plates taken at the Cape Observatory in the year 1913”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **76** (1916), 6, S. 448–468.

- [deSitter17a] DE SITTER, WILLEM, “Errata in Prof. de Sitter’s Papers on “Einstein’s Theory of Gravitation””. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **77** (1917), S. 481. Errata zu 1st und 2nd paper.
- [deSitter17b] DE SITTER, WILLEM, “On the relativity of inertia. Remarks concerning Einstein’s latest hypothesis”. *Proceedings of the Royal Academy of Sciences Amsterdam* **19** (1917), S. 1217–1225. Übersetzung von [deSitter17e].
- [deSitter17c] DE SITTER, WILLEM, “On the relativity of rotation in EINSTEIN’s theory”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 527–32. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter16b], Review in [N.N.17c].
- [deSitter17d] DE SITTER, WILLEM, “Over de kromming der ruimte”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **26.1** (1917), S. 222–36. Niederländisches Pendant zu [deSitter18f], Rezension in *JFM* **46**, S. 1339.
- [deSitter17e] DE SITTER, WILLEM, “Over de relativiteit der traagheid: Beschouwingen naar aanleiding van Einstein’s laatste hypothese”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25.2** (1917), S. 1268–76. Niederländisches Pendant zu [deSitter17b], Rezension in *JFM* **46**, S. 1336.
- [deSitter17f] DE SITTER, WILLEM, “The Motion of the Perihelion in the Classical Theory of Relativity”. *The Observatory* **40** (1917), 516, S. 302–303. Leserbrief zu einem Artikel von L. Silberstein.
- [deSitter18a] DE SITTER, WILLEM, “Jacobus Cornelius Kapteyn”. *Nieuwe Rotterdamse Courant* (19.02.1918).
- [deSitter18b] DE SITTER, WILLEM, “Addendum zu [Schouten18b]”. *Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **27** (1918), S. 219–20.
- [deSitter18c] DE SITTER, WILLEM, “Addendum zu [Schouten18a]”. *Proceedings of the Section of Sciences* **21** (1918), S. 538–9.
- [deSitter18d] DE SITTER, WILLEM, “Further remarks on the solutions of the field equations of Einstein’s theory of gravitation”. *Proceedings of the Royal Academy of Sciences Amsterdam* **20** (1918), S. 1309–1312.
- [deSitter18e] DE SITTER, WILLEM, “Nadere opmerkingen omtrent de oplossingen der veldvergelijkingen van Einstein’s gravitatie-theorie”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **26.2** (1918), S. 1472–75. Niederländisches Pendant zu [deSitter18d], Rezension in *JFM* **46**, S. 1342.

- [deSitter18f] DE SITTER, WILLEM, “On the curvature of space”. *Proceedings of the Royal Academy of Sciences Amsterdam* **20** (1918), S. 229–243.
- [deSitter18g] DE SITTER, WILLEM, “Outlines of a new mathematical theory of Jupiter’s satellites”. *Annalen van de Sterrewacht te Leiden* **12** (1918), 1, S. 1–53.
- [deSitter18h] DE SITTER, WILLEM, “Outlines of a new theory of Jupiter’s satellites”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **20** (1918), S. 1289–99. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter18k].
- [deSitter18i] DE SITTER, WILLEM, “Outlines of a new theory of Jupiter’s satellites (Continued)”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **20** (1918), S. 1300–08. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter18j].
- [deSitter18j] DE SITTER, WILLEM, “Schets eener nieuwe theorie der Satellieten van Jupiter. II.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **26.2** (1918), S. 1476–84. Niederländisches Pendant zu [deSitter18i].
- [deSitter18k] DE SITTER, WILLEM, “Schets eener nieuwe theorie der satelliten van Jupiter”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **26.2** (1918), S. 1374–84. Niederländisches Pendant zu [deSitter18h].
- [deSitter18l] DE SITTER, WILLEM und KAPTEYN, J.C., “Aan het Bestuur der Wis- en Natuurkundige Afdeeling van de Koninklijke Akademie van Wetenschappen”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **27** (1918), S. 580.
- [deSitter19a] DE SITTER, WILLEM, “Theorie der Satellieten van Jupiter. I. De intermediaire baan”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **27** (1919), S. 1204–11. Niederländisches Pendant zu [deSitter19c].
- [deSitter19b] DE SITTER, WILLEM, “Theorie der Satellieten van Jupiter. II. De variaties”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **28** (1919), 2, S. 195–200. Niederländisches Pendant zu [deSitter20d].
- [deSitter19c] DE SITTER, WILLEM, “Theory of Jupiter’s Satellites. I. The intermediary orbit”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **21** (1919), S. 1156–63. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter19a].

- [deSitter20a] DE SITTER, WILLEM, “Absorption of Gravitation”. *The Observatory* **43** (1920), 557, S. 363. Leserbrief zu Bemerkung auf S. 286.
- [deSitter20b] DE SITTER, WILLEM, “On the Einstein Terms in the Motion of the Lunar Perigee”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **81** (1920), 1, S. 102. Korrektur einer Gleichung aus [deSitter17].
- [deSitter20c] DE SITTER, WILLEM, “Over de mogelijkheid van statistisch evenwicht van het heelal”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **29** (1920), 5, S. 651–53. Niederländisches Pendant zu [deSitter21b].
- [deSitter20d] DE SITTER, WILLEM, “Theory of Jupiter’s Satellites. II. The variations.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **22** (1920), 3, S. 236–241. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter19b].
- [deSitter21a] DE SITTER, WILLEM, “De bouw van het sterrenstelsel”. *De Gids* **III** (1921), S. 128–144.
- [deSitter21b] DE SITTER, WILLEM, “On the possibility of statistical equilibrium of the universe”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **23** (1921), S. 866–68. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter20c].
- [deSitter21c] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the period from May 1 1919 to August 31 1921”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **1** (1921), 2, S. 5–12.
- [deSitter21d] DE SITTER, WILLEM, “Space, time and gravitation”. In: BIRD, JAMES MALCOLM (Hrsg.) *Einstein’s Theory of Relativity and Gravitation. A selection of material from the essays submitted in the competition for the Eugene Higgins Price of \$ 5000*, Scientific American Publishing Co., New York (1921), S. 206–217.
- [deSitter22a] DE SITTER, WILLEM, “Jacobus Cornelius Kapteyn †”. *Hemel en Dampkring* **20** (1922), S. 98–111.
- [deSitter22b] DE SITTER, WILLEM, “Preliminary determination of the mass of Jupiter’s fourth satellite from a discussion of old observations of eclipses of satellite III”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **1** (1922), 4, S. 17–19.
- [deSitter23a] DE SITTER, WILLEM, “Problems of Fundamental Astronomy”. *Nature* **112** (1923), 2804, S. 147–48. Entstanden aus Vorlesungen in London und Edinburgh, siehe [deSitter24], S. 35].

- [deSitter23b] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the period from September 1 1921 to December 31 1922”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **1** (1923), 32, S. 181–87.
- [deSitter24a] DE SITTER, WILLEM, “De lengte der satellieten van Jupiter, bepaald uit photographische platen genomen op de Sterrewachten aan de Kaap, te Greenwich en te Leiden”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **33** (1924), S. 609–13.
- [deSitter24b] DE SITTER, WILLEM, “Doppler’s principle and the ballistic theory of light”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 64, S. 163–64. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter24d].
- [deSitter24c] DE SITTER, WILLEM, “Hendrik Gerard van de Sande Bakhuyzen”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **84** (1924), S. 226–30.
- [deSitter24d] DE SITTER, WILLEM, “Het principe van Doppler en de ballistische lichttheorie”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **33** (1924), S. 607–8. Niederländisches Pendant zu [deSitter24b].
- [deSitter24e] DE SITTER, WILLEM, “Jacobus Cornelius Kapteyn”. *Vierteljahresschrift der Astronomischen Gesellschaft* **58** (1924), S. 162–90.
- [deSitter24f] DE SITTER, WILLEM, “On the flattening and constitution of the earth”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 55, S. 97–108.
- [deSitter24g] DE SITTER, WILLEM, “On the flattening and the constitution of the earth”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **27** (1924), S. 233–47. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter24i].
- [deSitter24h] DE SITTER, WILLEM, “On the parallelism between radial velocity and intensity of light”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **27** (1924), S. 291–92. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter24j].
- [deSitter24i] DE SITTER, WILLEM, “Over de afplating en de samenstelling der aarde”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **33** (1924), S. 169–83. Niederländisches Pendant zu [deSitter24g].
- [deSitter24j] DE SITTER, WILLEM, “Over het parallelisme tusschen radieele snelheid en lichtintensiteit”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **33** (1924), S. 384–85.

- [deSitter24k] DE SITTER, WILLEM, “Radial velocity and intensity of light”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 57, S. 121–122.
- [deSitter24l] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1923”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 46, S. 31–36.
- [deSitter24m] DE SITTER, WILLEM, “The longitudes of Jupiter’s Satellites derived from photographic plates take at Leiden in 1922”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 62, S. 153–56.
- [deSitter24n] DE SITTER, WILLEM, “The longitudes of Jupiter’s satellites derived from photographic plates taken at the Cape Observatory in the years 1914 and 1915”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 50, S. 61–74.
- [deSitter24o] DE SITTER, WILLEM, “The longitudes of Jupiter’s satellites derived from photographic plates taken at the Royal Observatory, Greenwich, in the years 1916 and 1918-19”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1924), 61, S. 141–152.
- [deSitter24p] DE SITTER, WILLEM, “The Royal Astronomical Society”. *The Observatory* **47** (1924), S. 122–25.
- [deSitter24q] DE SITTER, WILLEM, *Toespraak bij de inwijding van de gereorganiseerde sterrewacht te Leiden door zijne excellentie den minister van Onderwijs, Kunsten en Wetenschappen op 18 September 1924*. Enschedé en Zonen, Haarlem (1924).
- [deSitter25a] DE SITTER, WILLEM, “A biography of Kapteyn”. *The Observatory* **48** (1925), S. 293–94. Leserbrief.
- [deSitter25b] DE SITTER, WILLEM, “De Sterrekunde aan de Leidsche Universiteit”. In: *Pallas Leidensis MCMXXV*, Van Doesburgh, Leiden (1925), S. 189–96.
- [deSitter25c] DE SITTER, WILLEM, “Description of the printing chronograph”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1925), 84, S. 27–34.
- [deSitter25d] DE SITTER, WILLEM, “New mathematical theory of Jupiter’s satellites. I and II: The intermediary orbit and the variations”. *Annalen van de sterrewacht te Leiden* **12** (1925), 3.
- [deSitter25e] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1924”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **2** (1925), 72, S. 187–92.

- [deSitter25f] DE SITTER, WILLEM und OORT, J.H., “Provisional scheme for the determination of fundamental declinations from azimuth observations”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1925), 81, S. 1–6. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter25g].
- [deSitter25g] DE SITTER, WILLEM und OORT, J.H., “Voorloopig schema voor de bepaling van fundamentele declinaties uit azimuth-waarnemingen”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **34** (1925), S. 584–91. Niederländisches Pendant zu [deSitter25f].
- [deSitter26a] DE SITTER, WILLEM, “De baanvlakken der Jupitersatellieten”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **35** (1926), S. 880–85. Niederländisches Pendant zu [deSitter26j].
- [deSitter26b] DE SITTER, WILLEM, “De breedtes der satellieten van Jupiter bepaald uit photographische platen genomen op de sterrewachten te Greenwich en aan de Kaap”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **35** (1926), S. 680–81.
- [deSitter26c] DE SITTER, WILLEM, *De eenheid der wetenschap*. J.B. Wolters’ U.M., Groningen, Den Haag (1926). Auch in *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden* (1926), S. 94–114.
- [deSitter26d] DE SITTER, WILLEM, “De lengtes der Satellieten van Jupiter afgeleid uit photographische platen opgenomen aan de Sterrewacht te Pulkowa in 1904 tot 1910”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **35** (1926), S. 886–7. Niederländisches Pendant zu [deSitter26o].
- [deSitter26e] DE SITTER, WILLEM, “De lengtes der satelliten van Jupiter bepaald uit photographische platen genomen op de sterrewacht aan de Kaap”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **35** (1926), S. 679.
- [deSitter26f] DE SITTER, WILLEM, “Further note on the printing chronograph”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 89, S. 72–73.
- [deSitter26g] DE SITTER, WILLEM, “Huldiging van Professor Lorentz bij de Herdenking van zijn 50-jarig Doctoraat 11 December 1925”. *Physica* **6** (1926), S. 1–5.
- [deSitter26h] DE SITTER, WILLEM, “Rede van den Rector Magnificus Dr. W. de Sitter bij de overdracht van het rectoraat aan Mr. M.E. Meyers op 20 September 1926.” *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden* (1926), S. 191–203.

- [deSitter26i] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1925”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 92, S. 91–96.
- [deSitter26j] DE SITTER, WILLEM, “The orbital planes of Jupiter’s Satellites”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 102, S. 157–162. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter26a].
- [deSitter26k] DE SITTER, WILLEM, “Toesprak van den Rector Magnificus Dr. W. de Sitter, ter opening van de amerikaansche week op 5 Juli 1926.” *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden* (1926), S. 117–19.
- [deSitter26l] DE SITTER, WILLEM, “Toesprak van den Rector Magnificus Dr. W. de Sitter tot den Zuid-Afrikaansche studenten op 26 Januari 1926”. *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden* (1926), S. 115–16.
- [deSitter26m] DE SITTER, WILLEM und PELS, G., “The latitudes of Jupiter’s Satellites derived from photographic plates taken at the Royal Observatory, Cape of Good Hope, in the year 1924”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 99, S. 141–46. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter26d].
- [deSitter26n] DE SITTER, WILLEM und PELS, G., “The latitudes of Jupiter’s Satellites derived from photographic plates taken at the Royal Observatory, Greenwich, in the years 1918-19”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 99, S. 133–141.
- [deSitter26o] DE SITTER, WILLEM und PELS, G., “The longitudes of Jupiter’s Satellites derived from photographic plates taken at the Observatory at Pulkovo in the years 1904 to 1910”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 105, S. 169–176.
- [deSitter26p] DE SITTER, WILLEM und PELS, G., “The longitudes of Jupiter’s Satellites derived from photographic plates taken at the Royal Observatory, Cape of Good Hope, in 1924”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1926), 93, S. 97–101.
- [deSitter27a] DE SITTER, WILLEM, “De seculaire acceleraties en de fluctuaties in de lengtes van de maan, de zon, Venus en Mercurius, en de rotatie der aarde”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **36** (1927), S. 451–64. Niederländisches Pendant zu [deSitter27e].
- [deSitter27b] DE SITTER, WILLEM, “Further note on the causes of the discontinuous changes of the earth’s rotation and their possible effect on the intensity of gravity”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **4** (1927), 130, S. 69–70.

- [deSitter27c] DE SITTER, WILLEM, “On the longitude of the sun in the years 1864-1900, and the rotation of the earth”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **4** (1927), 127, S. 49–50.
- [deSitter27d] DE SITTER, WILLEM, “On the most probable values of some astronomical constants, first paper, constants connected with the earth”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **4** (1927), 129, S. 57–61.
- [deSitter27e] DE SITTER, WILLEM, “On the secular accelerations and the fluctuations of the longitudes of the moon, the sun, Mercury and Venus”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **4** (1927), 124, S. 21–38. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter27a].
- [deSitter27f] DE SITTER, WILLEM, “Onregelmatigheden in de rotatie der aarde afgeleid uit de lengtes der Satellieten van Jupiter”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **36** (1927), S. 12–28.
- [deSitter27g] DE SITTER, WILLEM, “Over den astronomischen tijd”. *Hemel en Dampkring* **25** (1927), S. 129–36.
- [deSitter27h] DE SITTER, WILLEM, “Over den astronomischen tijd en de wentelende aarde”. *Haagsch Maandblad* **8** (1927), 5, S. 495–509.
- [deSitter27i] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1926”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1927), 116, S. 239–45.
- [deSitter27j] DE SITTER, WILLEM, “Summary of the results derived from a discussion of the longitudes of Jupiter’s Satellites, with special reference to the rotation of the earth”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **3** (1927), 117, S. 247–57.
- [deSitter27k] DE SITTER, WILLEM, “The Flattening of the Earth”. *The Observatory* **50** (1927), S. 223. Leserbrief.
- [deSitter28a] DE SITTER, WILLEM, “On the Rotation of the Earth and Astronomical Time”. *Nature, Supplement* **121** (1928), 3038, S. 99–106.
- [deSitter28b] DE SITTER, WILLEM, “Orbital elements determining the longitudes of Jupiter’s Satellites, derived from observations”. *Annalen van de Sterrewacht te Leiden* **16** (1928), 2, S. 1–94.
- [deSitter28c] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1927”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **4** (1928), 142, S. 129–134.

- [deSitter29a] DE SITTER, WILLEM, “Address by the President of the Union, Prof. W. de Sitter”. In: STRATTON, F.J.M. (Hrsg.) *Transactions of the International Astronomical Union*, Band 3, International Astronomical Union, Cambridge University Press, Cambridge, S. 207–8.
- [deSitter29b] DE SITTER, WILLEM, “Corrections à appliquer au temps astronomique pour le changer en temps Newtonien ou uniforme”. In: STRATTON, F.J.M. (Hrsg.) *Transactions of the International Astronomical Union*, Band 3, International Astronomical Union, Cambridge University Press, Cambridge, S. 40–43.
- [deSitter29c] DE SITTER, WILLEM, “De eclips van 9 Mei”. *Hemel en Dampkring* **27** (1929), S. 196–97.
- [deSitter29d] DE SITTER, WILLEM, “Discussion of old eclipses of Jupiter’s Satellites”. *Annalen van de Sterrewacht te Leiden* **16** (1929), 4, S. 1–80.
- [deSitter29e] DE SITTER, WILLEM, “[Eröffnungsrede zur General Assembly]”. In: STRATTON, F.J.M. (Hrsg.) *Transactions of the International Astronomical Union*, Band 3, International Astronomical Union, Cambridge University Press, Cambridge, S. 209–13.
- [deSitter29f] DE SITTER, WILLEM, “Kein Titel. „Kort Verslag over de waarneming van de Idi van de eclips van 9 Mei“”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeling Natuurkunde* **38** (1929), S. 47.
- [deSitter29g] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1928”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1929), 164, S. 21–27.
- [deSitter29h] DE SITTER, WILLEM, ALDEN, HAROLD L. und PELS, G., “The longitudes of Jupiter’s Satellites derived from plates taken with the 26-inch refractor of the Yale Observatory Southern Station in 1928”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1929), 179, S. 121–124.
- [deSitter29i] DE SITTER, WILLEM, ALDEN, HAROLD L. und PELS, G., “The longitudes of Jupiter’s Satellites derived from plates taken with the 26-inch telescope of the Yale Observatory Southern Station”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1929), 170, S. 55–60.
- [deSitter30a] DE SITTER, WILLEM, “[Abschnitt über neues Teleskop] in Artikel: Een belangrijke gift voor de Leidsche sterrewacht”. *Hemel en Dampkring* **24** (1930), S. 211–12.

- [deSitter30b] DE SITTER, WILLEM, “De snelheden der extragalactischen nevels en hunne verklaring door de relativiteitstheorie”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **39** (1930), S. 82–6. Niederländisches Pendant zu [deSitter30e].
- [deSitter30c] DE SITTER, WILLEM, “Further remarks on the astronomical consequences of the theory of the expanding universe”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1930), 200, S. 274–276.
- [deSitter30d] DE SITTER, WILLEM, “Het uitdijende heelal”. *Hemel en Dampkring* **28** (1930), S. 273–85. Fußnote 1 (sinngemäß): Das Thema wurde auch von de Sitter in seinem Vortrag „De afstanden en snelheden der spiraalnevels en hun verband met de relativiteitstheorie“ vor dem Ned. Astr. Club am 24.05.1930 behandelt.
- [deSitter30e] DE SITTER, WILLEM, “On the distances and radial velocities of extragalactic nebulae, and the explanation of the latter by the relativity theory of inertia”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **16** (1930), S. 474–488. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter30b].
- [deSitter30f] DE SITTER, WILLEM, “On the magnitudes, diameters and distances of the extragalactic nebulae, and their apparent radial velocities”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1930), 185, S. 157–171.
- [deSitter30g] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1929”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1930), 181, S. 137–143.
- [deSitter30h] DE SITTER, WILLEM, “The expanding universe. Discussion of Lemaître’s solution of the equations of the inertial field”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **5** (1930), 193, S. 211–218.
- [deSitter30i] DE SITTER, WILLEM, “Het uitdijende heelal”. *Algemeen Handelsblad Avondblad* (9.7.1930).
- [deSitter31a] DE SITTER, WILLEM, “[Contributions to a British Association Discussion on the Evolution of the Universe] Kein eigener Titel”. *Nature, Supplement* **128** (1931), 3234, S. 706–9.
- [deSitter31b] DE SITTER, WILLEM, “Das sich ausdehnende Universum”. *Die Naturwissenschaften* **19** (1931), S. 365–369.
- [deSitter31c] DE SITTER, WILLEM, “[Discussion on the Evolution of the Universe] Kein eigener Titel”. *Report of the British Association for the Advancement of Science* **101** (1931), S. 583–7.

- [deSitter31d] DE SITTER, WILLEM, “Do the galaxies expand with the universe?” *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **6** (1931), 223, S. 146.
- [deSitter31e] DE SITTER, WILLEM, “Jupiter’s Galilean Satellites”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **91** (1931), 7, S. 706–738. George Darwin Lecture, gehalten am 08.05.1931.
- [deSitter31f] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1930”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **6** (1931), 212, S. 83–89.
- [deSitter31g] DE SITTER, WILLEM, “Some further computations regarding non-static universes”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **6** (1931), 223, S. 141–145.
- [deSitter31h] DE SITTER, WILLEM, “The expanding universe”. *Scientia* **49** (1931), S. 1–10.
- [deSitter31i] DE SITTER, WILLEM, “The Fifth George Darwin Lecture”. *The Observatory* **54** (1931), S. 205–12. Bericht über de Sitters George Darwin Lecture [deSitter31e].
- [deSitter32a] DE SITTER, WILLEM, “Die Grösse der Welt”. *Die Sterne* **12** (1932), S. 145–55. Deutsche Übersetzung von [deSitter32g].
- [deSitter32b] DE SITTER, WILLEM, *Kosmos*. Harvard University Press, Cambridge/Mass. (1932). Rezension in [vanRhijn33].
- [deSitter32c] DE SITTER, WILLEM, “On the expanding universe”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **35** (1932), S. 596–607. Englischsprachiges Pendant zu [deSitter32e].
- [deSitter32d] DE SITTER, WILLEM, “Over den bouw van ons melkwegstelsel en de grootte van het heelal”. *Hemel en Dampkring* **30** (1932), S. 341–57. Holländische Übersetzung von [deSitter32g].
- [deSitter32e] DE SITTER, WILLEM, “Over het uitdijende heelal”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Afdeeling Natuurkunde* **41** (1932), S. 64–5.
- [deSitter32f] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1931”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **6** (1932), 230, S. 193–200.
- [deSitter32g] DE SITTER, WILLEM, “The Size of the Universe”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **44** (1932), 258, S. 89–104.

- [deSitter32h] DE SITTER, WILLEM, “Velikost vesmíru”. *Říše Hvězd* **13** (1932), S. 157–67. Übersetzung von [deSitter32g].
- [deSitter32i] DE SITTER, WILLEM und EINSTEIN, ALBERT, “On the Relation between the Expansion and the Mean Density of the Universe”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **18** (1932), S. 214–5.
- [deSitter33a] DE SITTER, WILLEM, “De grotte van de wereld”. *Wetenschappelijke bladen* (1933), S. 1–16.
- [deSitter33b] DE SITTER, WILLEM, “Early Astronomy and the Observatory of Leyden”. *Nature* **132** (1933), S. 771–2.
- [deSitter33c] DE SITTER, WILLEM, “Het uitdijend heelal”. *Nederlands tijdschrift voor geneeskunde* **77** (1933), S. 5047–55. Vortrag bei der Genootschap ter bevordering van Natuur-, Genees- en Heelkunde te Amsterdam am 18.10.1933.
- [deSitter33d] DE SITTER, WILLEM, “On the expanding universe and the time scale”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **93** (1933), 8, S. 628–34.
- [deSitter33e] DE SITTER, WILLEM, “On the motion and the mutual perturbations of material particles in an expanding universe”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **7** (1933), 249, S. 97–105.
- [deSitter33f] DE SITTER, WILLEM, “Over het uitdijend heelal en den tijd”. *Jaarboek der Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam 1932-33* (1933), S. 111–25.
- [deSitter33g] DE SITTER, WILLEM, “[Rede, gehouden door Prof. Dr. W. de Sitter in de plechtige senaatszitting van de Rijksuniversiteit te Leiden op vrijdag 6 October 1933]”. *Hemel en Dampkring* **31** (1933), S. 372–380.
- [deSitter33h] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1932”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **7** (1933), 242, S. 13–19.
- [deSitter33i] DE SITTER, WILLEM, *Short history of the Observatory of the University at Leiden, 1633-1933*. Joh. Enschedé en Zonen, Haarlem (1933). Rezension in [C.H.H.33].
- [deSitter33j] DE SITTER, WILLEM, “The astronomical aspect of the theory of relativity”. *University of California Publications in Mathematics* **2** (1933), 8, S. 143–96.

- [deSitter33k] DE SITTER, WILLEM, “The date of Huygens’ announcement of the discovery of the rings of Saturn”. *The journal of the British Astronomical Association* **43** (1933), S. 223–224.
- [deSitter33l] DE SITTER, WILLEM, “In Memoriam Prof. Dr. Paul Ehrenfest”. *Leidsch Dagblad* (26.09.1933).
- [deSitter34a] DE SITTER, WILLEM, “[Discussion sur l’Évolution de l’Univers] Ohne eigenen Titel”. In: COUDERC, PAUL (Hrsg.) *Discussion sur l’Évolution de l’Univers*, Gauthier-Villars (1934), S. 23–30. Französische Übersetzung vom Beitrag de Sitters, abgedruckt in [deSitter31a] und [deSitter31c].
- [deSitter34b] DE SITTER, WILLEM, “Het uitdijend heelal”. *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* **1** (1934), S. 45–56.
- [deSitter34c] DE SITTER, WILLEM, “Ir. W. E. Kruytbosch”. *Hemel en Dampkring* **32** (1934), S. 23.
- [deSitter34d] DE SITTER, WILLEM, PROOST-THODEN VAN VELZEN, J.C. (Hrsg.), *Kosmos; naar het gelijknamig boek van Prof. Dr. W. de Sitter uit het Engelsch vertaald door Dr. J.C. Proost-Thoden van Velzen. Herzien en bijgewerkt door Dr. W. de Sitter, Wetenschappelijke serie, Band 23*. Van Stockum, Den Haag (1934). Übersetzt ins Holländische durch Dr. J.C. Proost-Thoden van Velzen. Rezension in [deK.34].
- [deSitter34e] DE SITTER, WILLEM, “On distance, magnitude, and related quantities in an expanding universe”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **7** (1934), 261, S. 205–16.
- [deSitter34f] DE SITTER, WILLEM, “On the foundations of the theory of relativity, with special reference to the theory of the expanding universe”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **37** (1934), S. 597–601.
- [deSitter34g] DE SITTER, WILLEM, “Report of the director of the Observatory at Leiden for the year 1933”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **7** (1934), 260, S. 197–204.
- [deSitter38] DE SITTER, WILLEM, “On the system of astronomical constants [edited and complete by Dirk Brouwer, with the aid of notes by W. de Sitter]”. *Bulletin of the Astronomical Institutes of the Netherlands* **8** (1938), S. 213–31. Posthum veröffentlicht, Errata in *B.A.N.* **10**, Nr. 371, S. 146.
- [deSitter79] DE SITTER, WILLEM und EINSTEIN, ALBERT, “On the Relation between the Expansion and the Mean Density of the Universe”. In: LANG, KENNETH R. und GINGERICH, OWEN (Hrsg.) *A Source Book in Astronomy and Astrophysics, 1900-1975*, Harvard University Press, Cambridge/Mass. (1979), S. 849–50.

- [deSitter86] DE SITTER, WILLEM, “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences (Third paper)”. In: BERNSTEIN, J. und FEINBERG, G. (Hrsg.) *Cosmological Constants*, Columbia University Press, New York (1986), S. 27–48.
- [deSitter97] DE SITTER, WILLEM, “On the expanding universe”. *Proceedings of the Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen* **100** (1997), S. 304–315. Nachdruck von [deSitter32c].
- [deSitter34] DE SITTER, WILLEM, “Robert Thorburn Ayton Innes”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **94** (1933/34), S. 277–81.
- [deSitter16] DE SITTER, WILLEM, “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences. First paper”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **76** (1915-16), S. 699–728.
- [deSitter17] DE SITTER, WILLEM, “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences. Second paper”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **77** (1916-17), S. 155–184.
- [deSitter18] DE SITTER, WILLEM, “On Einstein’s theory of gravitation and its astronomical consequences. Third paper”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **78** (1917-18), S. 3–28.
- [Einstein32] EINSTEIN, ALBERT und DE SITTER, WILLEM, “The Relation between the Expansion and the mean Density of the Universe”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **18** (1932), 3, S. 213–214.
- [N.N.25] N.N., “[Redebeitrag de Sitters bei Meeting of the British Astronomical Association über die Arbeit der Leidener Sternwarte]”. *The Journal of the British Astronomical Association* **35** (1925), S. 266–7. Kein Artikel de Sitters, nur Protokoll eines Redebeitrages.
- [N.N.30a] N.N., “[Redebeitrag de Sitters bei Meeting of the Royal Astronomical Society]”. *The Observatory* **53** (1930), 669, S. 163–4. Kein Artikel de Sitters, nur Protokoll eines Redebeitrages.
- [N.N.30b] N.N., “[Redebeitrag de Sitters bei Meeting of the Royal Astronomical Society]”. *The Observatory* **53** (1930), 669, S. 37–9. Kein Artikel de Sitters, nur Protokoll eines Redebeitrages.
- [N.N.33] N.N., “Op bezoek bij Prof. W. de Sitter [Interview mit de Sitter]”. *Telegraaf* (5.10.1933).

C.2. Biografien, Nachrufe und Ähnliches zu de Sitter

Bei der Suche nach Nachrufen war diese Webseite sehr hilfreich: http://www.astro.uni-bonn.de/~pbrosche/persons/obit/obit_si.html. Die folgende Auflistung umfasst *alle* gefundenen Dokumente, nicht nur die im Text zitierten.

- [Blaauw75] BLAAUW, ADRIAAN, “Sitter, Willem de”. In: GILLISPIE, CHARLES C. (Hrsg.) *Dictionary of Scientific Biography*, Band XII, Charles Scribner’s Sons, New York (1975), S. 448–450.
- [Blaauw85] BLAAUW, ADRIAAN, *Sitter, Willem de, Biographisch Woordenboek van Nederland*, Band 2. Elsevier, Den Haag (1985), S. 511–13.
- [Chant35] CHANT, C.A., “Willem de Sitter, 1872-1934”. *The Journal of The Royal Astronomical Society of Canada* **29** (1935), S. 1–3.
- [Crea72] CREA, W.H., “Willem de Sitter 1872-1934”. *Journal of the British Astronomical Association* **82** (1972), S. 178–81.
- [Crommelin31] CROMMELIN, A.C.D., “Address on the award of the Gold Medal of the Society to Professor Willem de Sitter”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **91** (1931), 4, S. 422–434.
- [D.34] D., FID., “Willem de Sitter”. *Bulletin géodésique* **44** (1934), S. 312–3. Auszug aus [D.35].
- [D.35] D., FID., “Obituary, Willem de Sitter”. *Ciel et Terre* **51** (1935), S. 35–36.
- [D.E.P.35] D.E.P., “Guillermo De Sitter”. *Ibérica* **22** (1935), S. 133–5.
- [deSitter Suermondt40] DE SITTER SUERMONDT, ELEONORE, *Een menschenleven. Willem de Sitter door zijn Vrouw*. Leiden (1940).
- [deSitter98] DE SITTER, WOLTER REINOLD, “Grandfather, a charcoal sketch” (1998). Grandson.
- [Eddington34] EDDINGTON, SIR ARTHUR STANLEY, “Obituary, Willem de Sitter”. *Nature* **134** (1934), S. 924–925.
- [Esclangon35] ESCLANGON, ERNEST, “Notice sur M. de Sitter, Correspondant de l’Académie”. *Comptes Rendus hebdomadaires des Seances de l’Académie des Sciences* **200** (1935), S. 21–22.
- [Gratton35a] GRATTON, L., “Obituary, Willem de Sitter”. *Memorie della Societa Astronomica Italiana* **8** (1935), S. 417–19.

- [Gratton35b] GRATTON, L., “Willem de Sitter”. *Coelum* **5** (1935), S. 11–14.
- [Hins34] HINS, C.H., “In memoriam Prof. Dr. W. de Sitter”. *Leidsch Dagblad* (22.11.1934). Box 41.
- [Hins35] HINS, C.H., “In memoriam Prof. Dr. W. de Sitter”. *Hemel en Dampkring* **33** (1935), S. 3–18.
- [Huizinga35a] HUIZINGA, J., “In memoriam W. de Sitter 1872-1934”. *Hemel en Dampkring* **33** (1935), S. 1–2. Selber Artikel wie [Huizinga35b].
- [Huizinga35b] HUIZINGA, J., “In Memoriam Willem de Sitter”. *Almanak van het Leidsche Studentencorps* **121** (1935), S. 103–4. Selber Artikel wie [Huizinga35a].
- [Jones35] JONES, H.S., “Obituary: Willem de Sitter”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **95** (1935), S. 343–47.
- [Leuschner29] LEUSCHNER, “Statement by the chairman of the trustees of the Watson fund on the award of the Watson medal to Willem de Sitter”. *Report of the National Academy of Sciences* (1928-1929), S. 10–14.
- [Meyer31] MEYER, W.F., “Address of the retiring President of the Society in awarding the Bruce Medal to Dr. Willem de Sitter”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **43** (1931), S. 125–29.
- [M.H.34] M.H., “Obituary, Willem de Sitter”. *Proceedings of the Section of Sciences* **37** (1934), 10, S. 734–37. (Holländisch).
- [Murdin01] MURDIN, PAUL (Hrsg.), *de Sitter, Willem (1872-1934)*. Encyclopedia of Astronomy and Astrophysics, Institute of Physics Publishing, Bristol (2001), S. ?
- [N.35] N., J. J., “Obituary, Willem de Sitter”. *Revista Astronómica* **6** (1935), S. 376–8.
- [Nijland34] NIJLAND, A., “Prof. Dr. W. de Sitter”. *Nieuwe Rotterdamse Courant Avondblad* (21.11.1934). Box 41.
- [N.N.33] N.N., “Twee jubilea aan de Leidsche Sterrewacht”. *Nieuwe Rotterdamse Courant* (06.10.1933). Box 41.
- [N.N.34a] N.N., “Obituary”. *The Times* **22.11.1934** (1934), S. 18. Foto mit kleinem Text zu Tod de Sitters.
- [N.N.34b] N.N., “Obituary. Dr. W. de Sitter. Theory of Relativity.” *The Times* **22.11.1934** (1934), S. 19.

- [N.N.34c] N.N., “Obituary. Sir F. Lely. Dr. de Sitter, and Lord Brocket.” *The Times* **22.11.1934** (1934), S. 14. Kurze Notiz zu Tod von W. de Sitter.
- [N.N.34d] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Nordisk astronomisk tidskrift* **15** (1934), S. 155. (sehr kurz).
- [N.N.34e] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Gazette astronomique* **21** (1934), S. 165–7.
- [N.N.34f] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Populär Astronomisk Tidskrift* **15** (1934), S. 172. (sehr kurz).
- [N.N.34g] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **46** (1934), S. 368. (zwei Sätze).
- [N.N.34h] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *The Observatory* **57** (1934), S. 387.
- [N.N.34i] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Astronomische Nachrichten* **253** (1934), S. 495. (nur ein Satz).
- [N.N.34j] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Popular Astronomy* **42** (1934), S. 607. (zwei Sätze).
- [N.N.34k] N.N., “Universe Creator”. *New York Times* **25.11.1934** (1934), S. E4. Abdruck dieses Artikels auch in [N.N.35e].
- [N.N.34l] N.N., “Waardeering in het buitenland”. *Telegraaf* (22.11.1934). Box 41.
- [N.N.34m] N.N., “Verassing prof. dr. W. de Sitter”. *Nieuwe Rotterdamse Courant* (25.11.1934). Box 41.
- [N.N.35a] N.N., “[Nachruf auf W. de Sitter]”. *Jaarboek der Rijksuniversiteit te Leiden* (1935), S. 76–77.
- [N.N.35b] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Journal of the Astronomical Society of South Africa* **3** (1935), S. 165–66.
- [N.N.35c] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Die Sterne* **15** (1935), S. 31. (sehr kurz).
- [N.N.35d] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Die Himmelswelt* **45** (1935), S. 32. (nur ein Satz).
- [N.N.35e] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **47** (1935), S. 65–6. Hier erfolgt der Abdruck von [N.N.34k].

- [N.N.35f] N.N., “Obituary, Willem de Sitter”. *Die Himmelswelt* **45** (1935), S. 81. (sehr kurz).
- [Oort34a] OORT, JAN HENDRIK, “In memoriam Professor Dr. W. de Sitter”. *Leidsch Universiteitsblad* (30.11.1934), 6, S. 1–2. Box 41.
- [Oort34b] OORT, J.H., “Wat wij met Prof. de Sitter hebben verloren”. *Telegraaf* (22.11.1934). Box 41.
- [Oort35] OORT, J.H., “Willem de Sitter (Obituary)”. *Observatory* **58** (1935), S. 22–27. Also as tif.
- [Pannekoek35] PANNEKOEK, A., “W. de Sitter en zijn werk”. *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* **2** (1935), S. 1–14.
- [Schlesinger35] SCHLESINGER, FRANK, “The Progress of Science (Obituary, W. de Sitter)”. *Scientific Monthly* **40** (1935), S. 89–90.
- [Schlesinger36] SCHLESINGER, FRANK, “Willem de Sitter (1872-1934)”. *Proceedings of the American Academy of Arts and Science* **71** (1935/36), S. 546–9.
- [Slouka35a] SLOUKA, HUBERT, “Obituary, Willem de Sitter”. *Casopis pro pestování matematiky a fysiky* **64** (1935), S. 87–8.
- [Slouka35b] SLOUKA, HUBERT, “William de Sitter (1872-1934)”. *Říše Hvězd* **16** (1935), S. 14–6.
- [Stratton33] STRATTON, F. J. M., “Tercentenary of the Leiden Observatory”. *The Observatory* **56** (1933), S. 323–28.
- [Tenn94] TENN, JOSEPH S., “Willem de Sitter. The Twenty-Sixth Bruce Medalist”. *Mercury* **23** (1994), S. 28–9.
- [vanderBilt34] VAN DER BILT, JAN, “Obituary, Willem de Sitter”. *Hemel en Dampkring* **32** (1934), S. 401–5.
- [vanMaanen35] VAN MAANEN, ADRIAAN, “Professor Dr. W. de Sitter”. *Popular Astronomy* **43** (1935), S. 78–80.

C.3. Allgemeines Literaturverzeichnis

- [Aitken18] AITKEN, ROBERT GRANT, *The binary stars*. Semicentennial Publications of the University of California (Douglas C. McMurtrie), New York (1918).
- [Alväger63] ALVÄGER, T., NILSSON, A. und KJELLMAN, J., “A Direct Terrestrial Test of the Second Postulate of Special Relativity”. *Nature* **197** (1963), 4873, S. 1191.
- [Ames20] AMES, J.S., “Einstein’s law of gravitation”. *Science* **51** (1920), S. 253–61.
- [Andrade Martins99] ANDRADE MARTINS, ROBERTO DE, *The Search for Gravitational Absorption in the Early Twentieth Century*. Band 7 von GOENNER u. a. [Goenner99] (1999), S. 3–44.
- [article16] ARTICLE, NEWSPAPER, “Wetenschappelijke Berichten. Kon. Akademie van Wetenschappen.” *Nieuwe Rotterdamsche Courant* **10.09.1916** (1916).
- [BAA17] *Report of the eighty-sixth meeting of the British Association for the Advancement of Science. Newcastle-on-Tyne: 1916 September 5-9*. John Murray, London (1917).
- [Baggen98] BAGGEN, PETRUS, *Vorming door wetenschap: Universitair onderwijs in Nederland 1815-1960*. Uitgeverij Eburon, Delft (1998).
- [Baneke02] BANEKE, DAVID, *Sterrewacht in bloei. De reorganisatie van de Leidse Sterrewacht 1918-1924*. afstudeerscriptie, Utrecht (2002).
- [Baneke04] BANEKE, DAVID, “‘Hij kan toch moeilijk de sterren in de war schoppen’. De afwijzing van Pannekoek als adjunct-directeur van de Leidse sterrewacht in 1919”. *Gewina* **27** (2004), S. 1–13.
- [Berliner24] BERLINER, ARNOLD, *Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung*. Springer, 3. Auflage (1924).
- [Berliner28] BERLINER, ARNOLD, *Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung*. Springer, 4. Auflage (1928).

- [Berliner34] BERLINER, ARNOLD, *Lehrbuch der Physik in elementarer Darstellung*. Springer, 5. Auflage (1934).
- [Bertotti90a] BERTOTTI, B. U. A. (Hrsg.) *Modern Cosmology in Retrospect*. Cambridge University Press, Cambridge (1990).
- [Beyerchen77] BEYERCHEN, ALAN D., *Scientists under Hitler*. Yale University Press, New York, London (1977).
- [Bird21] BIRD, MALCOLM J. (Hrsg.) *Einstein's Theories of Relativity and Gravitation. A selection of material from the essays submitted in the competition for the Eugene Higgins Price of \$ 5000*. Scientific American Publishing Co., New York (1921).
- [Blaauw79] BLAAUW, ADRIAAN, "Transcript of an interview of Adriaan Blaauw taken on a tape recorder by David DeVorkin on August 19, 1979" (1979). American Institute of Physics, 89 Seiten. Sources for History of Modern Astrophysics Project.
- [Blaauw94] BLAAUW, ADRIAAN, *History of the IAU*. Kluwer, Dordrecht (1994).
- [Blaauw04] BLAAUW, ADRIAAN, "My cruise through the world of astronomy". *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **42** (2004), S. 1–37.
- [Bok78] BOK, BART JAN, "Transcript of a Tape-recorded Interview by David DeVorkin 15,17 and 19 May 1978, 14 June 1978" (1978). American Institute of Physics, 167 Seiten. Sources for History of Modern Astrophysics Project.
- [Born20] BORN, MAX, *Die Relativitätstheorie Einsteins und ihre physikalischen Grundlagen*. Naturwissenschaftliche Monographien und Lehrbücher, Springer, Berlin, 1. Auflage (1920).
- [Born69] BORN, MAX, *Die Relativitätstheorie Einstein*. Springer, Berlin, 5. Auflage (1969).
- [Bottlinger12] BOTTLINGER, KURT FELIX, *Die Gravitationstheorie und die Bewegung des Mondes*. „Dissertation, Ludwig-Maximilians-Universität München, Freiburg (1912).

- [Bottlinger14] BOTTLINGER, K.F., “Zur Frage der Absorption der Gravitation”. *Sitzungsberichte der Bayerischen Akademie der Wissenschaften zu München, Mathematisch-Physikalische Klasse* **44** (1914), S. 223–39.
- [Brecher77] BRECHER, KENNETH, “Is the Speed of Light independent of the Velocity of the Source?” *Physical Review Letters* **39** (1977), 17, S. 1051–54.
- [Brinkmann38] BRINKMANN, H., OOSTERHUIS, E., VAN DER POL, B. und ZWIKKER, C., “A.D. Fokker”. *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* **5** (1938), S. 201–3.
- [Brouwer27] BROUWER, DIRK, *Diskussie van den waarnemingen van Satellieten I, II en III van Jupiter, gedaan te Johannesburg door Dr. R.T.A. INNES in den jaren 1908-1925*. „Dissertation, Leiden (1927).
- [Brush99] BRUSH, STEPHEN G., “Why was Relativity Accepted?” *Physics in Perspective* **1** (1999), S. 184–214.
- [Burton10] BURTON, C.V., “The Sun’s Motion with respect to the Æther”. *Philosophical Magazine* **19** (1910), S. 417–23.
- [Butler75] BUTLER, R., “The Lánzos legend”. *Computers and mathematics with applications* **1** (1975), S. 258–9.
- [Campbell13a] CAMPBELL, W.W., “A possible absorption of gravitational energy”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **25** (1913), S. 46–7.
- [Campbell13b] CAMPBELL, W.W., “Concerning some forces affecting cosmical motions”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **25** (1913), S. 164–6.
- [Capon14a] CAPON, R.S., “Correction to “Note on Spectroscopic Binaries and the Velocity of Light””. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **74** (1914), 8, S. 658–9.

- [Capon14b] CAPON, R.S., “Note on Spectroscopic Binaries and the Velocity of Light”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **74** (1914), 6, S. 507–15.
- [Carmichael13d] CARMICHAEL, ROBERT D., *The Theory of Relativity, Mathematical monographs*, Band 12. John Wiley & Sons, Inc., New York, 1. Auflage (1913).
- [Carmichael20] CARMICHAEL, ROBERT D., *The Theory of Relativity, Mathematical monographs*, Band 12. John Wiley & Sons, Inc., New York, 2. Auflage (1920).
- [Castelnuovo11] CASTELNUOVO, GUIDO, “Il principio di relatività e i fenomeni ottici”. *Scientia* **9** (1911), S. 64–86.
- [Cattani89a] CATTANI, CARLO und DE MARIA, MICHELANGELO, “Conservation Laws and Gravitational Waves in General Relativity”. In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 63–87.
- [Cattani89b] CATTANI, CARLO und DE MARIA, MICHELANGELO, “Max Abraham and the Reception of Relativity in Italy: His 1912 and 1914 Controversies with Einstein”. In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 160–74.
- [Cattani89c] CATTANI, CARLO und DE MARIA, MICHELANGELO, “The 1915 Epistolary Controversy between Einstein and Tullio Levi-Civita”. In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 175–200.
- [Chandrasekhar75] CHANDRASEKHAR, S., “Verifying the theory of relativity”. *The Bulletin of the Atomic Scientist* **31** (1975), 6, S. 17–22.
- [Chandrasekhar83] CHANDRASEKHAR, S., *Eddington. The most distinguished astrophysicist of his time*. Cambridge University Press, Cambridge (1983).
- [C.H.H.33] C.H.H., “Boekbespreking *Short history of the Observatory of the university at Leiden 1633-1933*, by W. de Sitter”. *Hemel en Dampkring* **31** (1933), S. 382–3.
- [Clark71] CLARK, RONALD W., *Einstein: The Life and Times*. The World Publishing Company, New York (1971).

- [Combridge65] COMBRIDGE, J.T., *Bibliography of Relativity and Gravitation Theory 1921 to 1937*. Kings College, London (1965).
- [Comstock10a] COMSTOCK, D. F., “A neglected Type of Relativity”. *Physical Review* **30** (1910), 2, S. 267.
- [Comstock10b] COMSTOCK, D. F., “A simple criterion for the detection of anomalies in the orbits of spectroscopic binaries”. *Astrophysical Journal* **31** (1910), S. 364–70.
- [Comstock10c] COMSTOCK, D. F., “The Principle of Relativity”. *Science* **31** (1910), S. 767–72.
- [Corry99a] CORRY, LEO, “David Hilbert between Mechanical and Electromagnetic Reductionism, 1910-1913”. *Archive for the History of Exact Sciences* **53** (1999), 6, S. 489–527, URL <http://www.tau.ac.il/~corry/texts/articles/reductionism.pdf>.
- [Corry99b] CORRY, LEO, “From Mie’s Electromagnetic Theory of Matter to Hilbert’s Foundations of Physics”. *Studies in History and Philosophy of Modern Physics* **30** (1999), S. 159–183, URL <http://www.tau.ac.il/~corry/texts/articles/mie.pdf>.
- [Corry04] CORRY, LEO, *David Hilbert and the Axiomatization of Physics (1898-1918)*. From *Grundlagen der Geometrie to Grundlagen der Physik, Archimedes. New studies in the history and philosophy of science and technology*, Band 10. Kluwer, Dordrecht (2004).
- [Crelinsten84] CRELINSTEN, JEFFREY, “William Wallace Campbell and the “Einstein Problem”: An observational astronomer confronts the theory of relativity”. *Historical studies in the physical sciences* **14** (1984), S. 1–90. Auf diesen Artikel wird nicht oft verwiesen, z.B. aber in [Hentschel97].
- [Crelinsten06] CRELINSTEN, JEFFREY, *Einstein’s Jury: The Race to Test Relativity*. Cambridge University Press, Cambridge, Mass. (2006).

- [Cunningham14] CUNNINGHAM, E., *The Principle of Relativity*. Cambridge University Press, Cambridge (1914).
- [Curtis11] CURTIS, HEBER D., “The Theory of Relativity”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **23** (1911), 138, S. 219–29.
- [Curtis17] CURTIS, H.D., “Space, Time, and Gravitation”. *Publications of the Astronomical Society of the Pacific* **29** (1917), S. 63–4. Auch erschienen in *Popular Astronomy* **25** (1917), S.216f.
- [deHaas Lorentz57] DE HAAS LORENTZ, GEERTRUIDA LUBERTA (Hrsg.) *H.A. Lorentz - Impressions of his life and work*. North-Holland Publishing Company, Amsterdam (1957).
- [deHaas15] DE HAAS, H.K., “Een bevestiging van het relativiteitsbeginsel”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **24.1** (1915), S. 306–10.
- [deHaas16] DE HAAS, H.K., “A Confirmation of the Principle of Relativity”. *Proceedings of the Section of Sciences* **18.1** (1916), S. 591–95. Übersetzung von [deHaas15].
- [deK.34] DE K., “Boekbespreking *Kosmos*, door Dr. W. de Sitter”. *Hemel en Dampkring* **32** (1934), S. 393–4.
- [deSitter16] DE SITTER, J.H., *Genealogische aantekeningen over het geslacht de Sitter*. H. Ten Brink, Arnhem (1916). Scheinbar nur eine private Veröffentlichung, da auf dem Titel „Niet in den handel“ abgedruckt ist.
- [deSitter36] DE SITTER, AERNOUT, *Fotovisuele fotometrie van sterren tot 8^m.0 benoorden +80°declinatie*. „Dissertation, Leiden (1936).
- [deSitter00] DE SITTER, REINOLD, “Kapteyn and de Sitter: A rare and special Teacher-Student and Coach-Player relationship”. In: KRUIT, P.C. VAN DER und BERKEL, KLAAS VAN (Hrsg.) *The Legacy of J.C. Kapteyn, Astrophysics and Space Science*

- Library*, Band 246, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London (2000), S. 79–108.
- [Deutsch06] DEUTSCH, SID, *Einstein's Greatest Mistake. Abandonment of the Aether*. iUniverse (2006).
- [DeVorkin81] DEVORKIN, DAVID H. und WEART, SPENCER R., “Interviews as Sources for History of Modern Astrophysics”. *Isis* **72** (1981), 3, S. 471–77.
- [DeVorkin00] DEVORKIN, DAVID H., “Internationalism, Kapteyn and the Dutch pipeline”. In: KRUIT, P.C. VAN DER und BERKEL, KLAAS VAN (Hrsg.) *The Legacy of J.C. Kapteyn, Astrophysics and Space Science Library*, Band 246, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London (2000), S. 129–150.
- [Dirac82] DIRAC, P.A.M., “The early years of relativity”. In: HOLTON und ELKANA [Holton82] (1982), S. 79–90.
- [Döbrich99] DÖBRICH, MARCUS, “Karl Schwarzschild und die Anfänge der Astrophysik und Relativitätstheorie” (1999).
- [Doel03] DOEL, RONALD E., “Oral History of American Science: A Forty-Year Review”. *History of Science* **41** (2003), S. 349–78. Seiten 349-370 wurden doppelt vergeben.
- [Douglas56] DOUGLAS, VIBERT A., *Arthur Stanley Eddington*. Thomas Nelson and Sons Ltd, London (1956).
- [Dragoni86] DRAGONI, GIORGIO, “Una conferma del secondo principio della relatività ristretta: gli esperimenti (1916-1934) di Quirino Majorana”. *Atti del VII Congresso Nazionale di Storia della Fisica* (1986), S. 175–88.
- [Dresden87] DRESDEN, MAX, *H.A. Kramers*. Springer, New York (1987).
- [Droste15a] DROSTE, J., “Het veld van twee bolvormige rustende centra in EINSTEIN's theorie der zwaartekracht”. *Koninklijke Akademie van Wetenschap*

pen te Amsterdam. *Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **24.1** (1915), S. 749–57.

- [Droste15b] DROSTE, J., “On the field of a single centre in EINSTEIN’s theory of gravitation”. *Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 998–1011. Englischs Pendant zu [Droste15c].
- [Droste15c] DROSTE, J., “Over het veld van een enkel centrum in EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **23.2** (1915), S. 968–81. Niederländisches Pendant zu [Droste15b].
- [Droste16a] DROSTE, JOHANNES, “Het veld van een enkel centrum in EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht, en de beweging van een stoffelijk punt in dat veld.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25.1** (1916), S. 163–80. Niederländisches Pendant zu [Droste17b], Sitzung vom 27.05.1916.
- [Droste16b] DROSTE, JOHANNES, “On the field of two spherical fixed centres in EINSTEIN’s theory of gravitation”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **18.1** (1916), S. 760–9. Übersetzung von [Droste15a].
- [Droste17a] DROSTE, JOHANNES, “Het veld van n bewegende centra in EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25.1** (1917), S. 460–8. Original zu [Droste17c].
- [Droste17b] DROSTE, JOHANNES, “The field of a single centre in EINSTEIN’s theory of gravitation, and the motion of a particle in that field”. *Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 197–215. Englischsprachiges Pendant zu [Droste16a].

- [Droste17c] DROSTE, JOHANNES, “The field of n moving centres in EINSTEIN’s theory of gravitation”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 447–55. Übersetzung von [Droste17a].
- [Dyck22] DYCK, W. VON, OPPENHEIM, S. und SCHWARZSCHILD, K. (Hrsg.) *Astronomie, Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*, Band VI, zweiter Teil. B.G. Teubner, Leipzig (1922).
- [Earman80a] EARMAN, JOHN und GLYMOUR, CLARK, “Relativity and eclipses: The British eclipse expeditions of 1919 and their predecessors”. *HSPS* **11** (1980), S. 49–85.
- [Earman80b] EARMAN, JOHN und GLYMOUR, CLARK, “The gravitational red shift as a test of general relativity: History and analysis”. *Studies in the History and Philosophy of Science* **11** (1980), S. 175–214.
- [Earman93a] EARMAN, JOHN und JANSSEN, MICHEL, “Einstein’s Explanation of the Motion of Mercury’s Perihelion”. In: EARMAN u. a. [Earman93b] (1993), S. 129–72.
- [Earman93b] EARMAN, JOHN, JANSSEN, MICHEL und NORTON, JOHN D. (Hrsg.) *The Attraction of Gravitation: New Studies in the History of General Relativity, Einstein Studies*, Band 5. Birkhäuser, Boston (1993).
- [Eddington13a] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “The Greenwich Eclipse Expedition to Brazil”. *The Observatory* **36** (1913), S. 62–5.
- [Eddington13b] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY und DAVIDSON, C., “Total Eclipse of the Sun, 1912 October 10. Report on an Expedition to Passa Quatro, Minas Geraes, Brazil.” *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **73** (1913), 5, S. 386–90.
- [Eddington15] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “Some Problems of Astronomy. XIX. Gravitation”. *The Observatory* **38** (1915), S. 93–8.

- [Eddington16] EDDINGTON, ARTHUR, “Gravitation and the principle of relativity”. *Nature* **98** (1916), S. 328–29. Nachgedruckt in *Nature* **278** (1979), S. 213–4.
- [Eddington17a] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Note on Sir Oliver Lodge’s Suggestions.” *Philosophical Magazine* **34** (1917), S. 163–7.
- [Eddington17b] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Note on Sir Oliver Lodge’s Suggestions, II.” *Philosophical Magazine* **34** (1917), S. 321–7.
- [Eddington17c] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “Einstein’s Theory of Gravitation”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **77** (1917), S. 377–82.
- [Eddington17d] EDDINGTON, SIR ARTHUR STANLEY, “Einstein’s Theory of Gravitation”. *The Observatory* **40** (1917), 510, S. 93–95.
- [Eddington18a] EDDINGTON, ARTHUR, “Gravitation and the principle of relativity”. *Nature* **101** (1918), 2523, S. 15–17.
- [Eddington18b] EDDINGTON, ARTHUR, “Gravitation and the principle of relativity. II”. *Nature* **101** (1918), 2524, S. 34–36.
- [Eddington18c] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “Electrical Theories of Matter and their Astronomical Consequences with special reference to the Principle of Relativity”. *Philosophical Magazine* **35** (1918), S. 481–487.
- [Eddington18d] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, “Relativity and Gravitation”. *Nature* **101** (1918), 2529, S. 126.
- [Eddington20a] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, *Report on the Relativity Theory of Gravitation*. Fleetway Press, Ltd., London, 2. Auflage (1920).
- [Eddington20b] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, *Space Time and Gravitation*. Cambridge at the University Press, Cambridge (1920).

- [Eddington20c] EDDINGTON, SIR ARTHUR STANLEY, *Space, Time and Gravitation*. Cambridge University Press, Cambridge (1920).
- [Eddington23] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, *The Mathematical Theory of Relativity*. Cambridge at the University Press, Cambridge (1923). Reprint der zweiten Auflage von 1960.
- [Eddington31b] EDDINGTON, SIR ARTHUR STANLEY, “The Recession of the Extra-galactic Nebulae”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **92** (1931), S. 3–7.
- [Eddington38] EDDINGTON, SIR ARTHUR STANLEY und CLARK, G.L., “The problem of n bodies in general relativity theory”. *Proceedings of the Royal Society* **166** (1938), S. 465–75.
- [Eddington40] EDDINGTON, ARTHUR STANLEY, *The expanding universe*. Penguin Books, Harmondsworth (1940).
- [Ehrenfest12] EHRENFEST, PAUL, “Zur Frage nach der Entbehrlichkeit des Lichtäthers”. *Physikalische Zeitschrift* **13** (1912), S. 317–19.
- [Ehrenfest13] EHRENFEST, PAUL, “On Einstein’s theory of the stationary gravitation field”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **15.2** (1913), S. 1187–91.
- [Ehrenfest18] EHRENFEST, PAUL, “Welke rol speelt de drietaligheid der afmetingen van de ruimte in de hoofdwetten der physica?” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **26.1** (1918), S. 105–14.
- [Ehrenfest59] EHRENFEST, PAUL, “Zur Krise der Lichtaether-Hypothese”. In: KLEIN, MARTIN J. (Hrsg.) *Paul Ehrenfest. Collected scientific papers*, Holland Publishing Copmany, Amsterdam (1959), S. 306–27. Original: Berlin, Julius Springer, 1913.

- [Einstein05] EINSTEIN, ALBERT, “Zur Elektrodynamik bewegter Körper”. *Annalen der Physik* **17** (1905), S. 891–921.
- [Einstein11] EINSTEIN, ALBERT, “Über den Einfluß der Schwerkraft auf die Ausbreitung des Lichtes”. *Annalen der Physik* **35** (1911), S. 898–908.
- [Einstein12a] EINSTEIN, ALBERT, “Lichtgeschwindigkeit und Statik des Gravitationsfeldes”. *Annalen der Physik* **38** (1912), S. 355–369.
- [Einstein12b] EINSTEIN, ALBERT, “Zur Theorie des statischen Gravitationsfeldes”. *Annalen der Physik* **38** (1912), S. 443–458.
- [Einstein13] EINSTEIN, ALBERT, “Zum gegenwärtigen Stande des Gravitationsproblems”. *Physikalische Zeitschrift* **14** (1913), S. 1249–62.
- [Einstein14b] EINSTEIN, ALBERT, “Die formale Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie”. *Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften* (1914), S. 1030–85.
- [Einstein14c] EINSTEIN, ALBERT, “Lorentz, H.A., Das Relativitätsprinzip”. *Die Naturwissenschaften* **2** (1914), S. 1018.
- [Einstein14d] EINSTEIN, ALBERT und FOKKER, ADRIAAN, “Die Nordströmsche Gravitationstheorie vom Standpunkt des absoluten Differentialkalküls”. *Annalen der Physik* **44** (1914), S. 321–328.
- [Einstein14e] EINSTEIN, ALBERT und GROSSMANN, MARCEL, “Entwurf einer verallgemeinerten Relativitätstheorie und einer Theorie der Gravitation”. *Zeitschrift für Mathematik und Physik* **62** (1914), S. 225–261.
- [Einstein15a] EINSTEIN, ALBERT, “Die Feldgleichungen der Gravitation”. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1915), S. 844–47.

- [Einstein15b] EINSTEIN, ALBERT, “Erklärung der Perihelbewegung des Merkur aus der allgemeinen Relativitätstheorie”. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1915), S. 831–9.
- [Einstein15c] EINSTEIN, ALBERT, “Zur allgemeinen Relativitätstheorie”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1915), S. 778–786.
- [Einstein15d] EINSTEIN, ALBERT, “Zur allgemeinen Relativitätstheorie (Nachtrag)”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1915), S. 799–801.
- [Einstein16a] EINSTEIN, ALBERT, “Die Grundlage der allgemeinen Relativitätstheorie”. *Annalen der Physik* **49** (1916), S. 769–822.
- [Einstein16b] EINSTEIN, ALBERT, “HAMILTONSches Prinzip und allgemeine Relativitätstheorie”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1916), S. 1111–6.
- [Einstein16c] EINSTEIN, ALBERT, “Näherungsweise Integration der Feldgleichungen”. *Sitzungsberichte der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften* (1916), S. 688–96. AE nimmt Bezug auf Brief von de Sitter, den ich in Leiden gefunden habe.
- [Einstein17] EINSTEIN, ALBERT, *Über die spezielle und die allgemeine Relativitätstheorie (Gemeinverständlich)*. Vieweg, Braunschweig, 2. Auflage (1917).
- [Einstein18a] EINSTEIN, ALBERT, “Kritisches zu einer von Hrn. DE SITTER gegebenen Lösung der Gravitationsgleichungen”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1918), S. 270–272.
- [Einstein19a] EINSTEIN, ALBERT, “Bemerkung über periodische Schwankungen der Mondlänge, welche bisher nach der NEWTONSchen Mechanik nicht erklärbar schienen”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1919), S. 433–6.

- [Einstein19b] EINSTEIN, ALBERT, “Bemerkung zur vorstehenden Notiz”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1919), S. 711.
- [Einstein20] EINSTEIN, ALBERT, *Äther und Relativitätstheorie*. Springer, Berlin (1920).
- [Einstein22b] EINSTEIN, ALBERT, *The Meaning of Relativity. Four lectures delivered at Princeton University, May, 1921*. Methuen & Co. LTD., London (1922). Übersetzt von Edwin Plimpton Adams, Princeton University.
- [Einstein22c] EINSTEIN, ALBERT, *Über die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie (Gemeinverständlich)*. Vieweg, Braunschweig, 14. Auflage (1922).
- [Einstein82] EINSTEIN, ALBERT, “Kosmologische Betrachtungen zur Allgemeinen Relativitätstheorie”. In: *Das Relativitätsprinzip [Lorentz82]* (1982), S. 130–146.
- [Einstein89] EINSTEIN, ALBERT; STACHEL, JOHN (Hrsg.), *The swiss years: Writings, 1900-1909, The collected papers of Albert Einstein*, Band 2. Princeton University Press, Princeton (1989).
- [Einstein93] EINSTEIN, ALBERT; KLEIN, MARTIN J. (Hrsg.), *The swiss years: Correspondence, 1902-1914, The collected papers of Albert Einstein*, Band 5. Princeton University Press, Princeton (1993).
- [Einstein95] EINSTEIN, ALBERT; KLEIN, MARTIN J. (Hrsg.), *The swiss years: Writings, 1912-1914, The collected papers of Albert Einstein*, Band 4. Princeton University Press, Princeton (1995).
- [Einstein96] EINSTEIN, ALBERT; KOX, A.J. ET AL. (Hrsg.), *The Berlin years: Writings, 1914-1917, The collected papers of Albert Einstein*, Band 6. Princeton University Press, Princeton (1996).
- [Einstein98] EINSTEIN, ALBERT; SCHULMANN, ROBERT ET AL. (Hrsg.), *The collected papers of Albert Einstein (Part A+B), The collected papers of Albert Einstein*, Band 8. Princeton University Press, Princeton (1998).

- [Einstein02] EINSTEIN, ALBERT; JANSSEN, MICHEL, SCHULMANN, ROBERT (Hrsg.), *The Berlin years: Writings, 1918-1921, The collected papers of Albert Einstein*, Band 7. Princeton University Press, Princeton (2002).
- [Einstein04] EINSTEIN, ALBERT; BUCHWALD, DIANA KORMOS ET AL. (Hrsg.), *The Berlin Years: Correspondence, January 1919 - April 1920, The collected papers of Albert Einstein*, Band 9. Princeton University Press, Princeton (2004).
- [Einstein06] EINSTEIN, ALBERT; BUCHWALD, DIANA KORMOS ET AL. (Hrsg.), *The Berlin Years: Correspondence, May-December 1920 and supplementary Correspondence, 1909-1920, The collected papers of Albert Einstein*, Band 10. Princeton University Press, Princeton (2006).
- [Eisenstaedt89] EISENSTAEDT, JEAN, “The Early Interpretation of the Schwarzschild Solution”. In: HOWARD und STACHEL [Earman93b] (1989), S. 213–33.
- [Eisenstaedt92] EISENSTAEDT, JEAN und KOX, A.J. (Hrsg.) *Studies in the History of General Relativity, Einstein Studies*, Band 3. Birkhäuser, Boston (1992).
- [Ekkart75] EKKART, R.E.O. (Hrsg.) *Athenae Batavae. De Leidse Universiteit / The University of Leiden 1575-1975*. Universitaire Pers Leiden, Leiden (1975). Bildband zum 400 jährigen Jubiläum der Universität Leiden.
- [Ellis89] ELLIS, GEORGE F.R., *The Expanding Universe: A History of Cosmology from 1917-1960*. Band 1 von HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 367–431.
- [Ellis90] ELLIS, GEORGE F.R., *Innovation, resistance and change: the transition to the expanding universe*. In: BERTOTTI u. a. [Bertotti90a] (1990), S. 97–113.
- [Farell05] FARELL, JOHN, *The Day Without Yesterday*. Thunder’s Mouth Press, New York (2005).

- [Feast00] FEAST, MICHAEL, “Kapteyn and South Africa”. In: VAN DER KRUIT, P.C. und VAN BERKEL, K. (Hrsg.) *The Legacy of J.C. Kapteyn*, Kapitel 5, Kluwer Academic Publishers, Boston/Dordrecht/London (2000), S. 109–128.
- [Fokker15] FOKKER, A.D., “A Summary of Einstein and Grossmann’s Theory of Gravitation”. *Philosophical Magazine* **29** (1915), S. 77–96.
- [Fokker29] FOKKER, A.D., *Relativiteitstheorie*. P. Noordhoff, Groningen (1929).
- [Fokker63] FOKKER, ADRIAAN DANIEL, “Adriaan Daniel Fokker. Transcript of a Tape-recorded Interview by John L. Heilbron 1 April 1963” (1963). American Institute of Physics, 22 Seiten.
- [Fölsing95] FÖLSING, ALBRECHT, *Albert Einstein*. Suhrkamp, Frankfurt/Main (1995).
- [Forbes16] FORBES, GEORGE, *David Gill. Man and Astronomer*. John Murray, London (1916).
- [Forbes72] FORBES, ERIC G., “Freundlich, Erwin Finlay”. In: GILLISPIE, CHARLES C. (Hrsg.) *Dictionary of Scientific Biography*, Band 5, Charles Scribner’s Sons, New York (1972), S. 448–450.
- [Forman75] FORMAN, PAUL, *Ritz, Walter, Dictionary of Scientific Biography*, Band 11. Charles Scribner’s Sons, New York (1975), S. 475–81.
- [fortheAdvancementofScience04] FOR THE ADVANCEMENT OF SCIENCE, BRITISH ASSOCIATION, “Annual meetings of the BA since 1831”. <http://www.the-ba.net/NR/rdonlyres/FABA2E05-22E1-406A-BB11-9F6C709B452E/0/PresidentsandVenuessince1831.pdf> (2004).
- [Fowler22] FOWLER, A. (Hrsg.), *Transactions of the International Astronomical Union*, Band 2, International Astronomical Union, Imperial College Bookstall, London (1922).
- [Fowler25] FOWLER, A. (Hrsg.), *Transactions of the International Astronomical Union*, Band 2, International

- Astronomical Union, Imperial College Bookstall, London (1925).
- [Fox62] FOX, J.G., “Experimental Evidence for the Second Postulate of Special Relativity”. *American Journal of Physics* **30** (1962), 4, S. 297–300.
- [Fox65] FOX, J.G., “Evidence Against Emission Theories”. *American Journal of Physics* **33** (1965), 1, S. 1–17.
- [Freundlich13] FREUNDLICH, ERWIN, “Zur Frage der Konstanz der Lichtgeschwindigkeit”. *Physikalische Zeitschrift* **14** (1913), S. 835–38.
- [Freundlich15] FREUNDLICH, ERWIN, “Über die Erklärung der Anomalien im Planeten-System durch die Gravitationswirkung interplanetarer Massen”. *Astronomische Nachrichten* **201** (1915), 4803, S. 49–56.
- [Freundlich16a] FREUNDLICH, ERWIN, “Bemerkung zu meinem Aufsatz in A.N. 4826”. *Astronomische Nachrichten* **202** (1916), 4833, S. 147.
- [Freundlich16b] FREUNDLICH, ERWIN, “Über die Gravitationsverschiebung der Spektrallinien bei Fixsternen”. *Astronomische Nachrichten* **202** (1916), 4825, S. 17–24.
- [Friedmann22] FRIEDMANN, ALEXANDER, “Über die Krümmung des Raumes”. *Zeitschrift für Physik* **10** (1922), S. 377–386.
- [Friedmann24] FRIEDMANN, ALEXANDER, “Über die Möglichkeit einer Welt mit konstanter negativer Krümmung”. *Zeitschrift für Physik* **21** (1924), S. 326–32.
- [Gale05] GALE, GEORGE, “Dingle and de Sitter Against the Metaphysicians, or Two Ways to Keep Modern Cosmology Physical”. In: KOX, A.J. und EISENSTAEDT, JEAN (Hrsg.) *The Universe of General Relativity, Einstein Studies*, Band 11, Kapitel 10, Birkhäuser, Boston (2005), S. 157–74.
- [Galitzin07] GALITZIN, PRINCE B. und WILIP, J., “Experimental Test of Doppler’s Principle for Light-Rays”. *Astrophysical Journal* **26** (1907), S. 49–58.

- [Geison93] GEISON, GERALD L., “Research Schools and New Directions in the Historiography of Science”. *Osi-ris* **8** (1993), S. 227–38.
- [Gellai75] GELLAI, B., “Cornelius Lánzos”. *Computers and mathematics with applications* **1** (1975), S. 260–3.
- [Gill13] GILL, SIR DAVID, *A History and Description of the Royal Observatory, Cape of Good Hope*. His Majesty’s Stationary Office, London (1913).
- [Gillies87] GILLIES, GEORGE T., “The Newtonian Gravitational Constant. An Index of Measurements”. *Metrologia, Supplement* **24** (1987), S. 1–45. Bibliographie zu Experimenten zur Gravitation.
- [Gillies90] GILLIES, G.T., “Resource Letter MNG-1: Measurement of Newtonian gravitation”. *American Journal of Physics* **58** (1990), 6, S. 525–34.
- [Glick87a] GLICK, THOMAS F., “Relativity in Spain”. In: *The Comparative Reception of Relativity* [Glick87b] (1987), S. 231–63.
- [Glick87b] GLICK, THOMAS F. (ED.), *The Comparative Reception of Relativity, Boston Studies in the Philosophy of Science*, Band 103. D. Reidel, Dordrecht, Boston (1987).
- [Goenner92] GOENNER, HUBERT, “The Reception of the Theory of Relativity in Germany as Reflected by Books Published Between 1908 and 1945”. In: EISENSTAEDT und KOX [Eisenstaedt92] (1992), S. 15–38.
- [Goenner96] GOENNER, HUBERT, *Einführung in die spezielle und allgemeine Relativitätstheorie*. Spektrum akademischer Verlag, Heidelberg/Berlin/Oxford (1996).
- [Goenner99] GOENNER, HUBERT, RENN, JÜRGEN U. A. (Hrsg.) *The Expanding Worlds of General Relativity, Einstein Studies*, Band 7. Birkhäuser, Boston (1999).
- [Goenner05] GOENNER, HUBERT, *Einstein in Berlin*. C.H. Beck, München (2005).

- [Goldberg70] GOLDBERG, STANLEY, “In Defense of Ether: The British Response to Einstein’s Special Theory of Relativity, 1905-1911”. *Historical Studies in the Physical Sciences* **2** (1970), S. 89–125.
- [Goldberg84] GOLDBERG, STANLEY, *Understanding Relativity. Origin and Impact of a Scientific Revolution*. Birkhäuser, Boston (1984).
- [Graham81] GRAHAM, LOREN R., *Between Science and Values*. Columbia University Press, New York (1981).
- [Graham82] GRAHAM, LOREN R., *The reception of Einstein’s Ideas: Two examples from contrasting political cultures*. In: HOLTON und ELKANA [Holton82] (1982), S. 107–36.
- [Gramatzki25a] GRAMATZKI, H.I., “Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes”. *Astronomische Nachrichten* **223** (1925), 5336, S. 135.
- [Gramatzki25b] GRAMATZKI, H.I., “Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes”. *Astronomische Nachrichten* **224** (1925), 5367, S. 247–52.
- [Guthnick13] GUTHNICK, P., “Astronomische Kriterien für die Unabhängigkeit der Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichtes von der Bewegung der Lichtquelle”. *Astronomische Nachrichten* **195** (1913), S. 265–69.
- [Hall32] HALL, CHAPIN, “Where great scientists sit as pupils”. *New York Times* **28 Feb 1932** (1932), S. SM7.
- [Halpern04] HALPERN, PAUL, “Nordström, Ehrenfest, and the Role of Dimensionality in Physics”. *Physics in Perspective* **6** (2004), S. 390–400.
- [Havas89] HAVAS, PETER, “The Early History of the “Problem of Motion” in General Relativity”. In: HOWARD und J. [Earman93b] (1989), S. 234–76.
- [Havas93] HAVAS, PETER, “The General-Relativistic Two-Body Problem and the Einstein-Silberstein Controversy”. In: EARMAN u. a. [Earman93b] (1993), S. 88–125.

- [Havas99] HAVAS, PETER, *Einstein, Relativity and Gravitation Research in Vienna before 1938*. Band 7 von GOENNER u. a. [Goenner99] (1999), S. 161–206.
- [Hellerich23] HELLERICH, F., “Über die Verteilung der Periastronlängen der spektroskopischen Doppelsterne”. *Astronomische Nachrichten* **219** (1923), 5253, S. 339–44.
- [Hentschel90] HENTSCHEL, KLAUS, *Interpretationen und Fehlinterpretationen der speziellen und allgemeinen Relativitätstheorie durch Zeitgenossen Albert Einsteins, Science Networks Historical Studies*, Band 6. Birkhäuser Verlag, Basel, Boston, Berlin (1990).
- [Hentschel97] HENTSCHEL, KLAUS, *The Einstein Tower*. Stanford University Press, Stanford, California (1997).
- [Hermann79] HERMANN, A., MEYENN, K.V. und WEISSKOPF, V.F. (Hrsg.) *Wolfgang Pauli. Wissenschaftlicher Briefwechsel mit Bohr, Einstein, Heisenberg u.a.. Band I: 1919-1929*. Springer, New York (1979).
- [Herrmann98] HERRMANN, JOACHIM, *dtv-Atlas Astronomie*. Deutscher Taschenbuch Verlag, München, 13. Auflage (1998).
- [Hertzsprung-Kapteyn28] HERTZSPRUNG-KAPTEYN, HENRIETTA, *J.C. Kapteyn zijn leven en werken*. P. Noordhoff, Groningen (1928).
- [Hetherington73] HETHERINGTON, NORRIS S., “The delayed response to suggestions of an expanding universe”. *Journal of the British astronomical Association* **84** (1973), S. 22–28.
- [Hins33] HINS, C.H., “Het jubileum der oudste universiteitssterrewacht en het 25-jarig professoraat van Prof. de Sitter”. *Hemel en Dampkring* **31** (1933), 11, S. 369–72.
- [Holmes93] HOLMES, FREDERIC L., “Preface (to Osiris 8, 1993)”. *Osiris* **8** (1993), S. vii–viii.
- [Holmes03b] HOLMES, FREDERIC L., RENN, JÜRGEN und RHEINBERGER, HANS-JÖRG, “Epistemological

- premises". In: HOLMES, FREDERIC L., RENN, JÜRGEN und RHEINBERGER, HANS-JÖRG (Hrsg.) *Reworking the Bench, New Studies in the History of Philosophy of Science and Technology*, Band 7, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2003), S. vii–xv.
- [Holmes03c] HOLMES, FREDERIC L., RENN, JÜRGEN und RHEINBERGER, HANS-JÖRG (Hrsg.) *Reworking the Bench, New Studies in the History of Philosophy of Science and Technology*, Band 7. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht (2003).
- [Holton82] HOLTON, GERALD und ELKANA, YEHUDA (Hrsg.) *Albert Einstein. Historical and Cultural Perspectives*. Princeton University Press, Princeton (1982).
- [Hovgaard32] HOVGAARD, WILLIAM, "Ritz's Electrodynamical Theory". *Journal of Mathematics and Physics* **11** (1931/32), S. 218–54.
- [Howard89] HOWARD, DON und STACHEL, JOHN (Hrsg.) *Einstein and the History of General Relativity, Einstein Studies*, Band 1. Birkhäuser, Boston (1989).
- [Hubble29] HUBBLE, EDWIN P., "A Relation between Distance and Radial Velocity among Extragalactic Nebulae". *Proceedings of the National Academy of Sciences* **15** (1929), S. 169–173.
- [Huizinga89a] HUIZINGA, JOHAN, *Briefwisseling I 1894-1924*. Tjeenk Willink, Veen (1989).
- [Huizinga89b] HUIZINGA, JOHAN, *Briefwisseling II 1925-1933*. Tjeenk Willink, Utrecht/Antwerpen (1989).
- [Illy89] ILLY, JÓZSEF, "Einstein Teaches Lorentz, Lorentz Teaches Einstein. Their Collaboration in General Relativity, 1913-1920". *Archive for the History of Exact Sciences* **39** (1989), S. 248–89.
- [Int04] "Interview mit Reinold de Sitter, Wytske Aurig, Wobine Ishwaran, durchgeführt in Leiden am 8.9.2004". privat (2004).

- [Isaksson85] ISAKSSON, EVA, “Der finnische Physiker Gunnar Nordström und sein Beitrag zur Entstehung der allgemeinen Relativitätstheorie Albert Einsteins”. *NTM-Schriftenreihe für die Geschichte der Naturwissenschaft, Technik und Medizin* **22** (1985), S. 29–52.
- [Jaki67] JAKI, STANLEY L., “The role of faith in physics”. *Zygon* **2** (1967), S. 187–202.
- [James63] JAMES, J.F. und STERNBERG, R.S., “Change in Velocity of Light emitted by a Moving Source”. *Nature* **197** (1963), S. 1192.
- [Janssena] JANSSEN, MICHEL, “The Einstein-Besso Manuscript: A Glimpse Behind the Curtain of the Wizard”. <http://www.tc.umn.edu/~janss011/pdffiles/EBms.pdf>, 12.07.2006, URL <http://www.tc.umn.edu/~janss011/pdffiles/EBms.pdf>.
- [Janssenb] JANSSEN, MICHEL, “The Einstein-De Sitter Debate and Its Aftermath”. <http://www.tc.umn.edu/~janss011/pdffiles/Einstein-DeSitter.pdf>, 17.11.2004, URL <http://www.tc.umn.edu/~janss011/pdffiles/Einstein-DeSitter.pdf>.
- [Janssen92] JANSSEN, MICHEL, “H.A. Lorentz’s Attempt to Give a Coordinate-Free Formulation of the General Theory of Relativity”. In: EISENSTAEDT und KOX [Eisenstaedt92] (1992), S. 344–363.
- [Janssen99] JANSSEN, MICHEL, *Rotation as the Nemesis of Einstein’s Entwurf Theory*. Band 7 von GOENNER u. a. [Goenner99] (1999), S. 127–157.
- [Janssen02] JANSSEN, MICHEL, “Reconsidering a Scientific Revolution: The Case of Einstein *versus* Lorentz”. *Physics in Perspective* **4** (2002), S. 421–46.
- [Janssen04a] JANSSEN, MICHEL und RENN, JÜRGEN, “Untying the knot: How Einstein found his way back to field equations discarded in the Zurich notebook”. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Preprint 264, Berlin (2004).

- [Jastrow78] JASTROW, ROBERT, *God and the astronomers*. W.W. Norton & Company, Inc., New York, 1. Auflage (1978).
- [Jeans17] JEANS, JAMES, “Einstein’s Theory of Gravitation”. *The Observatory* **40** (1917), 509, S. 57–58. Reaktion auf Brief von See in *Observatory* (1916), S. 511.
- [Jeffrey21] JEFFREY, HAROLD, “Secular perturbations of the inner planets”. *Science* **54** (1921), S. 248.
- [Jeffreys16] JEFFREYS, HAROLD, “The Secular Perturbations of the Four Inner Planets”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **77** (1916), S. 112–8.
- [Jung04] JUNG, TOBIAS, “Oszillierende Weltmodelle versus Urknallmodelle”. *Berichte zur Wissenschaftsgeschichte* **27** (2004), S. 297–310.
- [Kahn75a] KAHN, FRANZ und KAHN, CARLA, “De ontdekking van het heelal”. *natuur en techniek* **43** (1975), 5, S. 274–287.
- [Kahn75b] KAHN, FRANZ und KAHN, CARLA, “Letters from Einstein to de Sitter on the nature of the universe”. *Nature* **257** (1975), S. 451–454.
- [Karttunen03] KARTTUNEN, HANNU, KRÖGER, PEKKA, OJA, HEIKKI, POUTANEN, MARKKU und DONNER, KARL, *Fundamental Astronomy*. Springer, Berlin Heidelberg New York, 4. Auflage (2003).
- [Katgert-Merkelijn] KATGERT-MERKELIJN, J.K., “The succession of W. de Sitter”.
- [Katzir05a] KATZIR, SHAUL, “Poincaré’s Relativistic Physics: Its Origins and Nature”. *Physics in Perspective* **7** (2005), S. 268–292.
- [Katzir05b] KATZIR, SHAUL, “Poincaré’s Relativistic Theory of Gravitation”. In: KOX, A.J. und EISENSTAEDT, JEAN (Hrsg.) *The Universe of General Relativity, Einstein Studies*, Band 11, Kapitel 2, Birkhäuser, Boston (2005), S. 15–37.

- [Kerszberg87b] KERSZBERG, PIERRE, “The relativity of rotation in the early foundations of General Relativity”. *Studies in the History and Philosophy of Science* **18** (1987), 1, S. 53–79.
- [Kerszberg89a] KERSZBERG, PIERRE, *The Einstein–de Sitter Controversy of 1916–17 and the Rise of Relativistic Cosmology*. Band 1 von HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 325–366.
- [Kerszberg89b] KERSZBERG, PIERRE, *The invented universe: The Einstein–de Sitter controversy (1916–17) and the rise of relativistic cosmology*. Clarendon Press, Oxford (1989).
- [Kienle47] KIENLE, H., “Paul Guthnick †”. *Astronomische Nachrichten* **275** (1947), S. 268–69.
- [Klein85] KLEIN, MARTIN J., *Paul Ehrenfest*, Band 1. North-Holland Publishing Company, Amsterdam, 3. Auflage (1985).
- [Klein89] KLEIN, MARTIN J., “Physics in the Making in Leiden: Paul Ehrenfest as Teacher”. In: SARLEMIJN, A. und SPARNAAY, M.J. (Hrsg.) *Physics in the Making*, North-Holland, Amsterdam (1989), S. 29–44.
- [Kostro00] KOSTRO, LUDWIK, *Einstein and the Ether*. Apeiron, Montreal (2000).
- [Kottler22] KOTTLER, FRIEDRICH, “Gravitation und Relativitätstheorie”. In: DYCK u. a. [Dyck22] (1922), S. 159–237.
- [Kounitzky23] KOUNITZKY, R., “Les systèmes binaires stellaires considérés comme matériel expérimental pour la résolution de la question relative à la constance de la vitesse de propagation de lumière”. *Astronomische Nachrichten* **218** (1923), 5221, S. 201–04.
- [Kox88] KOX, A.J., “Hendrik Antoon Lorentz, the Ether, and the General Theory of Relativity”. *Archive for the History of Exact Sciences* **38** (1988), S. 67–78.

- [Kox89] KOX, A.J., “Hendrik Antoon Lorentz, the Ether, and the General Theory of Relativity”. In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 201–212.
- [Kox92] KOX, A.J., “General Relativity in the Netherlands, 1915-1920”. In: EISENSTAEDT und KOX [Eisenstaedt92] (1992), S. 39–56.
- [Kox93a] KOX, A.J., “Einstein and Lorentz: More than Just Good Colleagues”. *Science in Context* **6** (1993), S. 43–56.
- [Kragh96] KRAGH, HELGE, *Cosmology and Controversy: The Historical Development of Two Theories of the Universe*. Princeton University Press, Princeton, New Jersey (1996).
- [Kragh03] KRAGH, HELGE und SMITH, ROBERT W., “Who discovered the expanding universe?” *History of Science* **41** (2003), 132, S. 141–62.
- [Kramers21] KRAMERS, H.A., “On the application of EINSTEIN’S theory of gravitation to a stationary field of gravitation”. *Proceedings of the Section of Sciences* **23** (1921), S. 1052–73.
- [Kramers38] KRAMERS, H.A., “De dissertatie, het wetenschappelijk oeuvre en de publicaties van A.D. Fokker”. *Nederlandsch Tijdschrift voor Natuurkunde* **5** (1938), S. 204–15.
- [Kunz10] KUNZ, JACOB, “On the Electromagnetic Emission Theory of Light”. *American Journal of Science* **30** (1910), 179, S. 313–22.
- [La Rosa12a] LA ROSA, MICHELE, “Fondamenti sperimentali del 2.° principio della theoria della relatività”. *Il Nuovo Cimento* **6** (1912), 3, S. 345–65.
- [La Rosa12b] LA ROSA, MICHELE, “Über einen Versuch zum Vergleiche der Relativitätstheorie mit den mechanischen Anschauungen über die Lichtausstrahlung”. *Physikalische Zeitschrift* **13** (1912), S. 1129–31.

- [La Rosa24a] LA ROSA, M., “Addiert sich die Geschwindigkeit des Lichtes zu derjenigen der Lichtquelle? Dafür sprechende Beweise aus den Phänomenen der „veränderlichen Sterne“”. *Zeitschrift für Physik* **21** (1924), S. 333–47.
- [La Rosa24b] LA ROSA, M., “Der Dopplereffekt und das ballistische Prinzip über die Geschwindigkeit des Lichtes”. *Astronomische Nachrichten* **222** (1924), S. 249–54.
- [La Rosa24c] LA ROSA, M., “The Ballistic Theory of Light and the Michelson-Morley Experiment”. *Nature* **114** (1924), 2878, S. 933–934.
- [La Rosa24d] LA ROSA, MICHELE, “Das ballistische Prinzip in der Fortpflanzung des Lichtes und einige neuere Untersuchungen von Hrn. Rudolph Tomaschek”. *Annalen der Physik* **75** (1924), S. 195–200.
- [La Rosa25a] LA ROSA, M., “Dopplereffekt und ballistische Theorie des Lichtes”. *Astronomische Nachrichten* **223** (1925), 5346, S. 293–96.
- [La Rosa25b] LA ROSA, M., “Radiale Geschwindigkeiten und ballistische Theorie der veränderlichen Sterne”. *Astronomische Nachrichten* **223** (1925), 5350, S. 359–68.
- [Lämmerzahl05] LÄMMERZAHL, CLAUS, “Die Spezielle Relativitätstheorie auf dem Prüfstand”. *Physik Journal* **4** (2005), 3, S. 77–83.
- [Laub10] LAUB, J., *Über die experimentellen Grundlagen des Relativitätsprinzips, Jahrbuch der Radioaktivität und Elektronik*, Band 7. S. Hirzel, Leipzig (1910), S. 405–63.
- [Laue13] LAUE, MAX, *Das Relativitätsprinzip*. Friedr. Vieweg & Sohn, Braunschweig, 2. Auflage (1913).
- [Laue21] LAUE, MAX VON, *Das Relativitätsprinzip der Lorentztransformationen, Die Relativitätstheorie*, Band 1. Vieweg, Braunschweig (1921).
- [Laue23] LAUE, MAX VON, *Die allgemeine Relativitätstheorie und Einsteins Lehre von der Schwerkraft*,

Die Relativitätstheorie, Band 2. Vieweg, Braunschweig (1923).

- [Lecat24] LECAT, MAURICE, *Bibliographie de la Relativité*. Maurice Lamertin, Bruxelles (1924).
- [Lemaître27] LEMAÎTRE, GEORGE, “Un univers homogène de masse constante et de rayon croissant”. *Annales de la Société Scientifique de Bruxelles* **47(A)** (1927), S. 49–59.
- [Lenard21] LENARD, PHILIP, “Fragen der Lichtgeschwindigkeit”. *Astronomische Nachrichten* **213** (1921), 5107, S. 303–8.
- [Lenard22] LENARD, PHILIPP, *Über Äther und Uräther*. Hirzel, Leipzig (1922).
- [Lenard03] LENARD, PHILIPP; SCHÖNBECK, CHARLOTTE (Hrsg.), *Wissenschaftliche Abhandlungen, Quellen der Wissenschaftsgeschichte*, Band 4. Verlag für Geschichte der Naturwissenschaften und Technik, Berlin (2003).
- [Lenard24] LENARD, PHILIP, “Über die Lichtfortpflanzung im Himmelsraum”. *Astronomische Nachrichten* **220** (1923/24), 5260, S. 63–4.
- [Lewis09] LEWIS, GILBERT N. und TOLMAN, RICHARD C., “The Principle of Relativity, and Non-Newtonian Mechanics”. *Philosophical Magazine* **18** (1909), S. 510–23.
- [Lodge17a] LODGE, OLIVER, “Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter”. *Philosophical Magazine* **34** (1917), S. 81–94.
- [Lodge17b] LODGE, OLIVER, “Astronomical Consequences of the Electrical Theory of Matter. Supplementary Note by Sir Oliver Lodge”. *Philosophical Magazine* **34** (1917), S. 517–21.
- [Lodge18] LODGE, OLIVER, “Continued Discussion of the Astronomical and Gravitational Bearings of the Electrical Theory of Matter”. *Philosophical Magazine* **35** (1918), S. 141–56.

- [Lorentz10] LORENTZ, H.A., “Alte und neue Frage der Physik”. *Physikalische Zeitschrift* **11** (1910), 26, S. 1234–57.
- [Lorentz14a] LORENTZ, H.A., *Das Relativitätsprinzip. Drei Vorlesungen gehalten in Teylers Stiftung zu Haarlem*. Beihefte zur Zeitschrift für mathematischen und naturwissenschaftlichen Unterricht, B.G. Teubner, Leipzig (1914).
- [Lorentz14b] LORENTZ, H.A., “Het Relativiteitsbeginsel”. *Archiv du Musée Teyler* **2** (1914), Série 3, S. 1–60.
- [Lorentz14c] LORENTZ, H.A., “La Gravitation”. *Scientia* **16** (1914), S. 28–59. Übersichtsartikel über Einsteins RT inkl. Entwurftheorie.
- [Lorentz15] LORENTZ, H.A., “Het beginsel van HAMILTON in EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **23.2** (1915), S. 1073–89. Original zu [Lorentz17e].
- [Lorentz16a] LORENTZ, H.A., “Over EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht. I.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **24.2** (1916), S. 1389–1402.
- [Lorentz16b] LORENTZ, H.A., “Over EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht. II.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **24.2** (1916), S. 1759–74.
- [Lorentz17a] LORENTZ, H.A., “On EINSTEIN’s theory of gravitation. I.” *Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 1341–54.
- [Lorentz17b] LORENTZ, H.A., “On EINSTEIN’s theory of gravitation. II.” *Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 1354–69.
- [Lorentz17c] LORENTZ, H.A., “On EINSTEIN’s theory of gravitation. III.” *Proceedings of the Section of Sciences* **20** (1917), S. 2–19.

- [Lorentz17d] LORENTZ, H.A., “On EINSTEIN’s theory of gravitation. IV.” *Proceedings of the Section of Sciences* **20** (1917), S. 20–34.
- [Lorentz17e] LORENTZ, H.A., “On HAMILTON’s principle in EINSTEIN’s theory of gravitation”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 751–65. Übersetzung von [Lorentz15].
- [Lorentz17f] LORENTZ, H.A., “Over EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht. III.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25.1** (1917), S. 468–86.
- [Lorentz17g] LORENTZ, H.A., “Over EINSTEIN’s theorie der zwaartekracht. IV.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **25** (1917), S. 1380–96.
- [Lorentz18a] LORENTZ, H.A. und DROSTE, J., “De beweging van een stelsel lichamen onder den invloed van hunne onderlinge aantrekking, behandelt volgens de theorie van EINSTEIN. I.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **26.1** (1918), S. 392–403.
- [Lorentz18b] LORENTZ, H.A. und DROSTE, J., “De beweging van een stelsel lichamen onder den invloed van hunne onderlinge aantrekking, behandelt volgens de theorie van EINSTEIN. II.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeeling* **26.1** (1918), S. 649–60.
- [Lorentz39] LORENTZ, H.A., *H.A. Lorentz Collected Papers*, Band 9. Martinus Nijhoff, The Hague (1939).
- [Lorentz82] LORENTZ, H.A., EINSTEIN, A. und MINKOWSKI, H., *Das Relativitätsprinzip*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt (1982).
- [Maiocchi85] MAIOCCHI, ROBERTO, *Einstein in Italia*. Franco Angeli, Milano (1985).

- [Majorana18] MAJORANA, Q., “On the second postulate of the theory of relativity: An experimental demonstration of the constancy of the velocity of light reflected by a moving mirror”. *Physical Review* **11** (1918), S. 411–420.
- [Majorana19] MAJORANA, Q., “Experimental Demonstration of the Constancy of Velocity of the Light emitted by a Moving Source”. *Philosophical Magazine* **37** (1919), S. 145–50.
- [Majorana20] MAJORANA, QUIRINO, “On Gravitation. Theoretical and Experimental Researches.” *Philosophical Magazine* **39** (1920), S. 488–504.
- [Martínez04] MARTÍNEZ, ALBERTO A., “Ritz, Einstein, and the Emission Hypothesis”. *Physics in Perspective* **6** (2004), S. 4–28.
- [Mathews17] MATHEWS, GEORGE, “The new Physics”. *Nature* **100** (1917), 2504, S. 155.
- [McConnell75] MCCONNELL, J.R., “Cornelius Lánčzos in Dublin (1953-1974)”. *Computers and mathematics with applications* **1** (1975), S. 263–4.
- [McCormmach70] MCCORMMACH, RUSSELL, “Einstein, Lorentz, and the Electron Theory”. *Historical Studies in the Physical Sciences* **2** (1970), S. 41–87.
- [McCormmach80] MCCORMMACH, RUSSELL, “Lorentz, Hendrik Antoon”. In: GILLISPIE, CHARLES C. (Hrsg.) *Dictionary of Scientific Biography*, Band 8, Charles Scribner’s & Sons, New York (1980), S. 487–500.
- [Metzler00] METZLER, GABRIELE, *Internationale Wissenschaft und nationale Kultur. Deutsche Physiker in der internationalen Community 1900-1960*. Vandenhoeck & Ruprecht, Göttingen (2000).
- [Michelson13] MICHELSON, A.A., “Effect of reflection from a moving mirror on the velocity of light”. *Astrophysical Journal* **37** (1913), S. 190–93.
- [Miller25] MILLER, DAYTON C., “Ether-Drift Experiments at Mount Wilson”. *Proceedings of the National Academy of Sciences* **11** (1925), S. 306–14.

- [Miller81] MILLER, ARTHUR I., *Albert Einstein's special theory of relativity. Emergence (1905) and early interpretation (1905-1911)*. Addison-Wesley, London, Amsterdam (1981).
- [Moore77] MOORE, PATRICK und COLLINS, PETE, *The Astronomy of Southern Africa*. Robert Hale & Company, London (1977).
- [Moyer79] MOYER, DONALD FRANKLIN, "Revolution in Science: The 1919 Eclipse Test of General Relativity". In: PERLMUTTER, ARNOLD und SCOTT, LINDA F. (Hrsg.) *On the Path of Albert Einstein, Studies in the Natural Sciences*, Band 15, Plenum Press, New York (1979), S. 55–101.
- [Museum04a] MUSEUM, NATIONAL MARITIME, "Meridian Astronomy". <http://www.nmm.ac.uk/conWebDoc/329> (2004). 13.10.2004.
- [Museum04b] MUSEUM, NATIONAL MARITIME, "Positional Astronomy". <http://www.nmm.ac.uk/conWebDoc/331> (2004). 13.10.2004.
- [Nastasi91] NASTASI, PIETRO (Hrsg.) *Lettere a Michele La Rosa (1903-1932), Quaderni del Seminario di Storia della Scienza della Facoltà di Scienze di Palermo*, Band 1. Facolta' di Scienze Universita' Di Palermo, Palermo (1991).
- [Nersessian86] NERSESSIAN, NANCY J., "“Why wasn't Lorentz Einstein?” An Examination of the Scientific Method of H.A. Lorentz". *Centaurus* **29** (1986), S. 205–242.
- [NN102] *Wie is dat?* Vivat, Amsterdam (1902).
- [N.N.15] N.N., "De Sitter". *Nederland's Patriciaat* **6** (1915), S. 329–35.
- [N.N.16] N.N., "Mathematics and Physics at the British Association". *Nature* **98** (1916), 2450, S. 120. Bericht über Sitzung der Sektion Mathematik und Physik. Inhalt: Gravitation, darunter Einsteins neue Theorie.

- [N.N.17b] N.N., “Kurze Artikel zu RT und Merkurperihel, Sonnenfinsternis”. *The Observatory* **40** (1917), S. 356–57;413;419.
- [N.N.17c] N.N., “On the relativity of Rotation in Einstein’s Theory (Review)”. *Scientific American Supplement* (1917), 2172, S. 102.
- [N.N.17d] N.N., “Our Astronomical Column. Relativity and Gravitation”. *Nature* **100** (1917), 2498, S. 33. Zur Eddington - Lodge Debatte.
- [N.N.19a] N.N., “De reorganisatie van de Leidsche Sterrenwacht”. *Nieuwe Rotterdamsche Courant Ochtendblad A* (09.09.1919).
- [N.N.19b] N.N., “Gravitation and Relativity”. *Nature* **103** (1919), 2575, S. 2. Review of Eddington’s *Report on the Relativity Theory of Gravitation*.
- [N.N.21a] N.N., “Onderwijs”. *Het Vaderland Avondblad B* (05.04.1921).
- [N.N.21b] N.N., “Review: The Theory of Relativity. By R. D. Carmichael”. *The American Mathematical Monthly* **28** (1921), 4, S. 175, URL <http://links.jstor.org/sici?sici=0002-9890%28192104%2928%3A4%3C175%3ATTOR%3E2.0.CO%3B2-K>.
- [N.N.21c] N.N., “Een prijsvraag over de Theorie van Einstein”. *Het Vaderland Avondblad A* (21.02.1921).
- [N.N.24a] N.N., “AN ANTI-RELATIVITY THEORY”. *Nature* **114** (1924), 2860, S. 290.
- [N.N.24b] N.N., “PROF. LA ROSA’S THEORY ON THE CAUSE OF STELLAR VARIABILITY”. *Nature* **114** (1924), 2867, S. 550.
- [N.N.25b] N.N., “Het 2e congres der Internationale Astronomische Unie”. *Nieuwe Rotterdamsche Courant* **27.07.1925** (1925).
- [N.N.28] N.N., “Stars of the Month”. *The Times* **06.03.1928** (1928), S. 9.

- [N.N.30] N.N., “Een belangrijke gift voor de Leidsche sterrewacht”. *Hemel en Dampkring* **28** (1930), S. 210–12.
- [N.N.31i] N.N., “The Royal Astronomical Society”. *The Times* **10.01.1931** (1931), S. 10.
- [N.N.31j] N.N., “Een nieuw instrument voor de Leidsche Sterrenwacht en de daarmee te ondernemen expeditie”. *Nieuwe Rotterdamsche Courant Avondblad* (23.4.1931).
- [N.N.32a] N.N., “The Encaenia at Oxford. Honorary Degrees. Statecraft, Science, and Letters.” *The Times* **23.06.1932** (1932), S. 8.
- [N.N.32c] N.N., “University News. Honorary Degrees at Oxford Encaenia.” *The Times* **26.05.1932** (1932), S. 16.
- [N.N.33b] N.N., “Oldest Observatory in Europe. Leiden’s Tercentenary”. *The Times* **07.10.1933** (1933), S. 11.
- [N.N.BibTeX-package25] N.N.BIBTEX-PACKAGE, “University News. Honorary degrees at Cambridge. Jurisprudence class list at Oxford.” *The Times* **22.07.1925** (1925), S. 19. Artikel zur Verleihung der Ehrendoktorwürde an W. de Sitter in Cambridge.
- [Nordström17] NORDSTRÖM, GUNNAR, “EINSTEIN’s theory of gravitation and HERGLOTZ’s mechanics of continua”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 884–91.
- [Nordström18a] NORDSTRÖM, GUNNAR, “Berekening voor eenige bijzondere gevallen volgens de gravitatieheorie van EINSTEIN”. *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **26.2** (1918), S. 1577–89.
- [Nordström18b] NORDSTRÖM, GUNNAR, “Een en ander over de energie van het zwaartekrachtsveld volgens de theorie van EINSTEIN”. *Koninklijke Akademie van*

- Wetenschappen te Amsterdam. Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Natuurkundige Afdeling* **26.2** (1918), S. 1201–8.
- [North67] NORTH, JOHN, *The measure of the universe*. Dover Publications, New York (1967).
- [North90] NORTH, JOHN D., *The early years*. In: BERTOTTI u. a. [Bertotti90a] (1990), S. 11–30.
- [Norton89a] NORTON, JOHN, “How Einstein Found His Field Equations, 1912-1915”. In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 101–59.
- [Norton89b] NORTON, JOHN, “What was Einstein’s Principle of Equivalence?” In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 5–47.
- [Norton92] NORTON, JOHN D., “Einstein, Nordström and the early Demise of Lorentz-covariant, Scalar Theories of Gravitation”. *Archive for History of Exact Sciences* **45** (1992), S. 17–94.
- [Norton93] NORTON, JOHN D., “Einstein and Nordström: Some Lesser-Known Thought Experiments in Gravitation”. In: EARMAN u. a. [Earman93b] (1993), S. 3–29.
- [Norton04] NORTON, JOHN D., “Einstein’s Investigations of Galilean Covariant Electrodynamics Prior to 1905”. *Archive for the History of Exact Sciences* **59** (2004), S. 45–105.
- [Oort77] OORT, JAN, “Transcript of an interview of Jan Oort taken on a tape recorder by David DeVorkin on November 10, 1977” (1977). American Institute of Physics, 44 Seiten, Sources for History of Modern Astrophysics Project.
- [Oort81] OORT, J.H., “Some notes on my life as an astronomer”. *Annual Review of Astronomy and Astrophysics* **19** (1981), S. 1–5.
- [Oppenheim34] OPPENHEIM, S., “VI 2,22. Kritik des Newtonschen Gravitationsgesetzes”. In: SCHWARZSCHILD, K., OPPENHEIM, S. und v. DYCK, W.

- (Hrsg.) *Astronomie, Encyklopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*, Band VI.2, Kapitel VI 2, 22, B.G. Teubner, Leipzig (1922-1934), S. 80–158.
- [O’Rahilly38] O’RAHILLY, ALFRED, *Electromagnetics*. Longman, Green and Co./Cork University Press, London/Cork (1938).
- [Ortiz75] ORTIZ, EDUARDO L., “Lánczos and the Institute for Advanced Studies in the early Sixties”. *Computers and mathematics with applications* **1** (1975), S. 264–7.
- [Otterspeer97] OTTERSPEER, W. und SCHULLER TOT PEURSUM-MEIJER, J., *Wetenschap en wereldvrede*. Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, Amsterdam (1997).
- [Pais86] PAIS, ABRAHAM, *Raffiniert ist der Herrgott ... “: Albert Einstein; eine wissenschaftliche Biographie*. Vieweg, Braunschweig (1986).
- [Pannekoek82] PANNEKOEK, ANTON; SIJS, B.A., WELCKER, J.M., VAN DER LEEUW, J.R. (Hrsg.), *Herrinneringen (Herinneringen uit de arbeidersbeweging, Sterrenkundige herinneringen)*, *De Nederlandse Arbeidersbeweging*, Band 9. Van Gennep, Amsterdam (1982).
- [Pauli21] PAULI, WOLFGANG, “Relativitätstheorie”. In: SOMMERFELD [Sommerfeld22] (1921), S. 543–777.
- [Planck14] PLANCK, MAX, “Erwiderung des Sekretars Hrn. PLANCK”. *Sitzungsberichte der königlich preussischen Akademie der Wissenschaften* (1914), S. 724–4.
- [Plummer10] PLUMMER, H.C., “On the Theory of Aberration and the Principle of Relativity”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **70** (1910), S. 252–66.
- [Plummer14] PLUMMER, H.C., “Note on the Velocity of Light and Doppler’s Principle”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **74** (1914), 8, S. 660–63.

- [Poincaré06] POINCARÉ, HENRI, “Sur la dynamique de l’Électron”. *Rendiconti del Circolo Matematico di Palermo* **21** (1906), S. 129–75.
- [Poincaré08] POINCARÉ, HENRI, “La dynamique de l’électron”. *Revue générale des sciences pures et appliquées* **19** (1908), S. 386–402.
- [Poor21] POOR, CHARLES LANE, “The motions of the planets and the relativity theory”. *Science* **54** (1921), S. 30–34.
- [Pyenson85] PYENSON, LEWIS, *The young Einstein*. Adam Hilger Ltd., Bristol, Boston (1985).
- [Pyenson89] PYENSON, LEWIS, *Empire of Reason*. E.J. Brill, Leiden (1989).
- [RAS11] RAS, “Meeting of the Royal Astronomical Society. Friday, 1911 March 10”. *The Observatory* **34** (1911), 434, S. 135–52. De Sitters Artikel [deSitter11c] wird vorgestellt.
- [RAS16b] RAS, “Meeting of the Royal Astronomical Society, Friday, 1916 November 10”. *The Observatory* **39** (1916), 507, S. 479–493.
- [RAS17] RAS, “Meeting of the Royal Astronomical Society. Friday, 1917 November 9”. *The Observatory* **40** (1917), 520, S. 423–38. Eddington berichtet über de Sitter’s 3rd paper.
- [RAS19a] RAS, “Joint Eclipse Meeting of the Royal Society and the Royal Astronomical Society, 1919, November 6”. *The Observatory* **42** (1919), 545, S. 389–98.
- [RAS30b] RAS, “Meeting of the Royal Astronomical Society. Friday, 1930 January 10.” *The Observatory* **53** (1930), 669, S. 33–44.
- [Reeves87] REEVES, BARBARA J., “Einstein politicized: The early reception of relativity in Italy”. In: GLICK, THOMAS F. (Hrsg.) *The Comparative Reception of Relativity, Boston Studies in the Philosophy of Science*, Band 103, D. Reidel, Dordrecht, Boston (1987), S. 189–229.

- [Ren]
- [Renn98] RENN, JÜRGEN, CASTAGNETTI, GUISEPPE und DAMEROW, PETER, “Albert Einstein: Alte und neue Kontexte in Berlin”. Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Preprint 104, Berlin (1998).
- [Renn99] RENN, JÜRGEN und SAUER, TILMAN, *Heuristics and Mathematical Representation in Einstein’s Search for a Gravitational Field Equation*. Band 7 von GOENNER u. a. [Goenner99] (1999), S. 87–125.
- [Rispens06] RISPENS, SYBE IZAAK, *Einstein in Nederland*. Ambo, Amsterdam (2006).
- [Ritz63a] RITZ, WALTER, *Prinzip der Relativität in der Optik*. In: [Ritz63b] (1963), S. 5–14. Mit einem Nachwort von Dr. Karl Dürr.
- [Ritz63b] RITZ, WALTER, *Theorien über Aether, Gravitation, Relativität und Elektrodynamik*. Schritt-Verlag, Bern und Badisch-Rheinfelden (1963). Mit einem Nachwort von Dr. Karl Dürr.
- [Röhle02] RÖHLE, STEFAN, “Mathematische Probleme in der Einstein – de Sitter Kontroverse”. Preprint 210, Max-Planck-Institut für Wissenschaftsgeschichte, Berlin (2002).
- [Roseveare82] ROSEVEARE, N.T., *Mercury’s perihelion from Le Verrier to Einstein*. Clarendon Press, Oxford (1982).
- [Rosser61] ROSSER, W.G.V., “Velocity of Light emitted by a moving Source”. *Nature* **190** (1961), 4772, S. 249.
- [Rowe01] ROWE, DAVID E., “Einstein meets Hilbert: At the Crossroads of Physics and Mathematics”. *Physics in Perspective* **3** (2001), S. 379–424.
- [Rowe04] ROWE, DAVID E., “Making Mathematics in an Oral Culture: Göttingen in the Era of Klein and Hilbert”. *Science in Context* **17** (2004), S. 85–129.

- [Rowe06] ROWE, DAVID E., “Einstein’s allies and enemies: Debating relativity in Germany, 1916-1920”. In: HENDRICKS, V.F., JØRGENSEN, K.F., LÜTZEN, J. und PEDERSEN, S.A. (Hrsg.) *Interactions. Mathematics, Physics and Philosophy, 1860-1930, Boston Studies in the Philosophy of Science*, Band 251, Springer (2006), S. ?–?
- [Roxburgh75] ROXBURGH, IAN W. und TAVAKOL, REZA, “The gravitational theories of Poincaré and Milne and the non-Riemannian kinematic models of the universe”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **170** (1975), S. 599–610.
- [Rynasiewicz05] RYNASIEWICZ, ROBERT, “Der Weg zu einer neuen Kinematik. Die optischen und elektrodynamischen Ursprünge der Speziellen Relativität.” *Physik Journal* **4** (2005), 3, S. 69–75.
- [Sampson01a] SAMPSON, R.A., “Mr. de Sitter’s Determination of Jupiter’s Mass”. *The Observatory* **24** (1901), 310, S. 376–9.
- [Sampson01b] SAMPSON, R.A., “The Orbits of Jupiter’s Satellites”. *The Observatory* **24** (1901), 307, S. 271–74.
- [Sampson01c] SAMPSON, R.A., “The Orbits of Jupiter’s Satellites”. *The Observatory* **24** (1901), 308, S. 301–05.
- [Sampson02] SAMPSON, R.A., “Note on Mr. de Sitter’s recent Paper”. *The Observatory* **25** (1902), 315, S. 86–8.
- [Sampson05] SAMPSON, R.A., “On Dr. de Sitter’s „Remarkable Error in Damoiseau’s Tables“”. *The Observatory* **28** (1905), 354, S. 107.
- [Sánchez-Ron92] SÁNCHEZ-RON, JOSÉ, *The Reception of General Relativity Among British Physicists and Mathematicians (1915-1930)*. Band 3 von EISENSTAEDT und KOX [Eisenstaedt92] (1992), S. 57–88.
- [Schemmel05] SCHEMMEL, MATTHIAS, “An Astronomical Road to General Relativity: The Continuity between Classical and Relativistic Cosmology in the Work of Karl Schwarzschild”. *Science in Context* **18** (2005), 3, S. 451–78.

- [Schouten18a] SCHOUTEN, J.A., “On the arising of a precession-motion owing to the non-euclidian linear element of the space in the vicinity of the sun”. *Proceedings of the Section of Sciences* **21** (1918), S. 533–39. Addendum von de Sitter auf S. 538-9, [deSitter18c].
- [Schouten18b] SCHOUTEN, J.A., “Over het ontstaan eener praecessiebeweging tengevolge van het niet euklidisch zijn der ruimte in de nabijheid van de zon”. *Verslag van de Gewone Vergaderingen der Wis- en Naturkundige Afdeeling* **27** (1918), S. 214–20. Addendum von de Sitter auf S. 219-20, [deSitter18b].
- [Schouten21] SCHOUTEN, J.A., “On geodetic precession”. *Proceedings of the Section of Sciences* **23** (1921), S. 1108–1112.
- [Schouten50] SCHOUTEN, W.J.A., *Grote Sterrenkundigen. Van Ptolomaeus tot de Sitter*. N.V. Leidsche Uitgeversmaatschappij, Rijswijk (1950).
- [Schwarzschild16a] SCHWARZSCHILD, KARL, “Über das Gravitationsfeld einer Kugel aus inkompressibler Flüssigkeit nach der Einsteinschen Theorie”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1916), S. 424–434.
- [Schwarzschild16b] SCHWARZSCHILD, KARL, “Über das Gravitationsfeld eines Massenpunktes nach der Einsteinschen Theorie”. *Sitzungsberichte der Preussischen Akademie der Wissenschaften zu Berlin* (1916), S. 189–196.
- [See16] SEE, T.J.J., “Einstein’s Theory of Gravitation”. *The Observatory* **39** (1916), 507, S. 511–512.
- [See20] SEE, T.J.J., “New Theory of the Aether”. *Astronomische Nachrichten* **211** (1920), 5048, S. 137–90.
- [Seeliger09] SEELIGER, HUGO, “Über die Anwendung der Naturgesetze auf das Universum”. *Sitzungsberichte der Königlich Bayerischen Akademie der Wissenschaften. Mathematisch-physikalische Klasse*. (1909), 4. Abhandlung, S. 3–25.

- [Sellerio34] SELLERIO, A., “Michele La Rosa”. *Memorie della Societa Astronomica Italiana* **7** (1933/34), 4, S. 429–38.
- [Servos93] SERVOS, JOHN W., “Research Schols and Their Histories”. *Osiris* **8** (1993), S. 3–15.
- [Shankland55] SHANKLAND, R. S., MCCUSKEY, S. W., LEONE, F. C. und KUERTI, G., “New Analysis of the Interferometer Observations of Dayton C. Miller”. *Reviews of Modern Physics* **27** (1955), 2, S. 167–78.
- [Silberstein14] SILBERSTEIN, L., *The Theory of Relativity*. Macmillan and Co., Limited, London (1914).
- [Silberstein17] SILBERSTEIN, LUDWIK, “The motion of the Perihelion of Mercury deduced from the classical Theory of Relativity”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **77** (1917), S. 503–10.
- [Smith82] SMITH, ROBERT W., *The expanding Universe. Astronomy’s ‘Great Debate’ 1900-1931*. Cambridge University Press, Cambridge (1982).
- [Snelders89] SNELDERS, H.A.M., *Fokker, Adriaan Daniel, Biografisch Woordenboek van Nederland*, Band 3. ’s-Gravenhage (1989), S. 174–5.
- [Sommerfeld22] SOMMERFELD, ARTHUR (Hrsg.) *Physik, Encyclopädie der Mathematischen Wissenschaften mit Einschluss ihrer Anwendungen*, Band V, zweiter Teil. B.G. Teubner, Leipzig (1904-1922).
- [Sponsel02] SPONSEL, ALISTAIR, “Constructing a ‘revolution in science’: the campaign to promote a favourable reception for the 1919 solar eclipse experiments”. *British Journal for the History of Science* **35** (2002), 4, S. 439–67.
- [Stachel86] STACHEL, JOHN, “Eddington and Einstein”. In: ULLMANN-MARGALIT, EDNA (Hrsg.) *The Prism of Science, Boston Studies in the Philosophy of Science*, Band 2, D. Reidel, Dordrecht (1986), S. 225–250.

- [Stachel89] STACHEL, JOHN, “Einstein’s Search for General Covariance, 1912-1915”. In: HOWARD und STACHEL [Howard89] (1989), S. 63–100.
- [Stachel02a] STACHEL, JOHN, “Belated Decision in the Hilbert-Einstein Priority Dispute”. In: *Einstein from 'B' to 'Z'* [Stachel02b] (2002), S. 339–46.
- [Stachel02b] STACHEL, JOHN, *Einstein from 'B' to 'Z', Einstein Studies*, Band 9. Birkhäuser, Boston, Basel, Berlin (2002).
- [Stachel02c] STACHEL, JOHN, “New Light on the Einstein-Hilbert Priority Question”. In: *Einstein from 'B' to 'Z'* [Stachel02b] (2002), S. 353–64.
- [Stachel02d] STACHEL, JOHN, “The First Two Acts”. In: *Einstein from 'B' to 'Z'* [Stachel02b] (2002), S. 261–92.
- [Stachel02e] STACHEL, JOHN, “The Genesis of General Relativity”. In: *Einstein from 'B' to 'Z'* [Stachel02b] (2002), S. 233–44.
- [Stanley03] STANLEY, MATTHEW, “An Expedition to Heal the Wounds of War”. *Isis* **94** (2003), S. 57–89.
- [Stanley04] STANLEY, MATTHEW, *Practical Mystic: Religion and Science in the Life and Work of A.S. Eddington*. „Dissertation, Harvard University, Cambridge, Massachusetts (2004).
- [Stein28] STEIN, J., “Het derde congres der Internationale Astronomische Unie Leiden, 5-13 Juli 1928”. *Hemel en Dampkring* **26** (1928), 11, S. 321–334.
- [Stewart11] STEWART, OSKAR M., “The second postulate of relativity and the electromagnetic emission theory of light”. *Physical Review* **32** (1911), S. 418–28.
- [Stratton29] STRATTON, F.J.M. (Hrsg.), *Transactions of the International Astronomical Union*, Band 3, International Astronomical Union, Cambridge University Press, Cambridge (1929).
- [Stratton33] STRATTON, F.J.M., “Toespraak van Prof. F.J.M. Stratton”. *Hemel en Dampkring* **31** (1933), 11, S. 380–2.

- [Stroobant07] STROOBANT, P., DELVOSAL, J., PHILIPPOT, H., DELPORTE, E. und MERLIN, E., *Les observatoires astronomiques et les astronomes*. Hayez, Bruxelles (1907).
- [Stroobant31] STROOBANT, P., DELVOSAL, J., DELPORTE, E. und MOREAU, F., *Les observatoires astronomiques et les astronomes*. Casterman, Tournai, Paris (1931).
- [Struik73] STRUIK, DIRK JAN, “Chapter V. Leiden Science” (1973). American Institute of Physics, Center for History of Physics, Nils Bohr Library, Call number: MB508.
- [Suloway96] SULLOWAY, FRANK J., *Born to rebel*. Pantheon Books, New York (1996).
- [Tolman10b] TOLMAN, RICHARD C., “The second postulate of relativity”. *Physical Review* **31** (1910), S. 26–40.
- [Tolman12] TOLMAN, RICHARD C., “Some emission theories of light”. *Physical Review* **35** (1912), S. 136–43.
- [Tolman17] TOLMAN, RICHARD C., *The theory of the relativity of motion*. University of California Press, Berkeley (1917).
- [Tomaschek23a] TOMASCHEK, R., “Über den Michelsonversuch mit Fixsternlicht”. *Astronomische Nachrichten* **219** (1923), 5251, S. 301–6.
- [Tomaschek23b] TOMASCHEK, RUDOLF, “Über das Verhalten des Lichtes außerirdischer Lichtquellen”. *Annalen der Physik* **73** (1923), S. 105–26.
- [Tomaschek24] TOMASCHEK, RUDOLF, “Über Aberration und Absolutbewegung”. *Annalen der Physik* **74** (1924), S. 136–45.
- [Tresling17] TRESLING, J., “The equations of the theory of electrons in a gravitational field of EINSTEIN deduced from a variation principle. The principal function of the motion of the electrons.” *Koninklijke Akademie van Wetenschappen te Amsterdam. Proceedings of the Section of Sciences* **19** (1917), S. 892–6.

- [Tropp93] TROPP, EDUARD A., FRENKEL, VIKTOR YA und CHERNIN, ARTUR D., *Alexander A. Friedmann: The man who made the universe expand*. Cambridge University Press, Cambridge (1993).
- [vanBerkel00a] VAN BERKEL, KLAAS, “Growing astronomers for export: Dutch astronomers in the United States before World War II.” In: KRUIT, P.C. VAN DER und BERKEL, KLAAS VAN (Hrsg.) *The Legacy of J.C. Kapteyn, Astrophysics and Space Science Library*, Band 246, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London (2000), S. 151–174.
- [vandeKamp77] VAN DE KAMP, PETER, “Transcript of an Interview taken on a Tape Recorder by David DeVorkin on 9 April 1977” (1977). American Institute of Physics, 119 Seiten, Sources for History of Modern Astrophysics Project.
- [vanDelft06] VAN DELFT, DIRK, “Albert Einstein in Leiden”. *Physics Today* (2006), S. 57–62.
- [vandenBos25] VAN DEN BOS, WILLEM HENDRIK, *Micrometermetingen van Dubbelsterren*. „Dissertation, Leiden (1925).
- [vanderHeijden00] VAN DER HEIJDEN, PETRA, “The ‘Lost Letters’ of J.C. Kapteyn”. In: KRUIT, P.C. VAN DER und BERKEL, KLAAS VAN (Hrsg.) *The Legacy of J.C. Kapteyn, Astrophysics and Space Science Library*, Band 246, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht/Boston/London (2000), S. 31–52.
- [vanGalen Last69] VAN GALEN LAST, H., *Nederland voor de storm - politiek en literatuur in de jaren dertig*. Fibula-van Dishoeck, Bussum (1969).
- [vanHerk83] VAN HERK, GIJSBERT und KLEIBRING, HERMAN, *De Leidse Sterrewacht. Vier eeuwen wacht bij dag en bij nacht*. Uigeverij Waanders, Zwolle (1983).
- [vanRhijn33] VAN RHIJN, P.J., “Boekbespreking *Kosmos*, by W. de Sitter”. *Hemel en Dampkring* **31** (1933), S. 24–5.

- [Vishwakarma05] VISHWAKARMA, R.G., “Einstein-de Sitter model re-examined for newly discovered Type Ia supernovae”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **361** (2005), S. 1382–6.
- [Vizgin87] VIZGIN, V.P. und GORELIK, G.E., “The reception of the theory of relativity in Russia and the USSR”. In: GLICK [Glick87b] (1987), S. 265–326.
- [Voigt88] VOIGT, HANS-HEINRICH, *Abriß der Astronomie*. BI-Wissenschaftsverlag, Mannheim/Wien/Zürich (1988).
- [vonSeeliger15] VON SEELIGER, HUGO, “Über die Anomalien in der Bewegung der innern Planeten”. *Astronomische Nachrichten* **201** (1915), 4815, S. 273–80.
- [vonSeeliger16] VON SEELIGER, HUGO, “Über die Gravitationswirkung auf die Spektrallinien”. *Astronomische Nachrichten* **202** (1916), 4829, S. 83–6.
- [voorbijzondereJoodsche belangen33] VOOR BIJZONDERE JOODSCHE BELANGEN, COMITÉ (Hrsg.) *De ontrenting der Joden in Duitschland*. Joachimsthal’s Stoomdrukkerij, Amsterdam (1933).
- [Wacker09] WACKER, FRITZ, *Über Gravitation und Elektromagnetismus*. „Dissertation, Eberhard-Karls-Universität zu Tübingen, Borna, Leipzig (1909).
- [Waldron77] WALDRON, RICHARD ARTHUR, *The wave and ballistic theories of light – a critical review*. Frederick Muller Limited, London (1977). Sehr kritisch gegenüber Einsteins SRT (anti-relativistisch?!), pro Ritz.
- [Walter07] WALTER, SCOTT, “Breaking in the 4-vectors: the four-dimensional movement in gravitation, 1905-1910”. In: RENN, JÜRGEN (Hrsg.) *The Genesis of General Relativity, Vol.3: Theories of Gravitation in the Twilight of Classical Physics, Part 1, Boston Studies in the Philosophy of Science*, Band 201, Kluwer (2007), S. 193–252.
- [Warner77] WARNER, BRIAN, “Astronomical Archives in Southern Africa”. *Journal for the History of Astronomy* **8** (1977), S. 217–22.

- [Warner79] WARNER, BRIAN, *Astronomers at the Royal Observatory Cape of Good Hope*. A.A.Balkema, Cape Town and Rotterdam (1979).
- [Warwick03] WARWICK, ANDREW, *Masters of Theory. Cambridge and the Rise of Mathematical Physics*. The University of Chicago Press, Chicago (2003).
- [Wattenberg58] WATTENBERG, DIEDRICH, “H.J. Gramatzki †”. *Die Sterne* **34** (1958), 1/2, S. 38–9.
- [Wesselink77] WESSELINK, A., “Transcript of an interview of A. Wesselink taken on a tape recorder by David DeVorkin on September 23, 1977” (1977). American Institute of Physics, 49 Seiten, Sources for History of Modern Astrophysics Project.
- [Weyl18] WEYL, HERMANN, *Raum–Zeit–Materie. Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie*. Springer, Berlin, 1. Auflage (1918).
- [Weyl23b] WEYL, HERMANN, *Raum–Zeit–Materie. Vorlesungen über allgemeine Relativitätstheorie*. Springer, Berlin, 5. Auflage (1923).
- [Wheaton77] WHEATON, BRUCE (Hrsg.) *Catalogue of the Paul Ehrenfest Archive at the Museum Boerhaave Leiden*. Museum Boerhaave, Leiden (1977).
- [Whitrow65] WHITROW, G.J. und MORDUCH, G.E., “Relativistic Theories of Gravitation”. *Vistas in Astronomy* **6** (1965), S. 1–67.
- [Whittaker10] WHITTAKER, E.T., “Recent Researches on Space, Time, and Force”. *Monthly Notices of the Royal Astronomical Society* **70** (1910), S. 363–66.
- [Whittaker53] WHITTAKER, EDMUND, *A history of the Theories of Aether and Electricity. The Modern Theories 1900-1926*, Band 2. Humanities Press, New York (1953).
- [Willink98] WILLINK, BASTIAAN, *De tweede gouden eeuw. Nederland en de Nobelprijzen voor natuurwetenschappen 1870-1940*. Uitgeverij Bert Bakker, Amsterdam (1998).

- [Wilson17] WILSON, EDWIN BIDWELL, “Generalized coordinates, relativity, and gravitation”. *Astrophysical journal* **45** (1917), S. 244–53.
- [Woltjer15] WOLTJER, J. JR., “On SEELIGER’S hypothesis about the anomalies in the motion of the inner planets”. *Proceedings of the Section of Sciences* **17** (1915), S. 23–33.
- [Woltjer18] WOLTJER, JAN, *Investigations in the Theory of Hyperion*. „Dissertation, Leiden (1918).
- [Yavelov02] YAVELOV, BORIS, “Einstein’s Zurich Colloquium”. In: BALASHOV, YURI und VIZGIN, VLADIMIR (Hrsg.) *Einstein Studies in Russia, Einstein Studies*, Band 10, Birkhäuser, Boston, Basel (2002), S. 261–95.
- [Zhang97] ZHANG, YUAN ZHONG, *Special Relativity and its Experimental Foundations*. World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., Singapore (1997).
- [Zurhellen14] ZURHELLEN, W., “Zur Frage der astronomischen Kriterien für die Konstanz der Lichtgeschwindigkeit”. *Astronomische Nachrichten* **198** (1914), S. 1–10.