

Aus der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie  
der Universitätsmedizin der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Einfluss des ersten Covid-19-bedingten Lockdowns  
auf das Anforderungsprofil und die Patient:innenstruktur  
in der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie  
der Universitätsmedizin Mainz

Inauguraldissertation  
zur Erlangung des Doktorgrades der  
Medizin  
der Universitätsmedizin  
der Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Vorgelegt von

Natalie Herrlich  
aus Groß-Gerau

Mainz, 2025

Wissenschaftlicher Vorstand: Univ.-Prof. Dr. Hansjörg Schild

Tag der Promotion: 17. März 2025

Ich widme diese Arbeit meiner geliebten Familie sowie meiner besten Freundin,  
die mir seit jeher mit Rat und Tat zur Seite stehen. Danke.

## Abkürzungsverzeichnis

|               |                                                                                            |
|---------------|--------------------------------------------------------------------------------------------|
| ASS           | Acetylsalicylsäure                                                                         |
| CHIMES        | hier: Checklist for Head Injury Management Evaluation Study                                |
| COVID-19      | Coronavirus-Krankheit-2019; ausgelöst durch eine Infektion mit dem Virus SARS-CoV-2        |
| CT            | Computertomographie                                                                        |
| CTA           | CT-Angiographie, computertomographische Angiographie                                       |
| CTP           | CT-Perfusion                                                                               |
| D614G         | Name der SARS-CoV-2 Mutation der Virusvariante B.1                                         |
| DAT-Format    | Datei, die Daten in einem binären Format enthält                                           |
| DSA           | Digitale Subtraktionsangiographie                                                          |
| GCS           | Glasgow Coma Scale                                                                         |
| HIV           | Human Immunodeficiency Virus                                                               |
| IBM           | International Business Machines                                                            |
| ICD           | International Statistical Classification of Diseases and Related Health Problems           |
| LIFE-Studie   | hier: Losartan Intervention for Endpoint Reduction in Hypertension Study (Os et al., 2008) |
| MERS          | Middle East Respiratory Syndrome                                                           |
| MRT/MRI       | Magnetresonanztomographie                                                                  |
| NNH           | Nasennebenhöhlen                                                                           |
| PCR           | Polymerasekettenreaktion                                                                   |
| RadCentre     | Eigenname eines Radiologieinformationssystems                                              |
| RIS           | Radiologieinformationssystem                                                               |
| rt-PA         | gewebespezifischer Plasminogenaktivator                                                    |
| S2e-Leitlinie | Leitlinie auf Basis einer systematischen Evidenz-Recherche                                 |
| SARS-CoV-2    | Severe acute respiratory syndrome coronavirus type 2                                       |
| SPSS          | Statistical Package für Social Sciences, Software Paket zur statistischen Auswertung       |
| TE            | Thrombektomie                                                                              |
| TIA           | Transitorische ischämische Attacke                                                         |
| USA           | United States of America                                                                   |
| WHO           | Weltgesundheitsorganisation                                                                |
| ZNS           | Zentrales Nervensystem                                                                     |

## Abbildungsverzeichnis

|                                                                                                                                                        |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Abbildung 1: COVID-19 Diagnostikstrategie nach Chakraborty et al. (1).....                                                                             | 9  |
| Abbildung 2: Anzahl der neuroradiologische Notfallkonsultationen und 7-Tage-Inzidenz der gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen nach Kalenderwoche (7)..... | 12 |
| Abbildung 3: Verteilung der Untersuchung nach technischer Modalität in Absolutwerten.....                                                              | 25 |
| Abbildung 4: Verteilung der Akuität in Prozent.....                                                                                                    | 26 |
| Abbildung 5: zuweisende Institution in Relation zum jeweiligen Grad der Akuität.....                                                                   | 27 |
| Abbildung 6: zuweisende Institution in Relation zum jeweiligen Grad der Akuität.....                                                                   | 27 |
| Abbildung 7: Verteilung von B0, B1 (relevantes Befundergebnis nein/ja) in Prozent.....                                                                 | 28 |
| Abbildung 8: Verteilung von B0, B1 nach Akuität in Prozent.....                                                                                        | 29 |
| Abbildung 9: Verteilung des biologischen Geschlechts im 5-Jahres-Vergleich (2017-2021).....                                                            | 31 |
| Abbildung 10: Streudiagramm zum Patient:innenaufkommen nach Tageszeit und Patient:innenalter zum Untersuchungszeitpunkt.....                           | 32 |
| Abbildung 11: Verteilung der untersuchten Körperregion nach Geschlecht und Zeitraum.....                                                               | 34 |
| Abbildung 12: Altersverteilung gruppiert nach Geschlecht und Zeitraum.....                                                                             | 35 |
| Abbildung 13: Anzahl an Prozeduren nach Akuität und Gender.....                                                                                        | 39 |
| Abbildung 14: Anzahl der Prozeduren nach Untersuchungsmodalität und Geschlecht.....                                                                    | 42 |

## Tabellenverzeichnis

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Tabelle 1 : Vergleich viraler Pandemien im epidemiologischen Kontext.....                                    | 8  |
| Tabelle 2: Verteilung der Befunde nach technischer Modalität.....                                            | 24 |
| Tabelle 3: Anzahl an Angiographien und Thrombektomie .....                                                   | 25 |
| Tabelle 4: Entwicklung des Anteils relevanter Befundergebnisse.....                                          | 29 |
| Tabelle 5: absolute Anzahl an Prozeduren nach biologischem Geschlecht.....                                   | 30 |
| Tabelle 6: Ergebnis der näherungsweisen Analyse der absoluten Fallzahlen von 2017 bis<br>2021 .....          | 30 |
| Tabelle 7: Anzahl an Prozeduren von 0 bis 5 Uhr nach Geschlecht und Zeitraum.. .....                         | 33 |
| Tabelle 8: absolute Daten und relative Verteilung der Alterskategorien nach Geschlecht und<br>Zeitpunkt..... | 36 |
| Tabelle 9: Akuität und Geschlechts-basiertes Alter .....                                                     | 37 |
| Tabelle 10: Verteilung der Prozeduren nach Zeitraum, Geschlecht und Akuität .....                            | 38 |
| Tabelle 11: Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben zur Akuität je nach<br>Geschlecht.....          | 39 |
| Tabelle 12: relevante Befundergebnisse nach Geschlecht und Zeitraum .....                                    | 40 |
| Tabelle 13: Geschlechterverteilung nach zuweisender Institution und Zeitraum.....                            | 41 |
| Tabelle 14: Regressionsanalyse der Vorhersagbarkeit von Akuität und relevantem<br>Befundergebnis.....        | 43 |

## Inhaltsverzeichnis

|                                                                        |           |
|------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>Widmung</b>                                                         | <b>1</b>  |
| <b>Abkürzungsverzeichnis</b>                                           | <b>2</b>  |
| <b>Abbildungsverzeichnis</b>                                           | <b>3</b>  |
| <b>1. Einleitung und Zielsetzung</b>                                   | <b>6</b>  |
| 1.1 Herleitung der zu untersuchenden Fragestellung                     | 6         |
| 1.2 Neuroradiologie allgemein                                          | 7         |
| 1.3 Pandemien im allgemeinen und historischen Kontext                  | 8         |
| 1.4 Allgemeine Informationen zu SARS-CoV-2 und Covid-19                | 9         |
| 1.5 Politisch-zeitliche Einordnung in Deutschland                      | 10        |
| 1.6 Erkenntnisse anderer Studien                                       | 12        |
| <b>2. Material und Methoden</b>                                        | <b>15</b> |
| 2.1 Einführung in das Studienkonzept                                   | 15        |
| 2.2 Zielsetzung der Dissertation                                       | 15        |
| 2.3. Patient:innenkollektiv, Zeitraum, Studiendesign                   | 16        |
| 2.4. Technische Grundlage der Untersuchungen                           | 19        |
| 2.5. Statistik                                                         | 21        |
| <b>3. Resultate</b>                                                    | <b>23</b> |
| 3.1 Veränderungen im Anforderungsprofil zu Zeiten des ersten Lockdowns | 23        |
| 3.2 Geschlechter-bezogene Unterschiede im Patient:innenkollektiv       | 34        |
| <b>4. Diskussion</b>                                                   | <b>44</b> |
| 4.1 Kritische Betrachtung der eigenen Studie                           | 66        |
| <b>5. Zusammenfassung</b>                                              | <b>68</b> |
| <b>6. Abstract</b>                                                     | <b>71</b> |
| <b>7. Paper</b>                                                        | <b>73</b> |
| <b>8. Anhang</b>                                                       | <b>82</b> |
| <b>Danksagung</b>                                                      | <b>94</b> |
| <b>Tabellarischer Lebenslauf</b>                                       | <b>95</b> |

---

# 1. Einleitung und Zielsetzung

## 1.1 Herleitung der zu untersuchenden Fragestellung

Die neuroradiologische Bildgebung hat sich zu einem relevanten diagnostischen Instrument im Krankenhausalltag sowie in Notfallsituationen entwickelt. Beschwerden wie Schmerzen, neurologische Ausfälle, Schwindel oder Traumata erfordern zum Teil eine rasche Beurteilung und Diagnose mittels Schnittbildverfahren. Aufgrund der flächendeckenden Verfügbarkeit zu jeder Tages- und Nachtzeit und auch aus medico-legalen Gründen ist der Anteil der Patient:innen, die einer bildgebenden Untersuchung zugeführt werden, in den letzten Dekaden massiv gestiegen. Auch die neurointerventionellen Dienste haben einen hohen Anteil an Notfalleingriffen bei Tag und in der Nacht, der aufgrund der nachgewiesenen Effektivität der mechanischen Thrombektomie zugenommen hat (2-4).

Mit dem Ausbruch der COVID-19-Pandemie sind weitreichende Auswirkungen weltweit zu verzeichnen. Seit dem 16. März 2020 hatte die Bundesregierung das öffentliche Leben in Deutschland stark eingeschränkt, seit dem 23. März 2020 galt, mit wenigen Ausnahmen, ein bundesweites Verbot von öffentlichen Versammlungen mit mehr als zwei Personen (5). Zu diesem Zeitpunkt war das öffentliche Leben in Deutschland weitgehend zum Erliegen gekommen, da nahezu nur noch Geschäfte des täglichen Bedarfs (wie Supermärkte, Drogerien, Bäcker) geöffnet waren. Homeoffice wurde, sofern möglich, angeraten und implementiert. Es galt der nachdrückliche Appell an die deutsche Bevölkerung, ihre Kontakte weitestgehend zu beschränken und im häuslichen Umfeld zu bleiben.

Außerdem beschloss die Regierung, dass ab dem 16. März 2020 alle planbaren Aufnahmen, elektiven Operationen und Eingriffe in deutschen Krankenhäusern, soweit medizinisch vertretbar, verschoben wurden (6), um die stationären Kapazitäten prospektiv zu entlasten. An der Unimedizin Mainz wurden in dieser Periode Krankenhausbetten (das heißt reguläre Betten sowie Betten auf der Intensivstation) geräumt und freigehalten, um einen Puffer für die rasch ansteigende Zahl der schwer an dem Virus erkrankten Patient:innen zu schaffen. Zu diesem Zeitpunkt gab es weder einen zugelassenen Impfstoff, noch konnte das Ausmaß der erwarteten ersten Welle abgeschätzt werden.

---

## 1.2 Neuroradiologie allgemein

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf das Patient:innenkollektiv im Fachgebiet der Neuroradiologie. Dabei handelt es sich um eine eigenständige Fachrichtung, die sich dezidiert mit Pathologien des zentralen Nervensystems auseinandersetzt. Als Untersuchungsmodalitäten finden insbesondere die Computertomographie (CT), die Magnetresonanztomographie (MRT) und die Katheterangiographie (DSA) Anwendung. Aber auch die Sonographie und die konventionelle Röntgendiagnostik gehören zum Spektrum der Untersuchungsmodalitäten in der Neuroradiologie.

Anders als oft angenommen, entspringt die Neuroradiologie nicht der Radiologie selbst, sondern basiert auf den Erkenntnissen und Arbeiten zweier Neuropsychiater und eines Neurochirurgen des frühen zwanzigsten Jahrhunderts (7, 8). Der 1874 im heutigen Tschechien geborene Arthur Schüller beschrieb als Erster die Bedeutung der „Röntgendiagnostik der Erkrankungen des Kopfes“ in seinem Werk aus dem Jahr 1912 (7). Arthur Schüller gilt auch heute noch als „Vater der Neuroradiologie“ (8, 9). In den folgenden Jahren etablierte Walter Dandy, ein amerikanischer Neurochirurg, die Ventrikulographie sowie anschließend die Pneumenzephalographie zur Diagnostik des kindlichen Hydrocephalus. Mit der Erarbeitung der cerebralen Angiographie durch Egas Moniz, einem portugiesischen Neurologen, wurde so der Grundstein für die heutige Neuroradiologie gelegt (8, 10).

Durch die Etablierung von CT- und MRT-Aufnahmen in den 1970er beziehungsweise 1980er Jahren wurde die Neuroradiologie abermals revolutioniert. Im Jahre 1970 wurde die „Deutsche Gesellschaft für Neuroradiologie e.V.“ (DGNR) in Mainz gegründet. Seitdem entwickelt sich die Neuroradiologie dynamisch weiter (11) und revolutionierte zuletzt durch interventionelle Techniken die Schlaganfalltherapie (2). Heutzutage wird in der klinischen Anwendung zwischen diagnostischer und therapeutischer Neuroradiologie unterschieden. Gerade in der Katheterangiographie können diese Teilbereiche fließend ineinander übergehen: sie dient sowohl zur Diagnostik (Goldstandard für intrazerebrale Gefäßmalformationen) als auch zur therapeutischen Intervention. Die Interventionen in der Neuroradiologie umfassen unter anderem die Rekanalisation von Gefäßverschlüssen, etwa durch die Implantation von intraarteriellen Stents bei Gefäßstenosen oder der

Thrombektomie zur Therapie thromboembolischer Ereignisse (12). Ferner können auch Gefäßmissbildungen (z.B. arteriovenöse Malformationen) mittels Coiling oder Embolisation behandelt (13).

### 1.3 Pandemien im allgemeinen und historischen Kontext

Die Datenerfassung erfolgte im Kontext der SARS-CoV-2-Pandemie. Diese war eine der tödlichsten und weitreichendsten Pandemien der Geschichte (14). Allein in den letzten fünf Dekaden wurde die Weltbevölkerung durch diverse Infektionswellen stark beeinflusst. Sei es die Ebola-Erkrankung, die seit 1976 intermittierende Relevanz zeigt und schon zu über 15 000 Toden geführt hat, oder die HIV-Infektion, die eine seit 1981 andauernde Pandemie darstellt (15). Zweifelsfrei kam es hingegen seit der Spanischen Grippe aus den Jahren 1918/1919 nicht mehr zu einem derart ausgeprägten Infektionsereignis. An der damaligen Erkrankung starben allein in Europa schätzungsweise 20 bis 30 Millionen Menschen, etwa ein Drittel der Weltbevölkerung hatte sich im letzten Jahrhundert infiziert. (16)

Tabelle 1 : Vergleich viraler Pandemien im epidemiologischen Kontext

| Erkrankung beziehungsweise Virus | Ausbruchsjahr und Ort der ersten verzeichneten Fälle | Anzahl Infizierter | Todesfallrate bei Infektion | Referenz     |
|----------------------------------|------------------------------------------------------|--------------------|-----------------------------|--------------|
| Spanische Grippe                 | 1918, Spanien                                        | ~500 Millionen     | >2,5%                       | (16)         |
| Ebola                            | 1976, Zentralafrika                                  | >30.000            | 50-63%                      | (17, 18)     |
| HIV                              | 1981, Westafrika                                     | >33 Millionen      | 40-80%                      | (14, 19, 20) |
| MERS-CoV                         | 2012, Saudi-Arabien                                  | >2.500             | 20-40%                      | (21, 22)     |
| SARS-CoV-2                       | 2019, Wuhan (China)                                  | >272 Millionen     | 0,5-1%                      | (23)         |

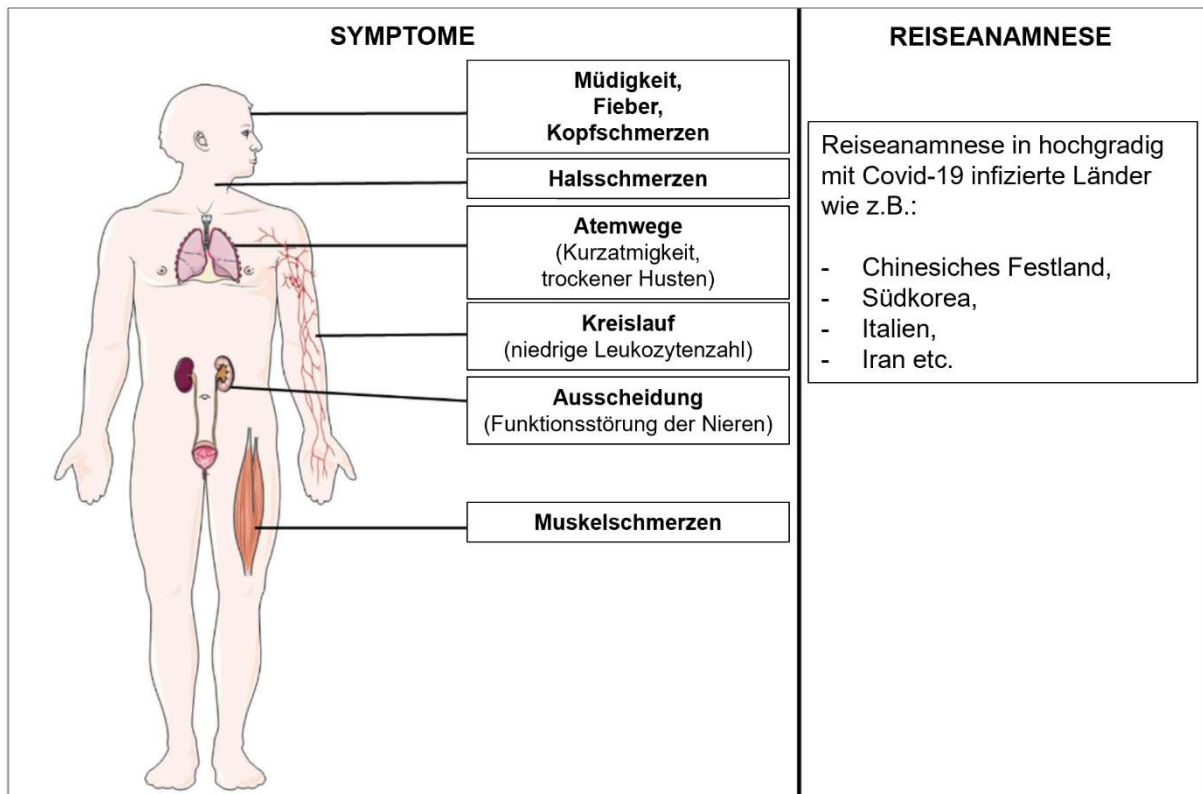
Wie von Morens et al. (2020) beschrieben, war die Progredienz interregional oder global aufkommender Erkrankungen im Hinblick auf die letzten 2000 Jahre nicht zu leugnen (15). Einerseits störten die Menschen durch Abholzung,

Urbanisierung und intensivierte Landwirtschaft das Ökosystem und kommen so in Kontakt mit der Fauna und Erregern diverser Zoonosen (15). Andererseits bedingte die Globalisierung und das Ausmaß an internationalen Reisen und Transporten die hohe Migrationsrate von Erregern, was schließlich zu globalen Infektionen führte. Dies konnte auch im Rahmen der SARS-CoV-2 Pandemie beobachtet werden (15).

#### 1.4 Allgemeine Informationen zu SARS-CoV-2 und Covid-19

Das erstmals Ende 2019 beschriebene neuartige Coronavirus löste bei den Infizierten eine schwere respiratorische Erkrankung unklarer Genese aus. In kurzer Zeit verbreitete es sich rasch und wurde parallel dazu als Virus der SARS-Familie identifiziert. Anders als bei den vorherigen respiratorischen Syndromen SARS (2002-2003, China) und MERS (2012-2019, Saudi-Arabien) mit insgesamt knapp über 10.000 bekannten Fällen waren binnen zwei Monaten bereits über 16.000 Menschen weltweit mit SARS-CoV-2 infiziert. Etwa ein Jahr nach der Entdeckung im Dezember 2020 gab es bereits 80 Millionen bekannte Fälle (1, 24, 25).

Abbildung 1: COVID-19 Diagnostikstrategie modifiziert nach Chakraborty et al.(1)



---

Die Diagnostik von COVID-19 erfolgte mittels spezifischer Real-Time-PCR und Thorax-CT. Charakteristischerweise weisen klinisch-symptomatische Covid-Patient:innen feine, honigwabenartige Kondensationen der pulmonalen interstitiellen oder interlobaren Septen im Thorax-CT auf (26) und grenzten sich so von anderen Pathologien des Lungengewebes ab.

Die Metaanalyse von Chakraborty et al. (1) beschrieb die folgenden Symptome als Covid-charakteristisch: Fieber, trockener Husten, Müdigkeit, Dyspnoe und Myalgie. Die Diagnostikstrategie zum Zeitpunkt des ersten Lockdowns beinhaltete neben diesem Symptomkomplex zudem den Aspekt des kürzlichen Aufenthalts in einem der damaligen besonders betroffenen Länder, wie unter anderem dem chinesischen Festland, Südkorea, Italien oder dem Iran.

Zum Zeitpunkt der Datenerhebung (Frühjahr 2020) lag in Deutschland neben dem Wildtyp des Virus vorwiegend die Variante B.1 vor (27). Diese Mutation wird auch benannt als D614G, da im Vergleich zum Wildtyp an Position 614 eine Substitution von Asparaginsäure (D) durch Glycin (G) verzeichnet wurde. Hinsichtlich ihrer Eigenschaften wurde in erster Linie eine höhere Infektiosität beschrieben (28).

Die ursprünglich vermutlich Tier-zu-Mensch übertragene Infektion verbreitete sich jeher mittels humaner Transmission über den Globus und beeinflusste nicht nur zwischenmenschliche Interaktionen, sondern auch das gesamte politische und ökonomische Geschehen weltweit (27, 29). Beispielsweise seien hierbei die schweren Pandemie-assoziierten wirtschaftlichen Einbrüche genannt, die ein an die Weltwirtschaftskrise erinnerndes Ausmaß nahmen (30). Die außergewöhnliche wirtschaftliche Unsicherheit sei laut Altig et al. (2020) in erster Linie durch die Plötzlichkeit und das Ausmaß der massiven Arbeitsplatzverluste und die Schwere der wirtschaftlichen Rezession begründet (30).

## 1.5 Politisch-zeitliche Einordnung in Deutschland

Am 27. Januar 2020 erreichte das beschriebene neuartige Coronavirus zum ersten Mal Deutschland (31, 32). In den folgenden Tagen wurden weitere Infizierte in Deutschland entdeckt und in Isolation behandelt (31). Genau einen Monat nach dem ersten Kasus in der Bundesrepublik wurde ein Krisenstab aus

---

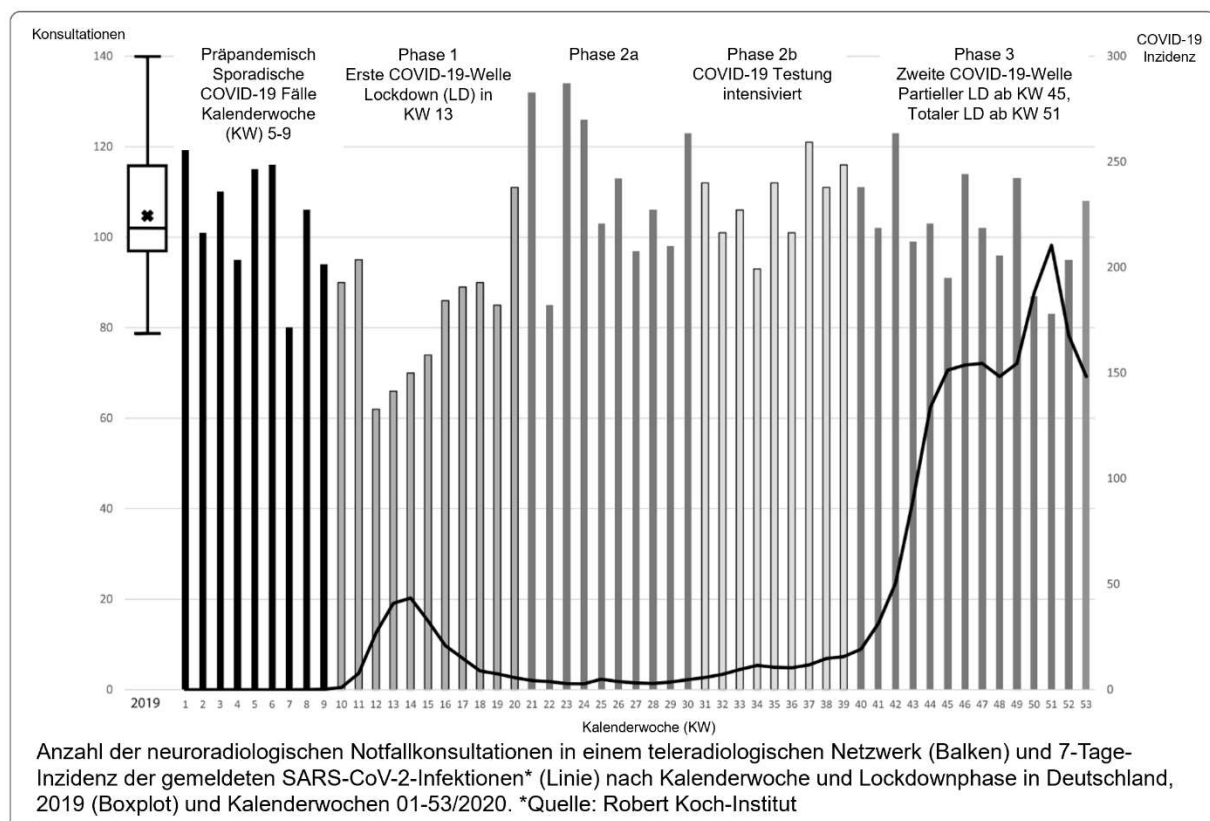
dem Bundesinnen- und Bundesgesundheitsministerium gegründet (31). Es wurden erste Beschlüsse hinsichtlich der Nachverfolgung bei Einreise aus dem Ausland verabschiedet (31). Mit der Allgemeinverfügung vom 4. März 2020 wurde die Produktion von Desinfektionsmitteln vereinfacht und gestärkt (33). Am 9. März sprach der damalige Bundesgesundheitsminister erstmals von der Reduzierung privater Kontakte: „Um die Dynamik zu verlangsamen, müssen wir die Möglichkeiten des Virus, sich im alltäglichen Kontakt der Menschen miteinander auszubreiten, verringern (31). Und dazu brauchen wir jeden einzelnen Bürger, der bereit ist, seinen Alltag anzupassen“ (34). In der Folge wurde von Veranstaltungen mit mehr als 1.000 Teilnehmern abgeraten.

Der Appell des damaligen Gesundheitsministers an medizinische Einrichtungen, Personal zu rekrutieren und „planbare Operationen und Eingriffe“ zu verschieben, erfolgt erstmals am 12. März 2020. Ziel war es, Kapazitäten in der Primärversorgung und auf Intensivstationen zu generieren (35). Im Zuge dessen versprach er einen Ausgleich für etwaige wirtschaftliche Konsequenzen der Kliniken, einige Tage später verschriftlichte er dieses Vorhaben im „COVID19-Krankenhausentlastungsgesetz“. Am 17. März rief der damalige Bundesgesundheitsminister bei einem Besuch der bayrischen Staatskanzlei zu weitreichenden sozialen Kontaktbeschränkungen auf (36). Am 28. März trat das Infektionsschutzgesetz in Kraft und bot somit eine rechtliche Grundlage für kurzfristige Entscheidungen des Bundes (37). In den folgenden Tagen und Wochen wurde wiederholend zu Kontakteinschränkungen aufgerufen, diese wurden Mitte April schließlich bis zum 3. Mai 2020 prolongiert (31). Einhergehend mit dem Beginn der Maskenpflicht im öffentlichen Nahverkehr und im Einzelhandel, wurde am 28. April 2020 das Konzept zur schrittweisen Rückkehr zum „neuen [Krankenhaus-]Alltag“ präsentiert (31). Darin wurde auch die Wiederaufnahme elektiver Behandlungen beschrieben. Mitte Mai 2020 beschloss der Bundestag das „Zweite Gesetz zum Schutz der Bevölkerung bei einer epidemischen Lage von nationaler Tragweite“(34). In den folgenden Tagen beruhigte sich die pandemische Lage in Deutschland zunehmend, die – wie heute bekannt – erste Welle der SARS-CoV-2-Pandemie war überwunden.

## 1.6 Erkenntnisse anderer Studien

Wie bereits angeklungen, konnten kongruente Meinungsbilder und Analysen hinsichtlich des starken Rückgangs der Konsultationen im März 2020 verzeichnet werden. Richter et al. (2021) verfassten diesbezüglich eine quantitative ICD-Code-basierte Analyse deutschlandweiter Schlaganfallbehandlungen von Januar bis Mai 2020 mit entsprechendem Kontrollzeitraum im Vorjahr (38). Es wurde ein deutlicher Einbruch der Krankenhauseinweisungen hinsichtlich akuter Ischämie, TIA oder cerebraler Hämorrhagien verzeichnet, einhergehend mit einer erhöhten Mortalität hospitalisierter Patient:innen (38). Da allerdings im Rahmen der gewählten Methodik keine Schweregrade nachvollzogen werden können, konnte die erhöhte Mortalität nicht sicher mit dem Ausbleiben weniger schwer betroffener Patient:innen aus Angst vor einer potentiellen nosokomialen Infektion mit dem SARS-CoV-2 Virus erklärt werden (38).

Abbildung 2: Anzahl der neuroradiologischen Notfallkonsultationen in einem teleradiologischen Netzwerk (Balken) und 7-Tage-Inzidenz der gemeldeten SARS-CoV-2-Infektionen (Linie) nach Kalenderwoche (modif. aus Pfaff et al. (2021))



---

In der Arbeit von Pfaff et al. (2021) wurden auf Basis eines teleradiologischen Netzwerks die neuroradiologischen Notfallkonsultationen von 13 Kliniken in Südwestdeutschland analysiert (39). Der von Pfaff et al. abgebildete Zeitraum umfasst sowohl die präpandemische Phase als auch die erste und zweite Infektionswelle (Ende 2019 bis Ende 2020) (39). Zu keiner anderen Periode als der des ersten Lockdowns (März 2020) werden deutlichere Einbrüche in der neuroradiologischen Konsultation beschrieben (siehe Abb. 2).

Der dort verzeichnete Einbruch um mehr als 16% wurde einerseits durch vorsichtige Patient:innen erklärt, die Angst vor einer Covid-Infektion im Rahmen ihres Krankenhausaufenthaltes haben und sich gegebenenfalls an geltende Kontaktbeschränkungen halten (39-41). Andererseits wurde aber auch vermutet, die Prozesse seien reorganisiert worden und es komme so zu weniger diagnostischen Anforderungen an die Neuroradiologie (42, 43). Kritisch wurde hier bemerkt, dass angenommen wird, die Inzidenz von Schlaganfällen oder anderen neurologischen Notfällen müsse unverändert geblieben sein (39, 44). Somit sei es möglich, dass zögerliche Patient:innen eine relevante Pathologie nicht abklären und behandeln ließen (39, 44). Dies ließ sich allerdings an dieser Stelle nicht zuletzt klären. Ein derartiges Phänomen an Patient:innenrückgang wurde im Rahmen der zweiten Welle nicht verzeichnet, was eine detaillierte Betrachtung des März 2020 umso relevanter machte (39).

In der multizentrischen retrospektiven Kohortenstudie von Hoyer et al. (2020) zeigte sich ein ähnliches Bild: in nahezu allen vier analysierten Zentren wurde ein Rückgang der Schlaganfall-bedingten Einweisungen von >40% beobachtet (45). Zudem stellt sich in dieser Studie der Zeitraum rund um die 12. Kalenderwoche des Jahres 2020 als besonders signifikant dar (45).

In der Zusammenschau dieser und weiterer Studien (46-50) zeigte sich international sowohl in der Neuroradiologie als auch in anderen Fachbereichen eine Tendenz zu verminderten Konsultationen in Relation zu hohen lokalen Inzidenzen. Beispielsweise sei hier die Akutbehandlung von kardiovaskulären Ereignissen genannt (50).

Vor diesem wissenschaftlichen Hintergrund wurde der Zeitraum im März 2020 als zu untersuchende Periode ausgewählt und - im Sinne eines möglichst geringen Einflusses saisonaler Schwankungen - mit einem äquivalenten präpandemischen Zeitraum im März 2019 verglichen. Da die bis dato

---

vorliegenden Studien vor allem einen Schwerpunkt auf einen entweder zeitlich oder räumlich großen Umfang gelegt haben, dabei aber in der Detailanalyse Abstriche machen mussten, entschied man sich für eine retrospektive Single-Center-Studie in der beschriebenen, relevantesten Zeitspanne (09/03-29/03/2020) in der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz. Durch die Lesung und Evaluation eines jeden Befundes, der innerhalb des jeweiligen Zeitraums entstand, wurde eine detaillierte Analyse der Patient:innenstruktur und deren Veränderungen im Vergleich zum Kontrollzeitraum angestrebt.

Es wurde eine deutlich reduzierte Anzahl an abgelaufenen Prozessen im untersuchten Zeitraum an der Neuroradiologie der Unimedizin Mainz erwartet. Durch eine strukturelle Analyse sollten die Charakteristika der untersuchten und gegebenenfalls behandelten Patient:innen eruiert werden. Man mutmaßte, einhergehend mit der subjektiven Wahrnehmung der diensthabenden Radiolog:innen, einen starken Rückgang hinsichtlich nächtlicher Vorgänge und strebte eine quantitative Darstellung dessen an. Eine etwaige Veränderung hinsichtlich der Alters- oder Geschlechterverteilung sollte dargestellt und diskutiert werden. Zudem sollen die Deutungsansätze seitens Richter, Pfaff et al. durch aussagekräftige Daten gestärkt oder widerlegt werden und Schlüsse für die zukünftige Organisation der Neuroradiologie, zum Beispiel hinsichtlich der Indikationsstellung zu cerebralen CT-Untersuchungen, gezogen werden können.

---

## 2. Material und Methoden

### 2.1 Einführung in das Studienkonzept

Der erste Lockdown in Deutschland, der im März 2020 im Rahmen der COVID19-Pandemie verhängt wurde, hatte erhebliche Auswirkungen auf das medizinische System. Es wurden Lockdown-assoziierte Veränderungen im Patient:innenaufkommen in der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz untersucht.

Um ein detailliertes Gesamtbild zu generieren, wurden alle Berichte über neuroradiologische Untersuchungen, die in einem Zeitraum während des ersten Lockdowns (09/03/20-29/03/20; n=979) durchgeführt wurden, hinsichtlich Geschlecht, Alter, Bildgebungsmodalität, Art der Zuweisung (Notaufnahme | stationäre | ambulante Patient:innen), Akuität der Symptome (keine | leichte | schwere), Zeitpunkt der Untersuchung sowie Bildgebungsbefund (keine | relevant) analysiert und mit Berichten eines vergleichbaren Zeitraums vor dem Lockdown (11/03/19-31/03/19; n=1302) verglichen.

Während mit einem mäßigen Rückgang der Schnittbildgebung und der Zahl der Neurointerventionen gerechnet wurde, war die Zahl der Notfalleingriffe während des Lockdowns unerwartet stark zurückgegangen (51, 52). Neuroradiolog:innen aus anderen Krankenhäusern des Landes berichteten dasselbe (7). Um dieses Phänomen weiter zu analysieren, führte man eine eingehende Analyse der interventionellen und bildgebenden Verfahren während eines festgesetzten Zeitraums um den ersten Lockdown durch (i.F. Lockdown-Zeitraum) und verglich diesen mit einem äquivalenten Zeitraum des Vorjahres (i.F. Kontrollzeitraum).

### 2.2 Zielsetzung der Dissertation

Der überraschend starke Einbruch des Patient:innenaufkommens im März 2020 (zur Zeit des ersten strikten COVID19-assoziierten Lockdowns) wurde von diversen Fachbereichen international verzeichnet und mitunter in Veröffentlichungen beschrieben (8). Zum Zeitpunkt der Datenerfassung gab es allerdings in erster Linie globale quantitative Beschreibungen dieser Beobachtung. Ziel war es somit einerseits, durch eine systematische Analyse aller in diesem Zeitraum in der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie der

---

Universitätsmedizin Mainz erstellten Befunde, die Charakteristika der möglicherweise geänderten Patient:innenstruktur im Detail zu erarbeiten. Andererseits sollte der Einfluss einer akuten Pandemie auf die Versorgungsstruktur an einer deutschen neuroradiologischen Universitätsklinik eruiert werden.

Angestrebt wurde unter anderem die Beantwortung der Frage, wie und in welchem Maße dieser Rückgang zustande kam. Zudem sollte herausgefunden werden, wie die Patient:innen, die der Versorgung fernblieben, zu charakterisieren waren. In der Folge kam die Suche nach Erklärungsmodellen für eine etwaige Verschiebung der Anforderungen an die Versorgungsstruktur auf. Dies alles mündet nicht zuletzt auch in der Frage, ob Patient:innen, die im Zweifel nicht vorstellig wurden, mehrheitlich keine Konsequenz aus einer Diagnostik gezogen hätten. Die Tendenz zur verminderten Konsultation zu nächtlichen Dienstzeiten könnte sich dementsprechend weniger als ein Risiko für die Patient:innen, sondern sich vielmehr als eine positive Veränderung für das diensthabende Personal herausstellen. Falls dem so ist, wäre langfristig auch eine kritischere Indikationsstellung neuroradiologischer Bildgebung diskutierbar.

### 2.3 Patient:innenkollektiv, Zeitraum, Studiendesign

Alle Befunde bildgebender und angiografischer Untersuchungen, die in der neuroradiologischen Abteilung der Unimedizin Mainz zwischen dem 9. März und dem 29. März 2020 durchgeführt wurden, wurden retrospektiv analysiert. Dieser Zeitraum beschreibt die Periode ab einer Woche vor Beschluss des ersten Lockdowns bis einschließlich der ersten offiziellen Woche des Lockdowns. Als Kontrollgruppe dienten die Befunde aller bildgebenden Untersuchungen und Prozeduren, die zwischen dem 11. März und dem 31. März 2019 durchgeführt wurden.

Zur Generierung der Daten wurden zunächst über die Exportfunktion des radiologischen Informationssystems der Universitätsmedizin Mainz (RadCentre, i-SOLUTIONS Health GmbH) alle Prozeduren der Neuroradiologie des jeweiligen Zeitraums, einschließlich des Start- und Endtages, gesucht und in eine Exceldatei überführt. Dies erfolgte über die Funktion „Auswertung -> Untersuchungen -> selektiv“. Im sich öffnenden Fenster wurden die obenstehenden Zeiträume jeweils vermerkt und alle angebotenen

---

Untersuchungsmodalitäten angewählt. Anschließend wurde mittels „Vew-Export“ und „Vew-Gen“ eine Datei im DAT-Format generiert, die anschließend in Microsoft Excel importiert wurde.

Mittels Untersuchungszeitpunkt und Geburtsdatum wurde, sofern vorhanden, zu jedem der über 2000 Einträge der Befund recherchiert und zur weiteren klinikinternen Analyse ausgedruckt. Anschließend wurden die enthaltenen Patient:innennamen in der Exportdatei umgehend anonymisiert. Die exportierte Bezeichnung der Untersuchung, wie zum Beispiel „CT-NNH 1 Serie“, wurde händisch in die jeweilige Kategorisierung integriert (Hier: „CT“ | „Kopf/Hals“).

Die folgenden Informationen wurden aus den exportierten Daten und den Befunden extrahiert: Patient:innendaten (Alter bei der Untersuchung und Geschlecht), Zeitpunkt der Untersuchung, Bildgebungsmodalität, abgebildete Körperregion, vorangegangene Bildgebungen, Art der Überweisung, Akuität der Symptome und relevante Befunde.

Bei den Bildgebungsmodalitäten wurde zwischen konventionellem Röntgen, MRT und CT einschließlich CT-Angiographie und CT-Perfusion unterschieden. Die zugrundeliegenden Bildgebungstechniken werden in der Folge beschrieben werden. Darüber hinaus wurde die Häufigkeit des Einsatzes der röntgenbasierten Angiographie, sowohl im diagnostischen als auch im therapeutischen Sinne, mithilfe der im Interventionssaal geführten Protokollbücher analysiert.

Unter „Sonstige“ sind Untersuchungen erfasst, die nicht spezifisch für die Neuroradiologie sind: zum Beispiel CTs des Abdomens, die in Akutsituationen von der Neuroradiologie übernommen wurden.

Die untersuchten Körperregionen wurden in die Kategorien "Kopf und Hals" (Hals im Sinne der Halsweichteile) und "Wirbelsäule" (Hals-, Brust-, Lendenwirbelsäule) unterteilt.

Die Frage nach Voruntersuchungen wurde mit „ja = Untersuchungen, die im Hinblick auf die vorherrschende Pathologie durchgeführt worden waren, lagen vor“ und „nein = es waren keine diesbezüglichen Voruntersuchungen bekannt und somit handelte es sich um einen neuen Fall“ beantwortet.

Im Rahmen der Datenanalyse erwies sich die folgende Kategorisierung im Hinblick auf die zuweisende Institution als adäquat:

---

Notaufnahme: Anforderungen der Notfallversorgung durch den Rettungsdienst oder externe Krankenhäuser

stationäre Patient:innen: Anfragen für stationäre Patient:innen aus anderen Abteilungen der Unimedizin Mainz

ambulante Patient:innen: Anfragen von extern, unter anderem als Verlaufskontrollen bei bekannten Krankheitsbildern (z.B. Tumornachsorge)

Die Akuität der Symptome und das Outcome des jeweiligen Befundes wurden von drei ärztlichen Mitarbeitern der Neuroradiologie der Unimedizin Mainz klassifiziert. Die vorgegebene Unterteilung wurde wie folgt beschrieben:

Akuität der Symptome:

A0 = Keine akute Symptomatik; eine Untersuchung hätte vor dem Hintergrund der geringen Dringlichkeit aufgeschoben werden können.

Zur Gruppe A0 gehörten neben Prozeduren im Rahmen elektiver Maßnahmen auch symptomfreie onkologische Patient:innen, die zur Verlaufskontrolle angemeldet wurden. Aber auch Untersuchungen von Patient:innen nach Trauma ohne akute Symptomatik wurden dieser Kategorie zugeordnet. Die jeweiligen Untersuchungen hätte man im Zweifel gänzlich oder zumindest über 72 Stunden verschieben können.

A1 = Geringe akute Symptomatik; eine Untersuchung und Therapie in den nächsten 24 bis 48 Stunden erschien ratsam.

Unter Gruppe A1 wurden unter anderem Patient:innen mit leicht- bis mittelgradigen Radikulopathien, leichten neurologischen Ausfällen oder unklaren Schwellungen der Halsweichteile erfasst.

A2 = Schwerwiegende Symptomatik; die Akutsituation erforderte eine prompte Bildgebung und etwaige Intervention ohne Zeitverlust.

In der Gruppe A2 befinden sich in erster Linie Patient:innen mit akuter Schlaganfallsymptomatik, stärksten Schmerzen oder erwartbar gravierenden Verläufen. Zu letzteren gehörten beispielsweise Personen mit einem sogenannten Cauda-Equina-Syndrom, welches im Zweifelsfall umgehend zu behandeln ist (53).

Das Outcome des jeweiligen Befundes wurde binär eingeteilt:

---

B0 = Es wird keine relevante Pathologie zur Fragestellung beschrieben oder eine bereits bekannte Auffälligkeit erweist sich als unverändert.

Somit wurde beispielsweise eine bereits beschriebene, aber unveränderte symptomatische Hypoperfusion im Stromgebiet der A. cerebri media in der Verlaufsuntersuchung als B0 gewertet. Eine akute Cephalgie ohne bildmorphologische Anomalien in der Bildgebung fiel ebenso in die Kategorie B0.

B1 = Es wurden Anomalitäten mit annehmbarem Krankheitswert entdeckt oder es ist im Verlauf eine relevante Befundänderung eingetreten.

Bei den unter B1 erfassten Fällen mit Befundwandel lagen zur jeweiligen Kasuistik gegebenenfalls Voraufnahmen vor, die auf eine Veränderung der Situation schließen ließen. Eine in der cerebralen CT erstmals beschriebene arteriovenöse Malformation fällt exemplarisch auch in diese Kategorie (B1).

Die so erhobenen Daten wurden in der aus RadCentre exportierten Datei ergänzt.

## 2.4 Technische Grundlage der Untersuchungen

In dieser Studie wurde zwischen Röntgen, MRT und CT (inklusive CT-Angiographie (CTA) und CT-Perfusion (CTP)) unterteilt. Um die in der Folge erfassten Daten und die daraus abgeleiteten Erkenntnisse in vollem Umfang nachzuvollziehen, bedarf es eines Grundverständnisses der zugrundeliegenden Untersuchungsmodalitäten.

Beim konventionellen Röntgen handelt es sich um eine Projektionsradiographie (54). Dabei wird die unterschiedliche Schwächung von Röntgenstrahlen durch die Gewebe des Körpers erfasst. Diese Schwächung ist durch Streuung und Absorption bedingt (54). Einen Einfluss auf das so entstehende Bild nimmt einerseits die Energie der Röntgenstrahlen, andererseits aber auch die Dicke und Dichte des durchstrahlten Stoffes sowie – in der dritten Potenz einflussnehmend – die spezifische Ordnungszahl der Elemente des Gewebes (54, 55). Die Abbildung wird durch die spezifische Schwächung aller im Strahlengang liegenden Strukturen erzeugt. Man bezeichnet das Röntgenbild

---

auch als Superpositionsaufnahme (lat. *super* = über; *positio* = Lage, Setzung, Stellung) (55).

Diese Technik findet ihre Anwendung in der Neuroradiologie unter anderem zur Beurteilung primärer Knochenprozesse, knöcherner Fehlbildungen und degenerativer oder traumatischer Veränderungen von Schädel und Wirbelsäule (56). Eine weitere Indikation dieser Nativaufnahmen findet sich in der Funktionsdiagnostik der Wirbelsäule (55).

Bei der CT wird der:die Patient:in mittels Röntgenstrahlen aus diversen Richtungen durchleuchtet (55). Die nicht-absorbierten Strahlen werden durch Detektoren erfasst und die Messwerte in Schwächungswerte umgewandelt (54, 55). Es entsteht eine sog. Voxel-basierte Datei mit einem dreidimensionalen Datensatz, der die lokale Röntgenschwächung abbildet (54). Diese Schwächungswerte werden wiederum quantitativ in Hounsfield-Einheiten (HE) wiedergegeben. Dabei entspricht definitionsgemäß Knochen 1.000-1.500 HE, Wasser 0 HE und Luft -1.000 HE (54). Ausgehend von dieser Kodierung, kann für jede beliebige Schnittebene ein Bild in Graustufen erzeugt werden (54). So kann auf die Beschaffenheit des abgebildeten Gewebes zurückgeschlossen werden (55). Mithilfe von intravenös applizierten Kontrastmitteln kann zudem eine Gefäßdarstellung (CT-Angiographie, CTA) erzeugt werden und auf lokale Perfusionsverhältnisse rückgeschlossen werden (CT-Perfusion, CTP) (55). Während die CTA in erster Linie der Gefäß- und Schlaganfalldiagnostik dient, erweist sich die CTP hinsichtlich Durchblutungsstörungen und bei Verdacht auf eine Gefäßpathologie als besonders aussagekräftig (57). Die native CT-Diagnostik findet aufgrund ihrer ubiquitären Verfügbarkeit und ihres hohen diagnostischen Wertes weitreichend Verwendung (58). So zum Beispiel zur akuten Evaluation des Zustands von Polytraumapatient:innen (54).

Die Magnetresonanztomographie basiert im Gegensatz zum Röntgen und der CT nicht auf Röntgenstrahlen (59). Sie beruht auf der Eigenschaft von Protonen, sich mit einer bestimmten Frequenz um sich selbst zu drehen (Kern-Spin) (59). Durch ein starkes Magnetfeld werden die Protonen des Körpers, die in allen Geweben in unterschiedlichen Konzentrationen vorhanden sind, ausgerichtet und durch eine Ultrakurzwelle angeregt (60). In der Folge kehren sie in ihre Ursprungslage zurück und erzeugen bei der damit einhergehenden Rückkehr ein sich bewegendes magnetisches Feld mit messbarem Signal (60). Dieses

---

wird wiederum erfasst und visualisiert (60). So lässt sich auf spezifische Gewebe und deren Beschaffenheit zurückschließen (59). Die MRT ist in erster Linie zur Beurteilung von Weichgewebe geeignet (59). Dazu gehören neben der Diagnostik von Knorpel, Bandapparaten und Nervengewebe, die Tumordiagnostik und die Differenzierung von Pathologien des ZNS (61). So kann unter anderem zwischen Tumoren, entzündlichen, vaskulären oder degenerativen ZNS-Erkrankungen unterschieden und klassifiziert werden (61).

Die konventionelle, röntgenbasierte Angiographie dient der diagnostischen Darstellung von Gefäßen und ermöglicht weiterhin direkte therapeutische Maßnahmen. Dabei wird durch die Kombination von intermittierender intravasaler Kontrastmittelgabe und Durchleuchtung mittels Röntgen eine Subtraktionsaufnahme erzeugt (62). Die so dargestellten Gefäßverläufe können in der Folge in Seldinger-Technik katheterisiert werden, um gezielte Stromgebiete zu erreichen oder etwaige Engstellen darzustellen (63). Therapeutisch können im Rahmen einer solchen Intervention, u.a. durch Coiling oder Embolisation, Blutungen gestillt und durch die Implantation von Stents Engstellen, zum Beispiel im Bereich der Arteria carotis, behandelt werden (54). In jüngster Zeit gewinnt zudem die Thrombektomie in der effektiven Behandlung von akuten cerebralen Gefäßverschlüssen an Relevanz (2). Hierbei wird im Rahmen der Angiographie der Thrombus sondiert und mechanisch entfernt (2).

## 2.5 Statistik

Die statistische Auswertung der gewonnenen Daten erfolgte mit dem Programm IBM® SPSS® Statistics (Version 28, International Business Machines Corporation (IBM Corp.), 1 North Castle Drive, Armonk, 10504 New York, USA) und die in Kapitel „Resultate“ dargestellten Abbildungen wurden erzeugt.

Zunächst verglich man das Volumen der Fälle und ihre Merkmale zwischen dem Kontrollzeitraum (2019) und dem ersten Lockdown (2020). Hierfür wurden Chi-Quadrat-Tests verwendet, um festzustellen, ob die Unterschiede zwischen den Untergruppen/Parametern signifikant sein könnten. Der Cramer-V-Test diente dem Vergleich zweier nominal (und/oder ordinal) skalierten Gruppen miteinander. Für den Fall, dass mehr als zwei zu vergleichende Gruppen vorlagen, wurde der Fisher-Test verwendet. Zur Reevaluation der Resultate

---

analysierte man signifikante Ergebnisse mit dem Spearman-Test für ordinale Parameter erneut.

Zweitens wurde der mögliche Einfluss des Alters, des Zeitraums (2019/2020) und des Tages der Untersuchung auf die Akuität beziehungsweise die Schwere der Fälle analysiert. Dazu verwendete man eine lineare Regression und überprüfte die Reproduzierbarkeit der Ergebnisse mit dem Spearman-Test.

Drittens wollte man den Einfluss von Akuität/Schweregrad, Alter und Zeitraum (2019/2020) auf geschlechtsspezifische Veränderungen der Befunde im weiteren Verlauf des Krankenhausaufenthalts aufdecken. Daher wurden die Effekte mittels linearer Regression analysiert und die Ergebnisse mittels Spearman-Test geprüft.

Mit Hilfe von Kruskal-Wallis-Tests wurden Unterschiede in Mittelwert und Standardabweichung (gruppenbezogen) für Alter und Tageszeit ermittelt.

Entsprechend der Multikollinearität gab es mehrere signifikante Korrelationen zwischen den Gruppen und Untergruppen. In jedem Fall war der Grad der Korrelation nicht gravierend ( $r < |0,8|$ ). Es lag also keine relevante Multikollinearität vor, die interagierte (64, 65).

Die Mediatoranalyse (mit PROCESS-Macro von Hayes für SPSS) ergab keine signifikanten Interaktionen (66).

---

### 3. Resultate

Während des oben beschriebenen Zeitraums des ersten Covid-19-bedingten Lockdowns und der Kontrollperiode wurden n=979 und n=1302 Prozeduren im RIS der Universitätsmedizin Mainz seitens der Neuroradiologie erfasst. Aus diversen Gründen gab es nicht immer für jeden kodierten Prozess einen separaten Befund, der für eine weitere Datenanalyse adäquat wäre. Dazu gehörten unter anderem abgebrochene Untersuchungen oder multiple Vorgänge, die zu einem Befund zusammengefasst wurden. So konnten im Rahmen der Detailanalyse n=878 (Lockdown-Zeitraum) und n=1170 (Kontrollzeitraum) Befunde ausgewertet werden. Dies entsprach jeweils einem Anteil von nahezu 90% aller im jeweiligen Zeitraum im Datenverarbeitungssystem des Krankenhauses erfassten neuroradiologischen Vorgänge (89,7% vs. 89,9%). Die Gesamtzahl der Befunde reduzierte sich um 24,95% in Relation zum Kontrollzeitraum. Zum Vergleich waren alle im RIS codierten Prozeduren um 24,81% erniedrigt. So konnte von einer Vergleichbarkeit der Zeiträume hinsichtlich der codierten Prozeduren und der Befunde ausgegangen werden. In der Folge wurde auf Basis der vorhandenen Befunde analysiert.

#### 3.1 Veränderungen im Anforderungsprofil zu Zeiten des ersten Lockdowns

Der Rückgang der Zahl der Untersuchungen war über alle Untersuchungsmodalitäten (MRT, CT, etc.) zu beobachten. Insbesondere die Röntgenuntersuchungen (-64,7%) und die Angiographie (-46,4%) gingen - im Vergleich zum globalen Rückgang von 24,9% - überdurchschnittlich stark zurück. Die unter "Sonstiges" kategorisierten Untersuchungen blieben unverändert. Im Vergleich unterdurchschnittlich stark nahmen die MRT-Untersuchungen ab (-13,1%). Das CT wurde wiederum etwa 25% weniger verwendet.

Verglich man die Verteilung der angewandten Techniken innerhalb der jeweiligen Zeiträume, so fiel auf, dass diese nahezu unverändert blieb. Einzig im Bereich des Röntgen und der MRT konnten Veränderungen beobachtet werden: dort halbierte sich der Anteil der Röntgenuntersuchungen von 8% auf

4%. Das MRT umfasste wiederum 30% der Untersuchungen im Lockdown-Zeitraum statt zuvor 26%.

Hinsichtlich der angiographischen Untersuchungen wurde eine sekundäre Analyse durchgeführt, da sich hier gerade die Unterscheidung zwischen Diagnostik und Intervention als relevant erwies. Es wurden anhand der Protokolle der Angiographien ermittelt, ob im Zuge dessen eine Thrombektomie (TE) erfolgte. Die Angiographien wurden laut lokalem Protokollbuch insgesamt im zeitlichen Vergleich nur 30 (Lockdown-Zeitraum) statt zuvor 56 (Kontrollzeitraum) Mal im angegebenen Zeitraum durchgeführt, wobei die Anzahl der Thrombektomien sich ebenfalls um etwa 23% reduzierte (13 im Kontrollzeitraum; 10 im Lockdown-Zeitraum). Der Gesamtanteil der Thrombektomien an den Angiographien lag im Kontrollzeitraum bei 23% und im Lockdown-Zeitraum bei 33%.

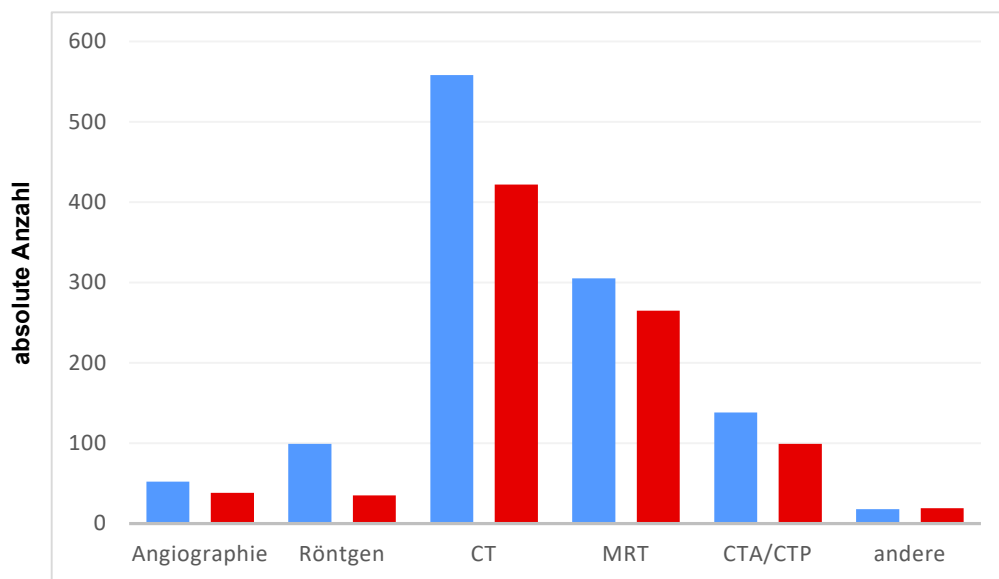
Tabelle 2: Verteilung der Befunde nach technischer Modalität

| Anzahl Befunde nach technischer Modalität | <b>Kontrollzeitraum (2019)</b> |                                    | <b>Lockdown-Zeitraum (2020)</b> |                                    | Relative Abnahme nach Modalität im Vergleich der Zeiträume |
|-------------------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------|------------------------------------|------------------------------------------------------------|
|                                           | Absolutwert                    | Anteil innerhalb des Zeitraums (%) | Absolutwert                     | Anteil innerhalb des Zeitraums (%) |                                                            |
| Angiographie                              | 52                             | 4%                                 | 38                              | 4%                                 | -46.4%                                                     |
| Röntgen                                   | 99                             | 8%                                 | 35                              | 4%                                 | -64.7%                                                     |
| CT                                        | 558                            | 48%                                | 422                             | 48%                                | -25.1%                                                     |
| MRT                                       | 305                            | 26%                                | 265                             | 30%                                | -13.1%                                                     |
| CTA/CTP                                   | 138                            | 12%                                | 99                              | 11%                                | -28,3%                                                     |
| andere                                    | 18                             | 2%                                 | 19                              | 2%                                 | -5,6%                                                      |
| <b>Gesamtzahl</b>                         | <b>1170</b>                    | <b>100%</b>                        | <b>878</b>                      | <b>100%</b>                        | <b>-24,96%</b>                                             |

Tabelle 3: Anzahl an Angiographien und Thrombektomie laut Protokollbuch

|                   | Angiographien | Thrombektomien (TE) | Verhältnis TE/Angiographie |
|-------------------|---------------|---------------------|----------------------------|
| Lockdown-Zeitraum | 30            | 10                  | 0,33                       |
| Kontrollzeitraum  | 56            | 13                  | 0,23                       |

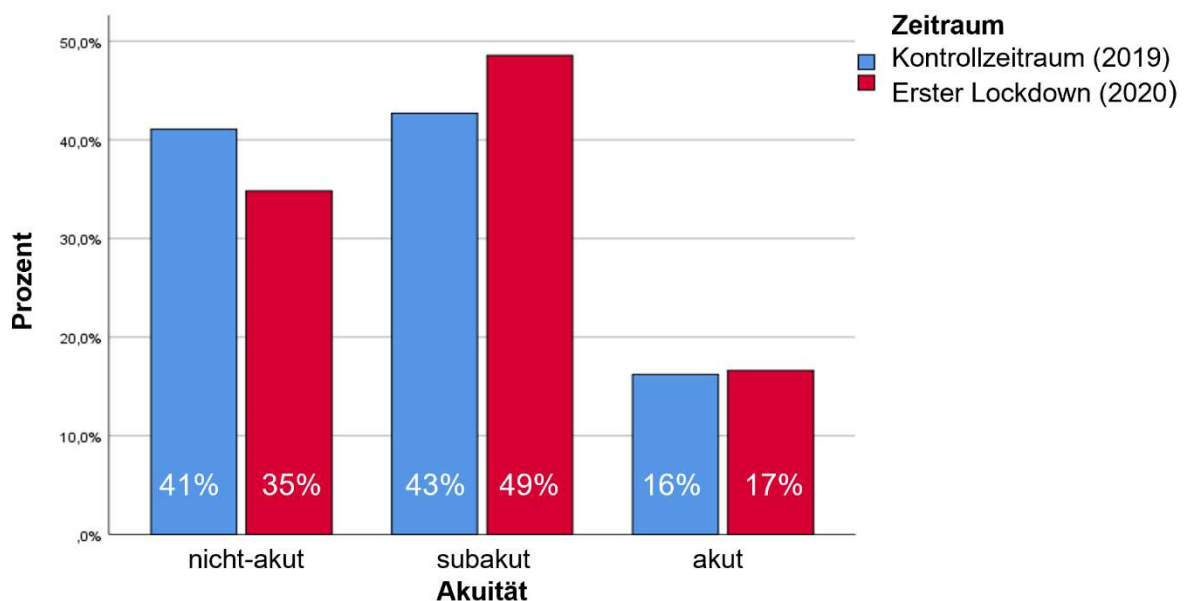
Abbildung 3: Verteilung der Untersuchung nach technischer Modalität in Absolutwerten, Kontrollzeitraum in blau, Lockdown-Zeitraum in rot dargestellt



Vergleich man die Einschätzungen der auswertenden Radiologen hinsichtlich der Akuität der im jeweiligen Zeitraum erfassten Befunde, so zeigten sich Veränderungen in der Verteilung der nicht- und subakuten Fälle.

Der Anteil der nicht-akuten sank um etwa sechs Prozentpunkte im Vergleich zum Kontrollzeitraum (41% vs. 35%), während die subakuten Fälle in gleichem Maße anstiegen. Der Prozentsatz der akuten Fälle blieb nahezu gleich (Kontrollzeitraum: 16%, erster Lockdown: 17%) bei einem absoluten Rückgang von 177 auf 143 Fälle

Abbildung 4: Verteilung der Akuität in Prozent, Kontrollzeitraum in blau, Lockdown-Zeitraum in rot dargestellt



Im Kruskal-Wallis-Test unabhängiger Stichproben konnte hinsichtlich der Verteilung der Akuität über die Kategorie Zeitraum (Kontrollperiode vs. erster Lockdown) eine signifikante Veränderung verzeichnet werden ( $p=0,010$ ).

Beobachtet wurde eine deutliche absolute Reduktion vor allem der stationären nicht-akuten Fälle von 287 auf 155. Bei den ambulant überwiesenen Patient:innen konnte hinsichtlich der Akuität kein Unterschied festgestellt werden. Hierbei war im untersuchten sowie im Kontrollzeitraum die Mehrheit (60,3% vs. 60,7%) der Anforderungen „nicht-akut“, gefolgt von jeweils etwa 36% subakuten und nur einigen akuten Fällen.

Auch bei den Patient:innen aus der Notaufnahme konnte während des ersten Lockdowns keine relevante Veränderung bezüglich der Akuität beobachtet werden. Die nicht-akuten Fälle lagen bei 6,5%, die subakuten übertrafen mit 55% die akuten Fälle (38,5%). Im Vergleich zum Kontrollzeitraum ging dabei der Anteil nicht-akuter Fälle zurück, während die subakuten Fälle in der Notaufnahme zunahmen.

Abbildung 5: zuweisende Institution der Patient:innen in Relation zum jeweiligen Grad der Akuität in Absolutwerten, links der Kontrollzeitraum, rechts der Lockdown-Zeitraum

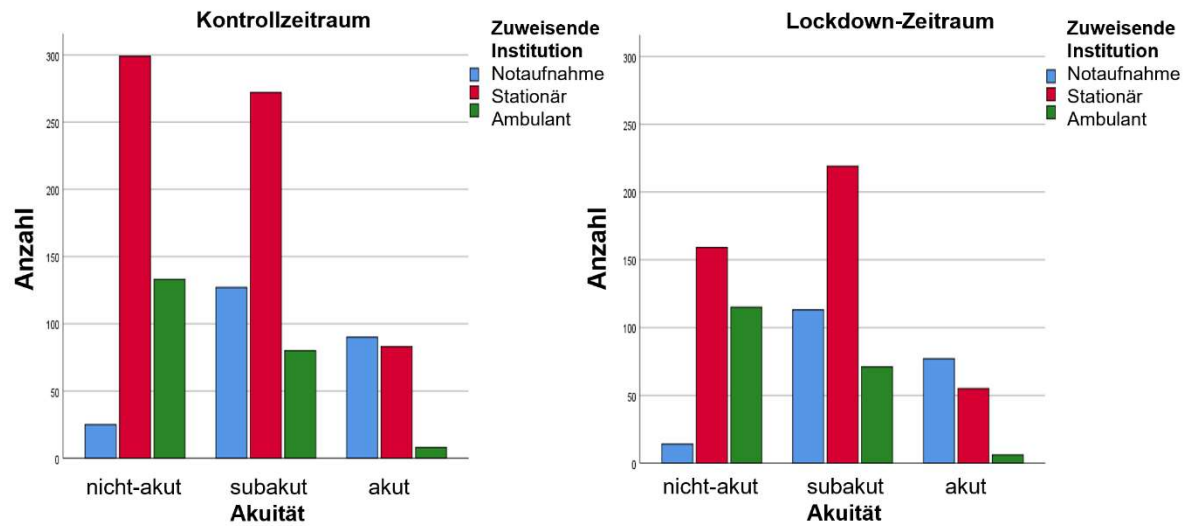
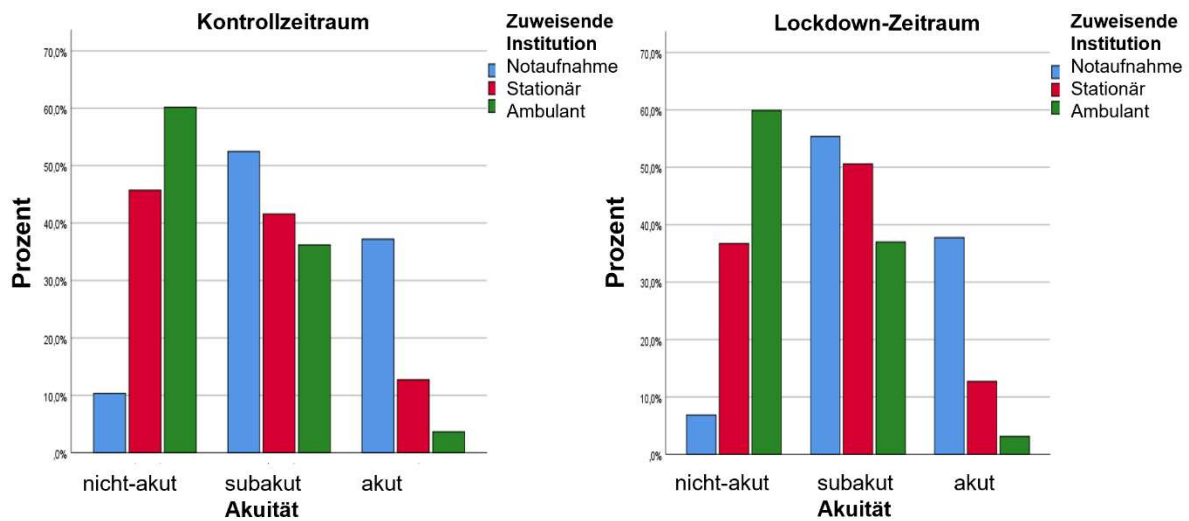
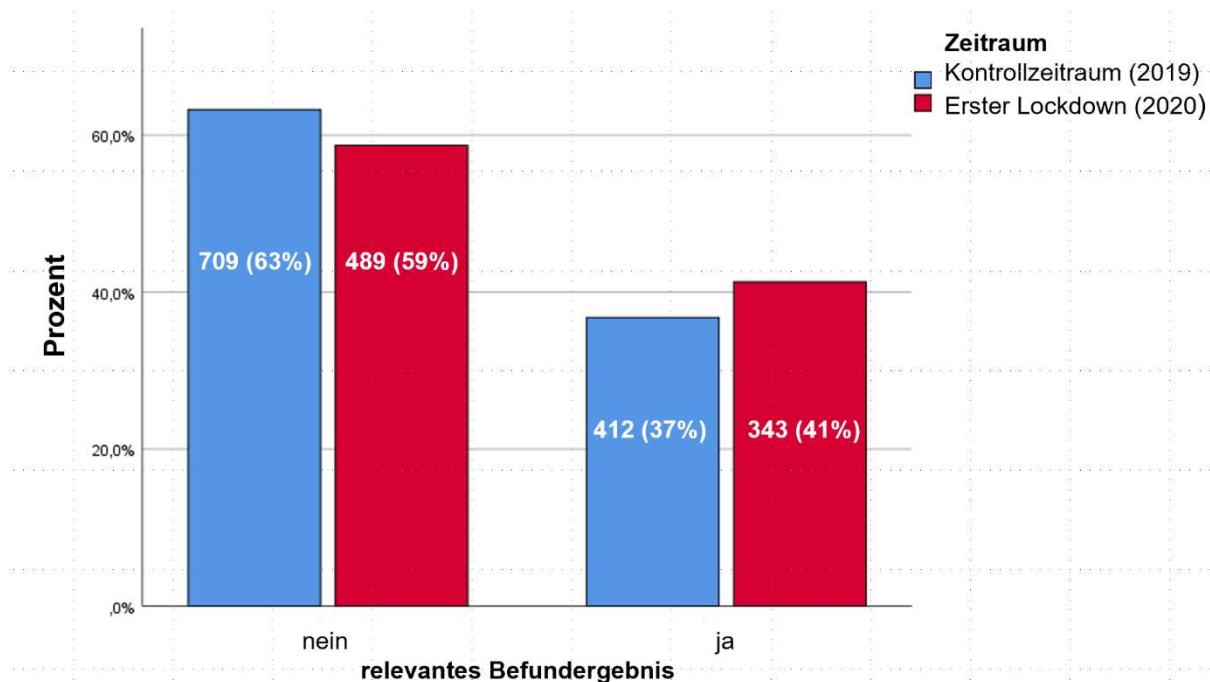


Abbildung 6: zuweisende Institution der Patient:innen in Relation zum jeweiligen Grad der Akuität in Prozent, links der Kontrollzeitraum, rechts der Lockdown-Zeitraum



Da seitens der diensthabenden Radiologen vermutet wurde, es würden weniger „ergebnislose Untersuchungen“ vorgenommen werden, wurde bei der Auswertung der Befunde neben der Akuität auch eine binäre Zuordnung hinsichtlich des Befundergebnisses vorgenommen. Ein „relevantes“ Befundergebnis lag beispielsweise vor, wenn eine Anomalie mit annehmbarem Krankheitswert entdeckt wurde oder im Verlauf eine relevante Befundänderung eintrat.

Abbildung 7: Verteilung von B0, B1 (relevantes Befundergebnis nein/ja) in Prozent, 2019 entspricht dem Kontrollzeitraum, 2020 dem Lockdown-Zeitraum



Hierbei zeigte sich, dass der Anteil der relevanten Befundergebnisse von 37% auf 41% zunahm. Dementsprechend fiel der Prozentsatz der Untersuchungen ohne relevantes Befundergebnisse auf unter 60% ab. Inwiefern dies auf das Konsultationsverhalten der Menschen in Zeiten einer Pandemie zurückzuführen ist, wird im Verlauf diskutiert werden.

Abbildung 8: Verteilung der Kategorie „relevantes Befundergebnis“ nach Akuität in Prozent; in weiß die absolute Anzahl der jeweiligen Befunde

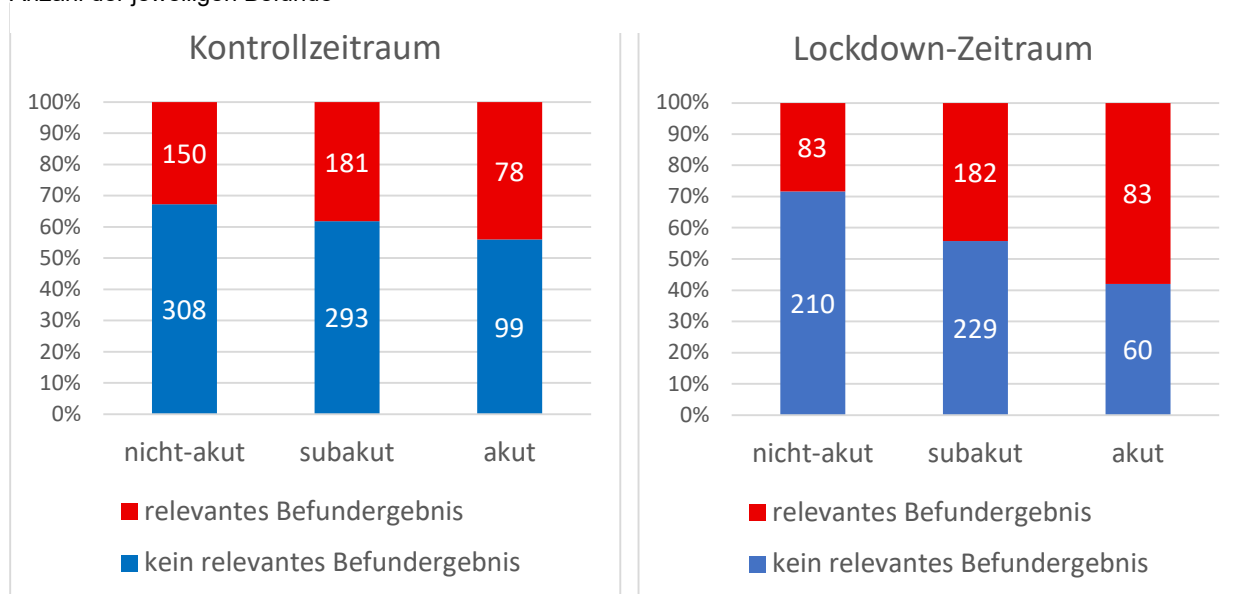


Tabelle 4: Prozentwerte zu Abbildung 7, rechts zudem mit Pfeil markiert: die Entwicklung des Anteils relevanter Befundergebnisse im zeitlichen Vergleich

|            | Kontrollzeitraum          |     | Lockdown-Zeitraum         |     |    |
|------------|---------------------------|-----|---------------------------|-----|----|
|            | relevantes Befundergebnis |     | relevantes Befundergebnis |     |    |
|            | nein                      | ja  | nein                      | ja  |    |
| nicht-akut | 67%                       | 33% | 72%                       | 28% | ↓  |
| subakut    | 62%                       | 38% | 56%                       | 44% | ↑  |
| akut       | 56%                       | 44% | 42%                       | 58% | ↑↑ |

Vor dem Hintergrund der zugrundeliegenden Akuität ließ sich eine deutliche Zunahme der Patient:innen mit subakuten Symptomen und gleichzeitig relevantem Befundergebnis verzeichnen (38% vs. 44%). Bei akut-symptomatischen Patient:innen lag im Lockdown-Zeitraum zu 58% ein relevantes Befundergebnis vor (44% im Kontrollzeitraum). Bei den nicht-akuten Fällen reduzierte sich hingegen der Anteil relevanter Befundergebnisse von 33% auf 28%.

Es ließ sich ein signifikanter Zusammenhang zwischen relevantem Befundergebnis und Akuität bei Männern als auch bei Frauen feststellen ( $p < 0,001$ ; KI95% m: 0.062; 0.147, w: 0,039; 0,131). Vor allem im Lockdown-Zeitraum wurde mit steigender Akuität ein zunehmender Anteil relevanter Befundergebnisse beobachtet.

In Bezug auf die Verteilung der Patient:innen hinsichtlich des zugeordneten Geschlechts wurde im Kontrollzeitraum eine nahezu ausgeglichene Verteilung zwischen männlichen (51%) und weiblichen (49%) Patient:innen verzeichnet. Im Lockdown-Zeitraum kam es zu einem deutlichen Verschiebung zugunsten der männlichen Patient:innen (56% männlich, 44% weiblich). Um sicherzustellen, dass es sich dabei nicht um eine zufällige Beobachtung handelte, wurden weitere Daten äquivalenter Zeiträume von 2017 bis 2021 mittels RIS-Export ausgewertet.

Tabelle 5: absolute Anzahl an Prozeduren nach biologischem Geschlecht des untersuchten Patient:innen

| Äquivalenter Zeitraum | weiblich           | männlich           | Insgesamt  |
|-----------------------|--------------------|--------------------|------------|
| 06.-26.03.2017        | 598 (48%)          | 658 (52%)          | 1256       |
| 05.-25.03.2018        | 602 (49%)          | 635 (51%)          | 1237       |
| 11.-31.03.2019        | 633 (49%)          | 669 (51%)          | 1302       |
| 09.-29.03.2020        | 425 ( <b>44%</b> ) | 554 ( <b>56%</b> ) | <b>979</b> |
| 08.-28.03.2021        | 646 (50%)          | 649 (50%)          | 1295       |

Die Daten der Jahre 2017 bis 2019 ähnelten mit je etwa 48-49% weiblichen und 51-52% männlichen Patient:innen der Beobachtung aus dem Kontrollzeitraum.

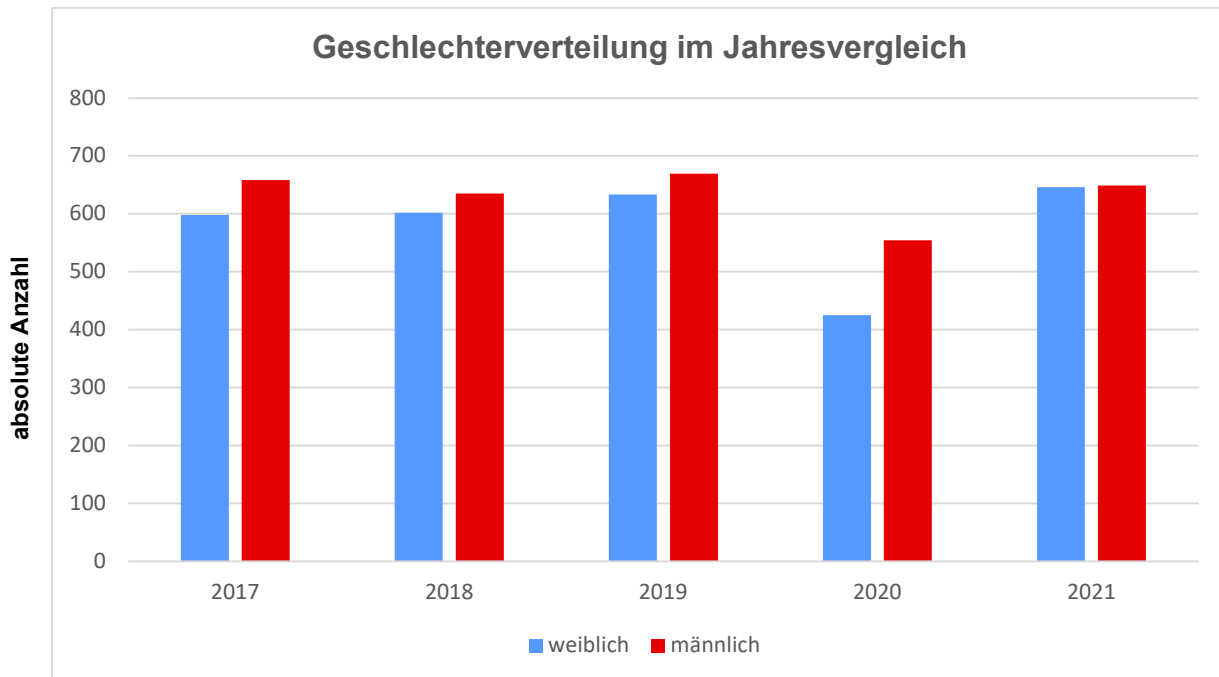
Tabelle 6: Ergebnis der näherungsweise Analyse der absoluten Fallzahlen von 2017 bis 2021

| Symmetrische Maße*                                                   |          |        |                            |
|----------------------------------------------------------------------|----------|--------|----------------------------|
|                                                                      |          | Wert   | Näherungsweise Signifikanz |
| Nominal-<br>bzgl.<br>Nominalmaß                                      | Phi      | -0,051 | 0,021                      |
|                                                                      | Cramer-V | 0,051  | 0,021                      |
| Anzahl der gültigen Fälle                                            |          | 2042   |                            |
| * Die Korrelations-Statistik ist nur für numerische Daten verfügbar. |          |        |                            |

Der Lockdown-Zeitraum und der Kontrollzeitraum unterschieden sich hinsichtlich der absoluten Fallzahlen in der näherungsweise Statistik signifikant ( $p=0,021$ ;  $\Phi = -0,051$ ,  $n=2042$ ).

Zudem ließ sich auch an diesem erweiterten Beobachtungszeitraum der starke Rückgang der Prozeduren im untersuchten Zeitraum (n=979) im Vergleich zu 2017 bis 2019 sowie 2021 beobachten (je n>1235).

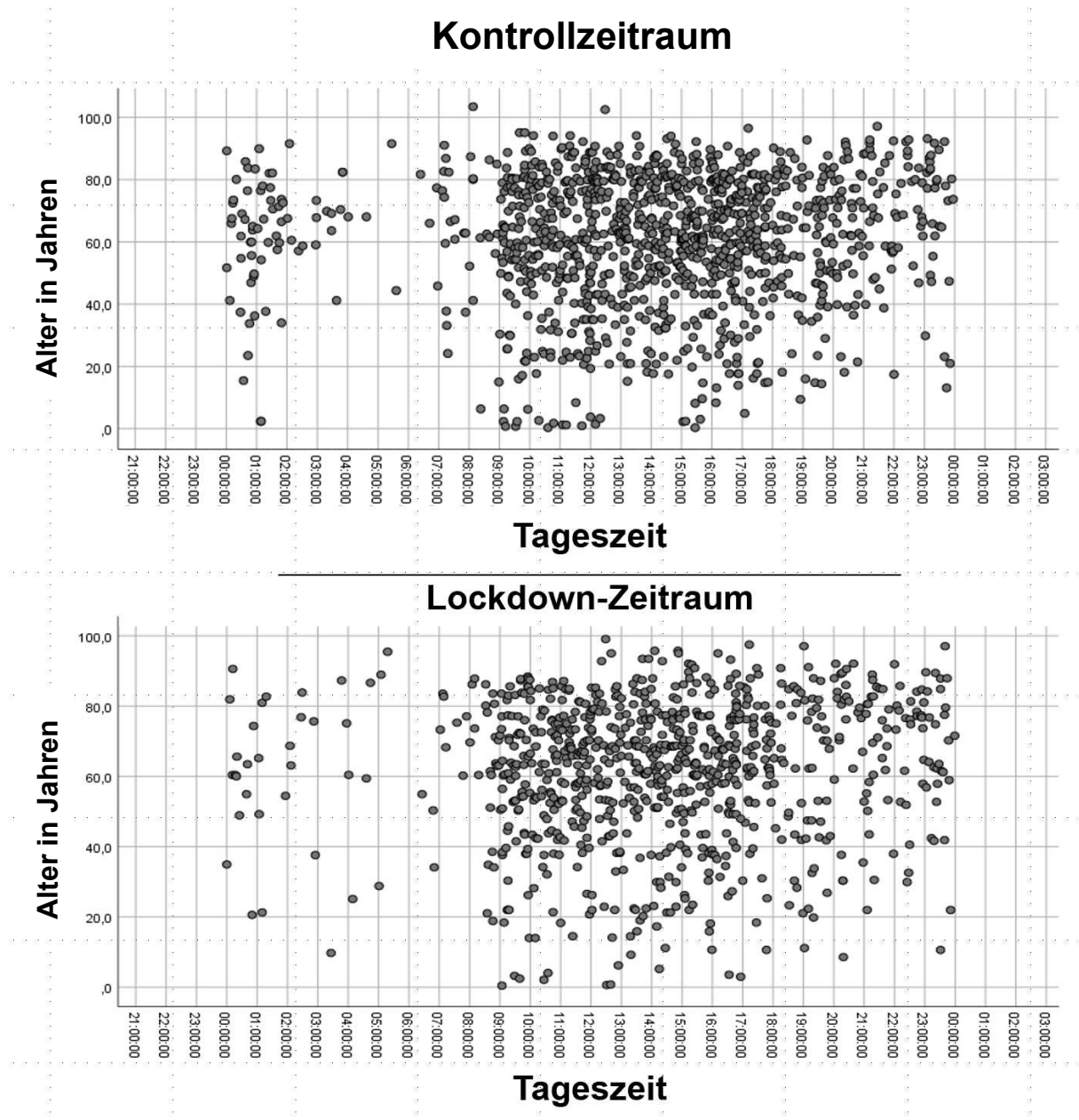
Abbildung 9: Verteilung des biologischen Geschlechts innerhalb der Prozeduren im 5-Jahres-Vergleich (2017-2021) in absoluten Zahlen



Die Geschlechterkategorien wie zum Beispiel „divers“, „trans-“ oder „geschlechtsneutral“ wurden nicht erfasst und konnten deshalb an dieser Stelle nicht differenziert werden.

Zudem wurde das Patient:innenaufkommen im zirkadianen Verlauf mittels Streudiagramm ausgewertet.

Abbildung 10: Streudiagramm zum Patient:innenaufkommen nach Tageszeit und Patient:innenalter zum Untersuchungszeitpunkt



Dabei zeigte sich eine geringere Dichte an Prozeduren im Lockdown-Zeitraum im Vergleich zum Kontrollzeitraum. Auffallend weniger Untersuchungen wurden um etwa ein Uhr nachts sowie zwischen drei und vier Uhr nachts absolviert. Betrachtet man die nächtliche Kernzeit von Mitternacht bis 5 Uhr am Morgen, so konnte eine Reduktion von 55,1% (von 69 auf 31 Prozeduren im jeweiligen Intervall) verzeichnet werden.

Diese übertraf die Gesamtreduktion, die bei nahezu 25% lag. Das Durchschnittsalter zur Nachtzeit sank um 3,7 Jahre von 63,8 Jahren im Kontrollzeitraum auf 60,1 Jahre im Lockdown-Zeitraum.

Tabelle 7: absolute Anzahl an Prozeduren von 0 Uhr bis 5 Uhr nach Geschlecht und Zeitraum sowie Anteil der Patient:innen zwischen 0 Uhr und 5 Uhr an der Gesamtheit nach Geschlecht

|                 | <b>Prozeduren in<br/>Kontrollzeitraum<br/>(von 0 bis 5 Uhr)</b> | <b>[Anteil an<br/>Gesamtzahl im<br/>Tagesverlauf,<br/>Geschlechter<br/>getrennt]</b> | <b>Prozeduren in<br/>Lockdown-<br/>Zeitraum<br/>(von 0 bis 5 Uhr)</b> | <b>[Anteil an<br/>Gesamtzahl im<br/>Tagesverlauf,<br/>Geschlechter<br/>getrennt]</b> |   |
|-----------------|-----------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---|
| <b>Weiblich</b> | 34                                                              | 6,8%                                                                                 | 13                                                                    | 3,9%                                                                                 | ↓ |
|                 |                                                                 |                                                                                      |                                                                       |                                                                                      |   |
| <b>Männlich</b> | 35                                                              | 7%                                                                                   | 18                                                                    | 3,6%                                                                                 | ↓ |
|                 |                                                                 |                                                                                      |                                                                       |                                                                                      |   |
| <b>Gesamt</b>   | 69                                                              |                                                                                      | 31                                                                    |                                                                                      |   |

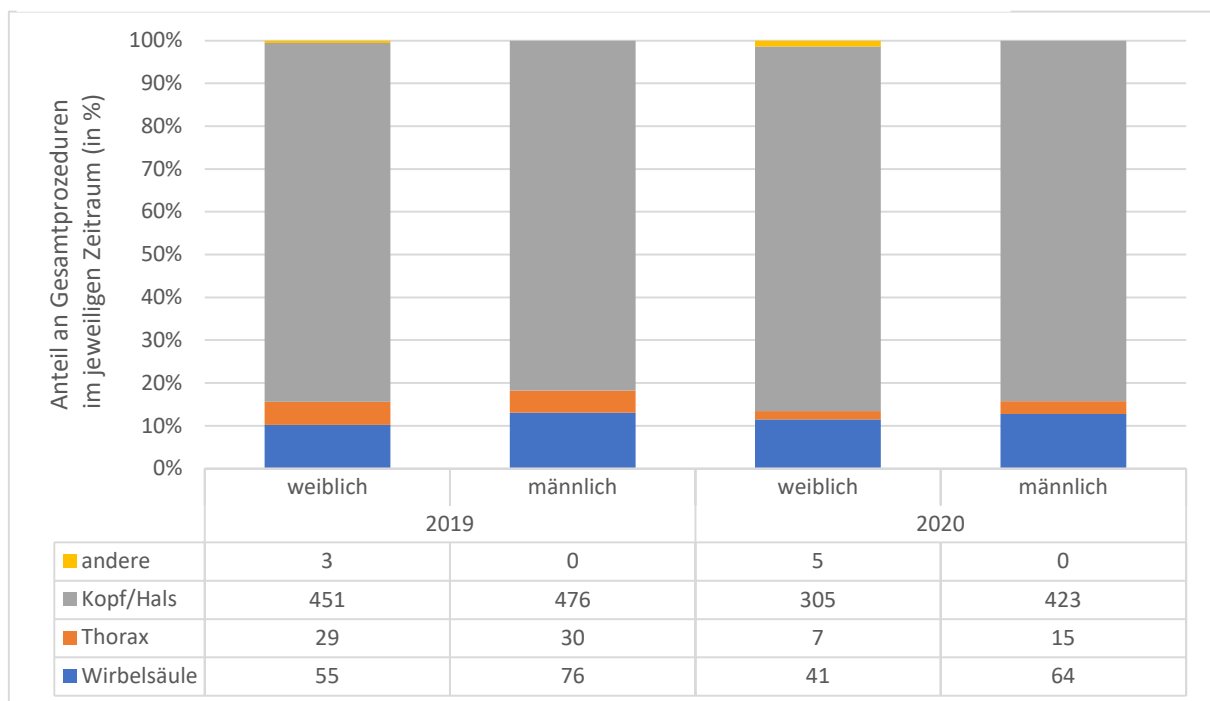
Bei beiden Geschlechtern repräsentierten im Kontrollzeitraum die Patient:innen zwischen 0 und 5 Uhr etwa 7% aller Patient:innen pro 24 Stunden. In der Lockdown-Zeitraum sank dieser Wert bei den männlichen Patienten leicht stärker als bei den weiblichen auf 3,6% (Männer: von 7% auf 3,6%; Frauen: von 6,8% auf 3,9%). Demzufolge kam es im Lockdown-Zeitraum bei beiden Geschlechtern zu einer Reduktion des Anteils der nächtlichen Konsultationen im Vergleich zur Gesamtmenge pro 24 Stunden.

Hinsichtlich der allgemeinen Altersstruktur konnte keine Veränderung zwischen dem Kontrollzeitraum und dem untersuchten Zeitraum festgestellt werden. Das mittlere Alter lag bei 60,8 ±21.0 Jahre (2019) versus 61,5 ±20.1 Jahre (2020). Im Kontrollzeitraum reichte die Altersspanne von drei Lebensmonaten bis 103 Lebensjahren, im Lockdown-Zeitraum von sechs Lebensmonaten bis 99 Lebensjahren.

### 3.2 Geschlechter-bezogene Unterschiede im Patient:innenkollektiv

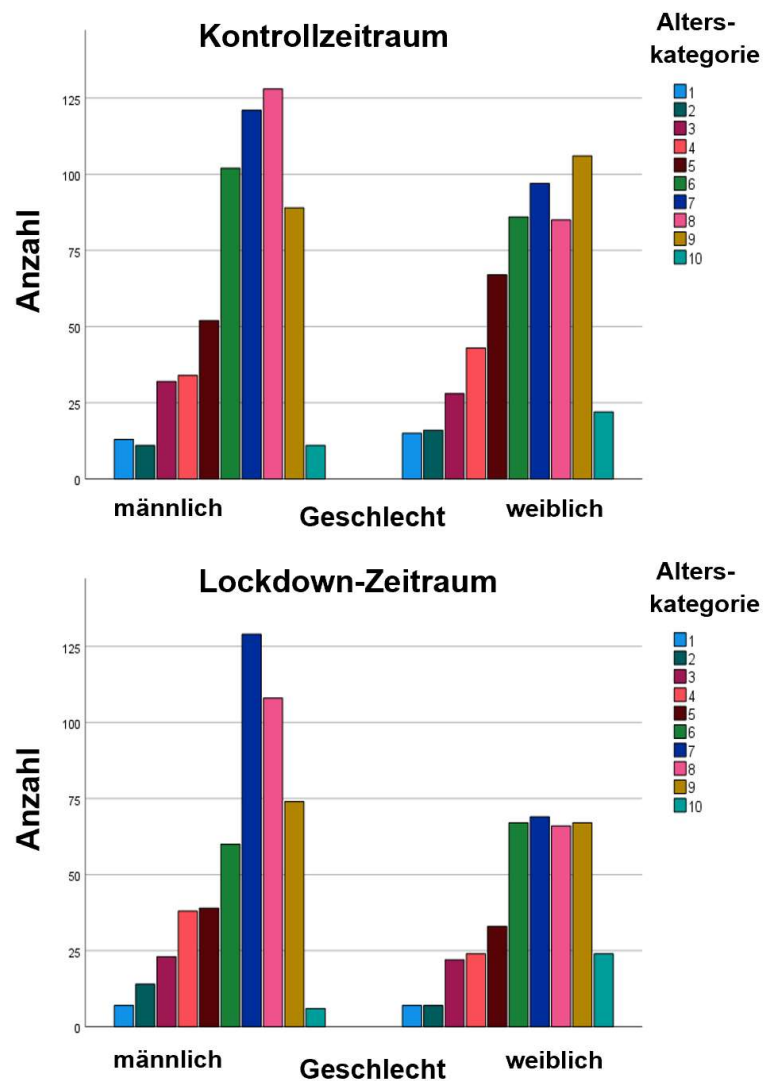
Vor dem Hintergrund der Kategorisierung der Prozeduren nach „Kopf/Hals“, „Wirbelsäule“, „Thorax“ und „andere“ wurde verzeichnet, dass bei weiblichen Patientinnen grundsätzlich der Anteil an Wirbelsäulenuntersuchungen geringer als bei männlichen Patient:innen war (weiblich: 10,2% (2019), 11,5% (2020) vs. männlich: 13,1% (2019), 12,8% (2020)). Bei männlichen Patient:innen waren anteilig zudem mehr Untersuchungen des Thorax durchgeführt worden als bei den weiblichen Patientinnen. Insgesamt waren bei beiden Geschlechtern sowohl im Lockdown- als auch im Kontrollzeitraum die Mehrheit an Untersuchungen im „Kopf/Hals“-Bereich. Im Vergleich beider Zeiträume zeigte sich in erster Linie eine relative Abnahme der Untersuchungen des Thorax (weiblich: 29 vs. 7; männlich: 30 vs. 15).

Abbildung 11: Relative Verteilung der untersuchten Körperregion nach Geschlecht und Zeitraum, darunter die zugehörigen Absolutwerte



Das Alter der Patient:innen zum Untersuchungszeitpunkt wurde nach Dekaden und Geschlecht gruppiert. So entsprach die Altersgruppe 1 beispielweise einem Alter von null bis kleiner gleich zehn Lebensjahren.

Abbildung 12: Altersverteilung gruppiert nach Geschlecht und Zeitraum (oben: Kontrollzeitraum, unten: Lockdown-Zeitraum)



Im zeitlichen Vergleich kam es zu einer Reduktion der Anzahl männlicher Patienten über alle Altersgruppen – ausgenommen der Altersgruppe 2 und 4. Während im Kontrollzeitraum die Altersgruppe 8 mit 21,6% dominierte, überwogen zu Zeiten des ersten Lockdowns die Patienten der Altersgruppe 7, die nahezu 26% aller untersuchten Patienten umfasste.

Tabelle 8: absolute Daten und relative Verteilung der Alterskategorien nach Geschlecht und Zeitpunkt

| Zeitraum          | Geschlecht | Alters-<br>gruppe | Häufigkeit | Prozent | Kumulierte<br>Prozent |
|-------------------|------------|-------------------|------------|---------|-----------------------|
| Kontrollzeitraum  | Männlich   | 1                 | 13         | 2,2%    | 2,2%                  |
|                   |            | 2                 | 11         | 1,9%    | 4,1%                  |
|                   |            | 3                 | 32         | 5,4%    | 9,5%                  |
|                   |            | 4                 | 34         | 5,7%    | 15,2%                 |
|                   |            | 5                 | 52         | 8,8%    | 24,0%                 |
|                   |            | 6                 | 102        | 17,2%   | 41,2%                 |
|                   |            | 7                 | 121        | 20,4%   | 61,6%                 |
|                   |            | 8                 | 128        | 21,6%   | 83,1%                 |
|                   |            | 9                 | 89         | 15,0%   | 98,2%                 |
|                   |            | 10                | 11         | 1,9%    | 100,0%                |
|                   |            |                   | 593        | 100,0%  |                       |
|                   | Weiblich   | 1                 | 15         | 2,7%    | 2,7%                  |
|                   |            | 2                 | 16         | 2,8%    | 5,5%                  |
|                   |            | 3                 | 28         | 5,0%    | 10,5%                 |
|                   |            | 4                 | 43         | 7,6%    | 18,1%                 |
|                   |            | 5                 | 67         | 11,9%   | 30,0%                 |
|                   |            | 6                 | 86         | 15,2%   | 45,2%                 |
|                   |            | 7                 | 97         | 17,2%   | 62,3%                 |
|                   |            | 8                 | 85         | 15,0%   | 77,4%                 |
|                   |            | 9                 | 106        | 18,8%   | 96,2%                 |
|                   |            | 10                | 22         | 3,9%    | 100,0%                |
|                   |            |                   | 565        | 100,0%  |                       |
| Lockdown-Zeitraum | Männlich   | 1                 | 7          | 1,4%    | 1,4%                  |
|                   |            | 2                 | 14         | 2,8%    | 4,2%                  |
|                   |            | 3                 | 23         | 4,6%    | 8,8%                  |
|                   |            | 4                 | 38         | 7,6%    | 16,5%                 |
|                   |            | 5                 | 39         | 7,8%    | 24,3%                 |
|                   |            | 6                 | 60         | 12,0%   | 36,3%                 |
|                   |            | 7                 | 129        | 25,9%   | 62,2%                 |
|                   |            | 8                 | 108        | 21,7%   | 83,9%                 |
|                   |            | 9                 | 74         | 14,9%   | 98,8%                 |
|                   |            | 10                | 6          | 1,2%    | 100,0%                |
|                   |            |                   | 498        | 100,0%  |                       |
|                   | Weiblich   | 1                 | 7          | 1,8%    | 1,8%                  |
|                   |            | 2                 | 7          | 1,8%    | 3,6%                  |
|                   |            | 3                 | 22         | 5,7%    | 9,3%                  |
|                   |            | 4                 | 24         | 6,2%    | 15,5%                 |
|                   |            | 5                 | 33         | 8,5%    | 24,1%                 |
|                   |            | 6                 | 67         | 17,4%   | 41,4%                 |
|                   |            | 7                 | 69         | 17,9%   | 59,3%                 |
|                   |            | 8                 | 66         | 17,1%   | 76,4%                 |
|                   |            | 9                 | 67         | 17,4%   | 93,8%                 |
|                   |            | 10                | 24         | 6,2%    | 100,0%                |
|                   |            |                   | 386        | 100,0%  |                       |

Bei den jüngsten Patient:innen (Altersgruppe 1) kam es im Vergleich der beiden Zeiträume bei beiden Geschlechtern je zu einer Reduktion von etwa 50%. Die höchste Altersgruppe (10) der männlichen Patienten umfasste in beiden Zeiträumen je unter 2% und lag dementsprechend deutlich unter dem Anteil der weiblichen Patientinnen dieser Altersgruppe. Dieser lag vor dem Lockdown bei 3,9% und nahm im untersuchten Zeitraum auf 6,2% zu. Dementsprechend war zu Zeiten des ersten Lockdowns etwa jede 16. in der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz untersuchte Frau über 90 Jahre alt.

Hinsichtlich der weiteren Altersgruppen konnte bei den Patientinnen beobachtet werden, dass sowohl die Altersgruppe 7 als auch die Altersgruppe 9 überproportional abnahmen, sodass im untersuchten Zeitraum die Altersgruppen 6 bis 9 je etwa 17% repräsentierten (17,1%-17,9%).

Weiterhin konnte verzeichnet werden, dass es im Patientinnenkollektiv zu einer überdurchschnittlichen Abnahme der 30 bis 40-jährigen um 45% kam. Dieser Trend konnte bei den Männern nicht beobachtet werden: dort kam es Gegenteil zu einem Anstieg der Fallzahlen dieser Altersgruppe.

Tabelle 9: Akuität und Geschlechts-basiertes Alter

| Akuität und Geschlecht |          | Kontrollzeitraum (2019) |       | Lockdown-Zeitraum (2020) |       | Sign. (p) für Unterschiede zwischen den Zeiträumen (Kruskal-Wallis) |
|------------------------|----------|-------------------------|-------|--------------------------|-------|---------------------------------------------------------------------|
|                        |          | Alter                   |       | Alter                    |       |                                                                     |
|                        |          | Durchschnitt (±SD)      |       | Durchschnitt (±SD)       |       |                                                                     |
| A0                     | Männlich | 56,202                  | ±20,7 | 55,281                   | ±20,6 | >0.05                                                               |
|                        | Weiblich | 53,521                  | ±22,2 | 55,906                   | ±20,3 | >0.05                                                               |
| A1                     | Männlich | 64,338                  | ±18,8 | 64,592                   | ±18,4 | >0.05                                                               |
|                        | Weiblich | 65,496                  | ±18,9 | 63,624                   | ±22   | >0.05                                                               |
| A2                     | Männlich | 64,780                  | ±20,1 | 64,717                   | ±18   | >0.05                                                               |
|                        | Weiblich | 68,613                  | ±19,6 | 70,347                   | ±18,3 | >0.05                                                               |

Im ersten Lockdown lag das Durchschnittsalter der weiblichen als auch der männlichen Patient:innen mit nicht-akuten Symptomen bei etwa 55 Jahren (m: 55,3 ±20,6; w: 55,9 ±20,3, p>0,05) und unterschied sich nicht-signifikant vom jeweiligen Durchschnittsalter im Kontrollzeitraum.

Auch für die subakuten und akuten Fälle konnte im Kruskal-Wallis-Test kein signifikanter Unterschied zwischen den Zeiträumen festgestellt werden. Das Durchschnittsalter der untersuchten Patient:innen lag im ersten Lockdown bei den subakuten weiblichen Patientinnen bei 63,6 ±22 Jahren und bei den männlichen Patienten bei 64,6 ±18,4 Jahren ( $p>0,05$ ).

Das Durchschnittsalter der Patient:innen mit akuten Symptomen (A2) im ersten Lockdown unterschied sich signifikant zwischen Männern und Frauen (m: 64,7 Jahre, w: 70,3 Jahre;  $p=0,036$ ).

Tabelle 10: absolute und relative Verteilung der Prozeduren nach Zeitraum, Geschlecht und Akuität; die Pfeile markieren die Tendenz innerhalb des jeweiligen Geschlechts im zeitlichen Vergleich

| Akuität | Kontrollzeitraum, 2019 |       |          |       | Lockdown-Zeitraum, 2020 |            |          |            |
|---------|------------------------|-------|----------|-------|-------------------------|------------|----------|------------|
|         | Weiblich               |       | Männlich |       | Weiblich                |            | Männlich |            |
| 0       | 239                    | 44,3% | 220      | 38,5% | 126                     | 35,1% (↓↓) | 167      | 34,2% (↓)  |
| 1       | 223                    | 41,4% | 251      | 44%   | 160                     | 44,6% (↑)  | 251      | 51,4% (↑↑) |
| 2       | 77                     | 14,3% | 100      | 17,5% | 73                      | 20,3% (↑↑) | 69       | 14,3% (↓)  |
|         | 539                    |       | 571      |       | 356                     |            | 487      |            |

Die Auswertung der Akuitätsgrade innerhalb des jeweiligen Geschlechts zeigte, dass im Kontrollzeitraum Männer mit einer höheren Wahrscheinlichkeit eine akute Symptomatik aufwiesen als Frauen (17,5% zu 14,3%). Ferner wurden weibliche Patientinnen in dieser Periode in erster Linie als „nicht-akut“ (44,3%) evaluiert, während bei männlichen Patient:innen der größte Anteil als „subakut“ (44%) eingestuft wurde.

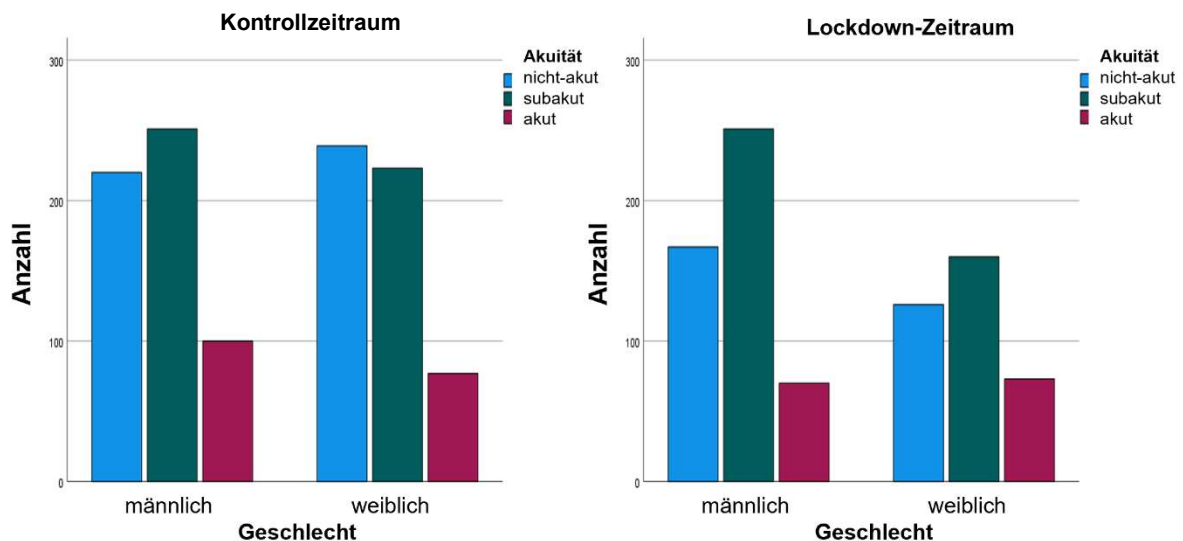
In der Komparation der beiden Zeiträume ließ sich ein deutlicher relativer Anstieg der weiblichen Patientinnen mit hochakuten schwerwiegenden Symptomen beobachten (von 14,3% auf 20,3%).

Dieser Trend konnte bei den männlichen Patient:innen nicht verzeichnet werden: Dort sank der Anteil hochakuter Fälle von 17,5 auf 14,3 Prozent, während die subakuten Fälle von 44,6 auf 51,4 Prozent zunahmen.

Im absoluten Kontext erfolgte bei den weiblichen Patientinnen eine Abnahme über allen Kategorien der Akuität. Dabei ließ sich vor allem eine Halbierung der nicht-akuten Fälle verzeichnen.

Die männlichen Patienten nahmen hingegen nur in den Kategorien nicht-akut und akut (0: -24%; 2: -32%) ab, wohingegen die subakuten Fälle unverändert bei etwa 250 Fällen in der jeweiligen Periode blieben.

Abbildung 13: Anzahl an Prozeduren nach Akuität und Gender, links Kontrollzeitraum, rechts Lockdown-Zeitraum



Im Vergleich der Akuität innerhalb des jeweiligen Geschlechts konnte beobachtet werden, dass es zu einer Angleichung der Verteilung der Akuität im Lockdown-Zeitraum kam (subakut > nicht-akut > akut).

Tabelle 11: Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben zur Akuität je nach Geschlecht

|             | Nullhypothese                                                                | Test                                              | p     | Konsequenz                |
|-------------|------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-------|---------------------------|
| <b>2019</b> | Die Verteilung von Akuität ist über die Kategorien von Geschlecht identisch. | Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben. | 0,034 | Nullhypothese ablehnen    |
| <b>2020</b> | Die Verteilung von Akuität ist über die Kategorien von Geschlecht identisch. | Kruskal-Wallis-Test bei unabhängigen Stichproben. | 0,386 | Nullhypothese beibehalten |

Während die Verteilung von Akuität über die Kategorie von Gender sich im Kruskal-Wallis-Test bei unabhängiger Stichprobe im Kontrollzeitraum noch signifikant unterschiedlich ( $p=0,034$ ) darstellte, glich sich das weibliche Patientinnenkollektiv dem männlichen im untersuchten Zeitraum an ( $p=0,386$ ).

Tabelle 12: absolute und relative Werte hinsichtlich relevanter Befundergebnisse nach Geschlecht und Zeitraum

| Befund/-wandel | Weiblich          |       |                   |       |   | Männlich          |       |                   |       |     |
|----------------|-------------------|-------|-------------------|-------|---|-------------------|-------|-------------------|-------|-----|
|                | Kontroll-zeitraum |       | Lockdown-Zeitraum |       |   | Kontroll-zeitraum |       | Lockdown-Zeitraum |       |     |
| nein           | 349               | 64,7% | 211               | 58,8% | ↓ | 351               | 61,6% | 288               | 59,0% | (↓) |
| ja             | 190               | 35,3% | 148               | 41,2% | ↑ | 219               | 38,4% | 200               | 41,0% | (↑) |
| insgesamt      | 539               | 100%  | 359               | 100%  |   | 570               | 100%  | 488               | 100%  |     |

Es wurde bei beiden Geschlechtern eine Zunahme des Anteils an Prozeduren mit relevantem Befund/-wandel beobachtet. Im männlichen Patientenkollektiv stieg der Anteil um etwa 2,6% auf 41,0% an. Hingegen konnte bei den Prozeduren im weiblichen Kollektiv eine Zunahme von nahezu 6% auf 41,2% konstatiert werden.

Während dementsprechend zuvor der Anteil relevanter Befund/-veränderungen bei den männlichen Patienten größer war als bei den weiblichen Patientinnen (m: 38,4% vs. w: 35,3%), glichen sich die Werte im Lockdown-Zeitraum nahezu an: weiblich 41,2% versus männlich 41,0% beziehungsweise konnte ein minimales Überwiegen der weiblichen über den männlichen Patient:innen beobachtet werden.

Tabelle 13: Geschlechterverteilung nach zuweisender Institution und Zeitraum

|                          |          | Zuweisende Institution<br>(absolute Anzahl sowie Anteil in Prozent*)                                                                                                                  |              |               | Summe |
|--------------------------|----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|---------------|-------|
|                          |          | Notaufnahme                                                                                                                                                                           | Stationär    | Ambulant      |       |
| <b>Kontroll-Zeitraum</b> | Weiblich | 118 (22%*)                                                                                                                                                                            | 311 (57%)    | 118 (22%)     | 547   |
|                          | Männlich | 124 (22%)                                                                                                                                                                             | 343 (60%)    | 103 (18%)     | 570   |
| <b>Lockdown-Zeitraum</b> | Weiblich | 91 (26%) ↑**                                                                                                                                                                          | 166 (48%) ↓↓ | 91 (26%) ↑    | 348   |
|                          | Männlich | 113 (23%) ↔                                                                                                                                                                           | 270 (56%) ↓  | 103 (21%) (↑) | 486   |
|                          |          | * die Prozentwerte entsprechen dem gerundetem Anteil innerhalb des Geschlechts und Zeitraums<br>** Tendenz im Jahresvergleich innerhalb des jeweiligen Geschlechts mit Pfeil markiert |              |               |       |

Hinsichtlich der Zuordnung zur zuweisenden Institution konnte sowohl beim männlichen als auch beim weiblichen Patient:innenkollektiv in beiden Perioden eine Dominanz der stationären Zuweisungen beobachtet werden. Diese lag – mit Ausnahme der weiblichen Patientinnen während des ersten Lockdowns – stets über 55%. Der Anteil der Patientinnen aus der Notaufnahme und dem ambulanten Bereich waren in beiden Perioden gleich groß und nahmen zudem im Vergleich des untersuchten Zeitraums mit der Kontrollperiode gleichermaßen um 4% zu (von je 22% auf 26% der Patientinnen).

Bei den männlichen Patient:innen überwog in beiden Zeiträumen der Anteil aus der Notaufnahmen gegenüber den ambulant zugewiesenen Patient:innen. Während der relative Anteil ambulanter Zuweisungen im untersuchten Zeitraum etwas zunahm (18% vs. 21%), blieb der Prozentsatz seitens der Notaufnahme (Kategorie 1) nahezu unverändert (22% vs. 23%).

Im untersuchten Zeitraum wurde sowohl bei den männlichen als auch bei den weiblichen Patient:innen eine deutliche Reduktion des Anteils stationärer Zuweisungen von etwa 4% bei den männlichen und 9% bei den weiblichen Patient:innen beobachtet.

Bezüglich der angewandten Untersuchungstechnik konnte beobachtet werden, dass es zu einem überproportionalen Rückgang vor allem der nativen CTs, sowie der Röntgen- als auch der MRT-Untersuchungen bei Frauen im Rahmen des Lockdowns kam. Während vor allem in der MRT das Patient:innenkollektiv zuvor überwiegend weiblich war, wurden zu Zeiten des Lockdowns – ausgenommen der DSA – an allen Untersuchungsmodalitäten überwiegend männliche Patient:innen untersucht.

Abbildung 14: Absolute Anzahl der Prozeduren nach Untersuchungsmodalität und Geschlecht (oben: Kontrollzeitraum, unten: Lockdown-Zeitraum)

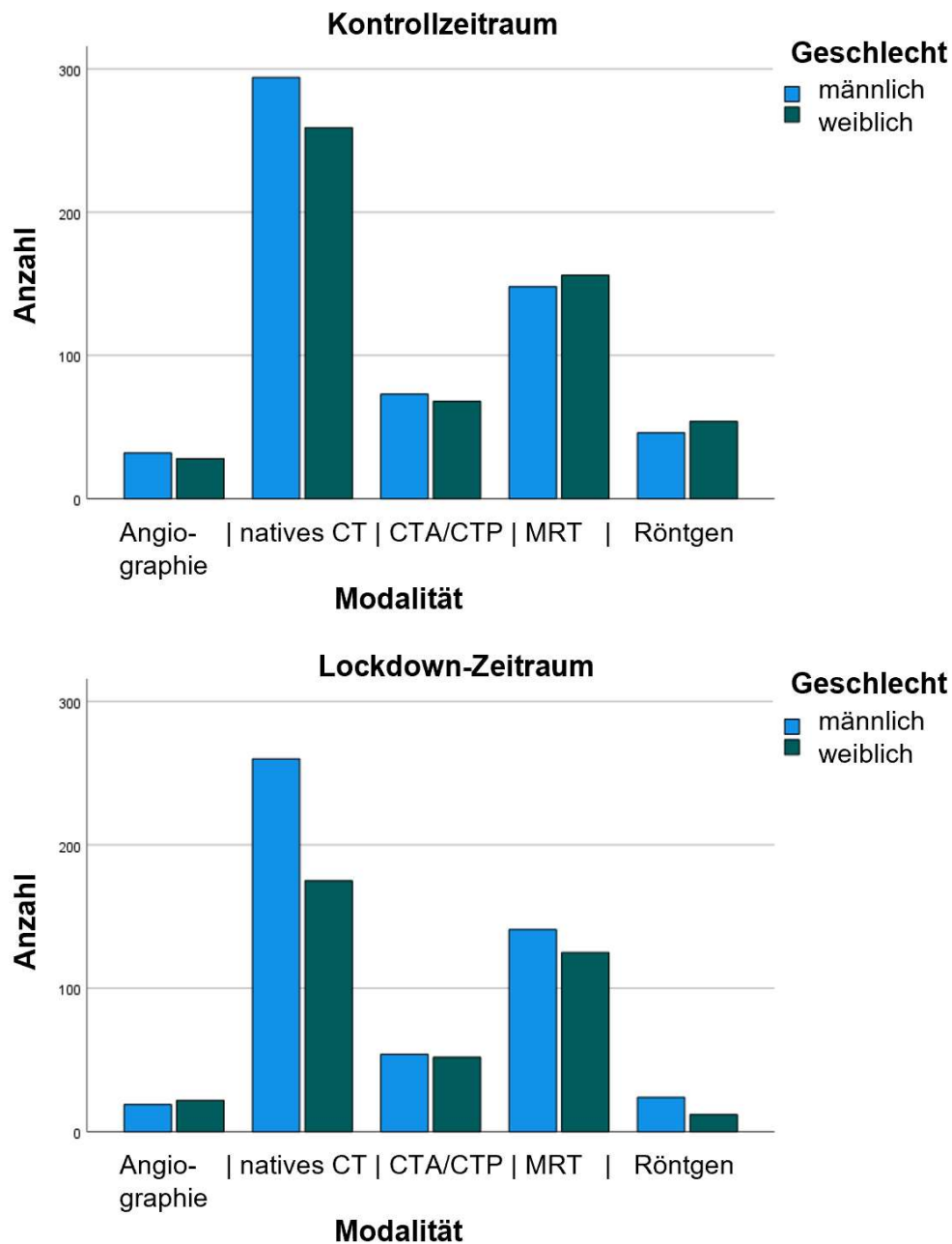


Tabelle 14: Regressionsanalyse der Vorhersagbarkeit von Akuität und relevantem Befundergebnis

| Statistik zur Vorhersage   | Geschlechter-basiert | Bezüglich der Gruppe    | Gruppen-bezogener Regressions-koeffizient (B) | Sig. (p)         | 95.0% Konfidenzintervall für B |          |
|----------------------------|----------------------|-------------------------|-----------------------------------------------|------------------|--------------------------------|----------|
|                            |                      |                         |                                               |                  | Min.                           | Max.     |
| Akuität                    | Männlich             | Zeitraum                | 0.007                                         | 0.872            | -0.076                         | 0.089    |
|                            |                      | Alter                   | 0.006                                         | <b>&lt;0.001</b> | 0.004                          | 0.008    |
|                            |                      | Untersuchungs-Zeitpunkt | 0.000003                                      | <b>0.009</b>     | 0,000001                       | 0,000006 |
|                            | Weiblich             | Zeitraum                | 0.136                                         | <b>0.004</b>     | 0.044                          | 0.228    |
|                            |                      | Alter                   | 0.009                                         | <b>&lt;0.001</b> | 0.007                          | 0.011    |
|                            |                      | Untersuchungs-Zeitpunkt | 0.000002                                      | 0.2              | -0,000001                      | 0,000004 |
| Relevantes Befund-ergebnis | Männlich             | Zeitraum                | 0.025                                         | 0.4              | -0.034                         | 0.083    |
|                            |                      | Alter                   | 0.0004                                        | 0.6              | -0.001                         | 0.002    |
|                            |                      | Akuität                 | 0.1                                           | <b>&lt;0.001</b> | 0.062                          | 0.147    |
|                            | Weiblich             | Zeitraum                | 0.047                                         | 0.152            | -0.017                         | 0.112    |
|                            |                      | Alter                   | 0.000                                         | 0.744            | -0.002                         | 0.001    |
|                            |                      | Akuität                 | 0.085                                         | <b>&lt;0.001</b> | 0.039                          | 0.131    |

Bei männlichen Patienten konnte die Akuität durch das Alter und den Untersuchungszeitpunkt signifikant vorhergesagt werden ( $p < 0,001$  bzw.  $p = 0,009$ ).

Die Akuität weiblicher Patientinnen konnte durch den Zeitraum (2019/2020) und das Alter signifikant vorhergesagt werden ( $p = 0,004$  bzw.  $p < 0,001$ ).

Relevante Befundergebnisse konnten sowohl bei Frauen als auch bei Männern signifikant durch die Akuität vorhergesagt werden (jeweils  $p < 0,001$ ).

---

## 4. Diskussion

Mit dem Ausbruch des SARS-CoV-2 Virus und der einhergehenden pandemischen Lage kam es zu tiefgreifenden Veränderungen. Der mit der ersten Infektionswelle in Deutschland assoziierte bundesweite Lockdown war für alle Bürger:innen der Bundesrepublik eine neue und ungewohnte Erfahrung (34). Zweifellos wurde das gesamte Gesundheitswesen mit neuen Herausforderungen konfrontiert, da es zu massiven Veränderungen der Arbeitsanforderungen kam (45). Auch in der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz wurde ein abrupter Rückgang der Patient:innenzahlen beobachtet.

Um den Rückgang der neuroradiologischen Konsultationen zu quantifizieren und dessen Folgen zu eruieren, führte man die hier vorliegende Studie durch.

Im Zuge dessen wurden alle zwischen dem 9. und 29. März 2020 durchgeführten Befunde analysiert. Dieser Zeitraum beschreibt die Periode unmittelbar vor Beschluss des ersten Lockdowns (mit hier bereits deutlichem Rückgang) bis einschließlich der ersten offiziellen Woche des Lockdowns. Als Kontrollgruppe dienten die Befunde aller neuroradiologischen Untersuchungen und Prozeduren, die in einem vergleichbaren Zeitraum des Vorjahres absolviert wurden (11. bis 31. März 2019).

Die jeweiligen Befunde wurden Neuroradiolog:innen der Universitätsmedizin vorgelegt und nach einem vordefinierten Schema ausgewertet.

Neben allgemeinen Daten zum Profil der Patient:innen sowie zu den Untersuchungsbedingungen konnten individuelle Informationen zur zuweisenden Institution, der prädiagnostischen Akuität und dem jeweiligen Befundergebnis gewonnen werden.

In der Lockdown-geprägten Periode war neben der globalen Reduktion absolvierter Prozedere eine deutliche Veränderung der Charakteristika der Patient:innen und der Untersuchungsprofile zu verzeichnen. Diese werden in der Folge diskutiert und erörtert.

---

Wie in den Ergebnissen beschrieben, konnte ein Rückgang aller befundeten Prozeduren um annähernd 25% verzeichnet werden. In einer erweiterten Analyse der absoluten Fallzahlen über fünf Jahre waren zu keinem anderen Zeitpunkt derartig niedrige Zahlen zu beobachten.

Die Faktizität dieser Beobachtung wird durch vergleichbare Ergebnisse anderer nationaler und internationaler Studien bestätigt (38, 39, 45, 48, 67-69).

Es existieren diverse Theorien zu dieser Beobachtung.

Zunächst ist – im Sinne der staatlich angeordneten Ausgangssperre oder aus Angst vor einer nosokomialen Covid-Infektion – zu erwarten, dass mild-symptomatische Personen tendenziell seltener Kontakt zum medizinischen System suchten. Dies wurde in anderen Studien zu diesem Thema als Hauptursache vermutet und erwies sich auch in dieser Studie als einer der Hauptklärungsansätze (45, 48, 70).

Dieser Ansatz ließ sich hier hinsichtlich der prädiagnostischen Symptomlast (Akuität) sowie des Outcomes (Befundergebnis) prüfen. Wie in den Ergebnissen beschrieben, kam es zu einer überproportionalen Abnahme der nicht-akut symptomatischen Patient:innen, während der relative Anteil der sub- und akuten Fälle anstieg. Man könnte zwar annehmen, dass der Rückgang durch den Verschieb elektiver Maßnahmen zustande kam. Dies reichte aber, wie später ausgeführt, nicht aus, um den vollen Umfang des Patient:innenrückgangs zu bedingen.

Neben dem Rückgang nicht-akut symptomatischer Patient:innen nahm der Anteil der unauffälligen Befunde von zuvor 63% auf 59% ab. Diese Kombination ließ annehmen, dass eine Abnahme an Patient:innen, die in der Kontrollperiode noch mit „Bagatellsymptomen“, zum Teil ohne klinische Konsequenz vorstellig wurden, erfolgte.

Gänzlich unkritisch dürfte der Rückgang nicht-akut symptomatischer Patient:innen jedoch nicht hingenommen werden.

Wie auch von Pfaff et al. (39) konstatiert, durften gerade neurologische Symptome, wenn auch mild oder nicht persistierend, nicht bagatellisiert werden, da sie gegebenenfalls Prodrome für schwerwiegende zerebrospinale Pathologien sein könnten.

---

Beispielhaft ließ sich ein Rückgang von Patient:innen mit TIA anführen, obgleich nicht von einer Abnahme der Gesamtinzidenz auszugehen war (45).

Vor diesem Hintergrund war im untersuchten Zeitraum in einzelnen Fällen von einer Unterdiagnostik und Unterbehandlung auszugehen, die nicht nur langfristig gravierende Folgen für die jeweiligen Patient:innen haben könnten.

Ein weiterer Grund für den Rückgang der Patient:innenzahlen war die staatliche Anordnung, elektive Untersuchungen und Prozeduren zum beschriebenen Zeitraum aufzuschieben (34).

Dies ließ sich durch die überproportionale Reduktion der projektionsradiographischen Untersuchungen unterstreichen, da diese vorwiegend (Kontroll-)Untersuchungen der Wirbelsäule und implantierter Stents widerspiegeln. Diese Untersuchungen dienten im klinischen Alltag zumeist zur Lagekontrolle. Ebenfalls wurde ein Rückgang der Röntgenuntersuchungen der Wirbelsäule im Rahmen der Diagnostik degenerativer Erkrankungen verzeichnet. Ein weiterer Posten röntgenbasierter Untersuchungen lag der Funktionsdiagnostik der Wirbelsäule inne, die gerade bei Patient:innen mit fraglicher Arthrose oder milderer Lumbalgie Anwendung fand. Wie bereits im ersten Abschnitt der Diskussion beschrieben, lag nahe, dass solche mild-symptomatischen Patient:innen im untersuchten Zeitraum weniger wahrscheinlich vorstellig wurden.

Gerade im Kontext elektiver Maßnahmen – sei es im Sinne eines Screenings, der Behandlung einer chronischen Pathologie oder einer nicht-akuten Tumorverlaufskontrolle – bestand die Annahme, es sei langfristig mit schweren Konsequenzen hinsichtlich einer verzögerten Diagnostik zu rechnen. So beschrieben auch Adelhoefer et al. (2020) in ihrer Google-Trends-basierten Beobachtungsstudie (51) ein vermindertes öffentliches Interesse an medizinischer Bildgebung. In der Folge kam es vermutlich durch die Verlängerung der Latenz bis zur Diagnosestellung zu potenziell vermeidbar schweren Krankheitsverläufen (51). Eine weitergehende Analyse im Anschluss an die pandemiegeprägte Periode wäre indiziert, um negative Konsequenzen zu eruieren und ein Nachholen aufgeschobener elektiver Maßnahmen zu quantifizieren.

---

Neben diesen - einen Rückgang der Zahlen rechtfertigenden - Thesen gab es einzelne Aspekte, die trotz der pandemischen Lage unverändert zu erwarten gewesen wären. So erschien es nachvollziehbar, dass die absolute Zahl akut-symptomatischer Patient:innen und die Anzahl an Thrombektomien unabhängig vom politisch-zeitlichen Geschehen unverändert bleiben müssten.

Man konnte hingegen einen deutlichen Rückgang der absoluten Zahl akuter Fälle beobachten. Dies wurde auch in anderen (neuro-)radiologischen Zentren beobachtet (45). Hinsichtlich der Thrombektomien konnte ein absoluter Rückgang von 13 auf 10 im beschriebenen Zeitraum festgestellt werden. Auffallend ist darüber hinaus, dass die Anzahl der zugrundeliegenden cerebralen Angiographien deutlich stärker von 56 auf 30 zurückgingen.

Der Rückgang der Thrombektomien zu Zeiten des ersten Lockdowns wurde auch in anderen wissenschaftlichen Studien beobachtet (71). In der Studie von Qureshi et al. (2021) wurde kein signifikanter Anstieg ischämischer Schlaganfälle bei Patient:innen mit Covid-19 verzeichnet (72). Auch Morelli et al. beschrieb diesen kontroversen Rückgang der Fallzahlen (73). Die Studien von Nogueira et al. (2021) beobachteten vor allem in dem unsererseits untersuchten Zeitraum einen deutlichen absoluten Rückgang in der Schlaganfalltherapie (46). Ebenso beschrieben Bersano et al. einen deutlichen Rückgang der Schlaganfallpatient:innen, aber auch eine Reduktion im Einsatz der Thrombektomien (74). Dies wurde unter anderem mit der patient:innenbedingten längeren Latenz von Symptombeginn bis zur Behandlung zu Lockdown-Zeiten begründet (74).

Am Beispiel des Schlaganfalls konnte letztlich von einer relevanten Anzahl unterdiagnostizierter Fälle in der Gesamtbevölkerung ausgegangen werden, da bei erwartbar gleichbleibender Inzidenz weniger Patient:innen mit entsprechender Symptomatik vorstellig wurden (74).

Eine angesprochene insuffiziente Früherkennung von Symptomen ließ sich unter anderem durch die Reduktion sozialer Kontakte aufgrund der Ausgangssperre bei gleichzeitig hoher Anzahl alleinlebender Personen im Risikoalter erklären (45, 75, 76).

Während in anderen Studien umstritten blieb, ob es zu einem zunehmenden Anteil zeitlich verzögerter medizinischer Maßnahmen und damit einhergehend

---

schwerwiegenderen Fällen kam (69), schien hier anteilig auch ein völliges Ausbleiben einer adäquaten Therapie annehmbar.

In der Konsequenz war final mit einer (Apoplex-assoziierten) Übersterblichkeit im Rahmen der Pandemie zu rechnen. Diese Übersterblichkeit wurde in diversen (inter-)nationalen Studien beschrieben (77-79).

Dabei kam es in Deutschland laut Islam et al. (2021) gerade im März und April 2020 zu einer deutlichen Übersterblichkeit, bei der vor allem ältere und männliche Personen betroffen waren (77). Auffallend war bei dieser internationalen Studie die Beobachtung, dass in Deutschland die geschätzte Zahl der überzähligen Todesfälle niedriger als die gemeldeten Covid-19-Todesfälle waren (77). Dies sei auf einen Rückgang der Nicht-Covid-19-assoziierten Todesfälle in bestimmten Untergruppen der Bevölkerung zurückzuführen. Diese Einzelbeobachtung widersprach der These der insuffizienten Versorgung von Nicht-Covid-19-Erkrankungen, allerdings auf einer globalen und unspezifischen Ebene (alle Altersgruppen, alle Fachgebiete) (77).

Ferner kam die These auf, die gesunkenen Untersuchungszahlen seien durch Pandemie-assoziierte strukturelle Änderungen bedingt. Wie von Pfaff et al. (39) angedeutet, könnte es beispielsweise bereits im Kontakt zu Rettungskräften oder im Rahmen der Notaufnahme zu einer Art Selection Bias kommen. Dieser könnte dazu führen, dass in der Tendenz weniger wahrscheinlich eine medizinische Bildgebung angeordnet wurde, um eine Überdiagnostik in einer strukturell kritischen Lage zu vermeiden. Dies wurde auch in anderen Studien als möglicher Faktor diskutiert (71, 74).

Anders als a priori vermutet, kam es zu einem deutlichen Vershub hinsichtlich der Geschlechterverteilung der erfassten Patient:innen. Während zwischen 2017 bis 2019 sowie 2021 die Geschlechterverteilung bei 48-49% weiblich und 51-52% männlich lag, kam es im untersuchten Zeitraum zu einem überproportionalen Rückgang weiblicher Patientinnen auf 44% und einer damit einhergehenden relativen Zunahme des Anteils männlicher Patient:innen auf 56%.

Diese signifikante Beobachtung legte eine detailliertere Analyse und die Etablierung eines „neuen Patient:innen Profils“ nahe.

---

Eine der hiesigen Vermutungen war, dass Frauen im geschlechter-spezifischen Vergleich im Lockdown wahrscheinlicher nur mit schwerwiegenden Symptomen vorstellig wurden.

Während sie vor der Lockdown-geprägten Periode noch mildere Symptome abklären ließen, änderte sich dieses Verhalten hin zur Tendenz, sich nur mit extremen beziehungsweise starken Symptomen an das medizinische System zu wenden (70, 75).

Diese Mutmaßung wird durch die multizentrische Studie zum Thema „Geschlechtsspezifische Unterschiede in COVID-19-Einstellungen und -Verhalten“ aus dem Jahr 2020 von Galasso et al. (80) bestärkt. Bei dieser über 20.000 Teilnehmer:innen umfassenden Studie konnte beobachtet werden, dass Frauen sich eher an politische COVID-19-Regeln hielten und eine ernstere Wahrnehmung der Schwere von COVID-19 als Gesundheitsproblem im Land hatten (80). Sie hielten sich eher an Alltags- und Hygienemaßnahmen (80-82). Dieser Unterschied war in erster Linie größer, wenn die befragte Person älter, ärmer oder in einem schlechteren Gesundheitszustand war oder einer Tätigkeit mit hohem Ansteckungsrisiko nachging (80).

Auffallend ist zudem, dass Galasso et al. (2020) eine deutliche Abnahme (15%) des Respekts vor dem Coronavirus und dessen Folgen im Vergleich der zweiten mit der ersten Infektionswelle beobachteten, was die Relevanz der hier analysierten Periode stärkt (80).

Tatsächlich konnte in der Auswertung der Daten der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz ein deutlicher Anstieg des Anteils weiblicher Patientinnen mit akuten schwerwiegenden Symptomen verzeichnet werden, sodass zu Zeiten des Lockdowns jede fünfte Patientin bei Vorstellung an schwerwiegenden Symptomen litt. Eine derartige Tendenz konnte hingegen beim männlichen Patient:innenkollektiv nicht beobachtet werden. Dort kam es in erster Linie zu einer relativen Zunahme an subakuten Patient:innen, während die akuten einen reduzierten Anteil der Patient:innen repräsentierten.

Diese Beobachtung ließ vermuten, dass tatsächlich ein geschlechtsabhängiger Unterschied hinsichtlich der Konsultierung medizinischer Bildgebung zu Krisenzeiten zwischen Männern und Frauen vorlag.

Dass Frauen tendenziell mit akuterer Symptomen vorstellig wurden, konnte durch mehrere Beobachtungen erläutert werden.

---

Einerseits ist anzunehmen, dass Frauen durch eine höhere Rate an Vorsorgeuntersuchungen im Vergleich zu Männern (82, 83) ihren Gesundheitszustand und etwaige Aberrationen besser einzuschätzen lernten. Andererseits wurde in einer deskriptiven Literaturübersicht (2021) zur geschlechtsspezifischen Schmerzwahrnehmung (84) beschrieben, dass Frauen von Männern abweichende Bewältigungsstrategien gegen Schmerz anwandten, die bei Frauen annehmbar zu längeren Latenzzeiten bis zur Konsultation bei leichter Algesie führten. Dazu gehörten unter anderem soziale Unterstützung, emotions- und aufmerksamkeitsfokussierte Techniken und eine kognitive Umdeutung von Schmerzen (85).

Ferentzi et al. (86) konstatierte hingegen, dass junge Männer im Vergleich zu Frauen eine signifikant höhere Schmerzschwelle und -toleranz aufweisen konnten.

Dies ließ einen anderen Deutungsansatz der vorliegenden geschlechtsspezifischen Differenz offen: Männer litten häufiger an relevanten Pathologien als Frauen und wurden deshalb häufiger vorstellig.

Im Sinne des „traditionell maskulinen Verhaltens“ (87) sei – anders als bisher beschrieben - annehmbar, Männer würden die Inanspruchnahme von Hilfe bei Krankheit wahrscheinlicher verzögern als Frauen.

Um sich dieser Kontroverse anzunähern, bot es sich an, den Fokus auf das hier evaluierte Outcome (Befundergebnis) einer jeden Untersuchung zu richten.

Es stellte sich die Frage, ob die untersuchten männlichen Patienten tatsächlich ebenso viele oder mehr relevante Befundergebnisse aufwiesen. Dagegen spräche ein höherer Anteil relevanter Befundergebnisse bei Frauen für ein „rationaleres“ Konsultationsverhalten der weiblichen Patientinnen.

Interessanterweise konnte beobachtet werden, dass Frauen im Kontrollzeitraum einen um etwa 3% höheren Anteil an Untersuchungen ohne relevantes Befundergebnis hatten als Männer. Bei männlichen Patienten konnte im Kontrollzeitraum (2019) dementsprechend etwa 3% wahrscheinlicher mit einem relevanten Befund gerechnet werden (38,4% vs. 35,3%).

Da zudem zu dieser Zeit nahezu eine Geschlechterverteilung von 1 zu 1 bestand, ist zu vermuten, dass das männliche Patient:innenkollektiv bei Vorstellung im medizinischen System eher an einer relevanten Pathologie litt als das weibliche. Im Lockdown-Zeitraum glich sich der Anteil relevanter

---

Befundergebnisse im Geschlechtervergleich durch einen überdurchschnittlichen Anstieg im weiblichen Kollektiv auf 41% an. Dies bestätigte wiederum den bereits diskutierten Aspekt der weiblichen Konsultationsveränderungen.

Die Beobachtung in der Kontrollperiode korrespondiert mit den Erkenntnissen von Mauvais-Jarvis et al. (83) aus dem Jahr 2020. Dort wurde beschrieben, dass Männer allgemein häufiger an Krebs litten und im erwerbsfähigen Alter grundsätzlich eine doppelt so hohe Sterblichkeitsrate im Vergleich zu Frauen aufweisen würden (83). In einer anderen Studie aus den USA (88) konnte verzeichnet werden, dass Männer häufiger an lebensbedrohlichen Krankheiten, wie koronaren Herzerkrankungen, Atherosklerose und zerebrovaskulären Pathologien, litten als Frauen. Frauen würden hingegen – so Cherepanov et al. (2010) – eher an chronischer Behinderung, Autoimmunerkrankungen beziehungsweise Rheuma leiden. Hinsichtlich des Gesundheitsverhaltens konnte zudem von Crimmins et al. (89) beschrieben werden, dass Männer eher rauchten, übergewichtig seien und beispielsweise eine durch Risikofaktoren bedingte höhere Wahrscheinlichkeit hätten, einen Schlaganfall zu erleiden.

In Bezug auf die Neuroradiologie ließ sich in dem dargestellten Kontext demzufolge annehmen, dass Männer unter anderem aufgrund von erhöhten Risikofaktoren bereits vor der SARS-CoV-2-Pandemie ein höheres Risiko für relevante (neurologische) Pathologien hatten als Frauen.

Dies ließ sich durch den höheren Anteil relevanter Befundergebnisse, aber auch durch höhere Prozentwerte an subakuten (44%) wie auch akuten (17,5%) Fällen bei Männern im Vergleich zu Frauen (41,4% und 14,3%) im Kontrollzeitraum (2019) bestärken.

Im Lockdown-assoziierten Zeitraum konnte ein relevanter Vers Schub sowohl hinsichtlich der Symptomlast vor der medizinischen Bildgebung (Akuität) als auch hinsichtlich der Ergebnisse der jeweiligen Untersuchung beobachtet werden.

Im weiblichen Patient:innenkollektiv kam es zu einem deutlichen Anstieg von knapp 6% mehr relevanten Befundergebnissen im Vergleich zum Kontrollzeitraum. Bei den Männern konnte lediglich ein schwächerer Anstieg verzeichnet werden, sodass zu Zeiten des ersten Lockdowns – anders als zuvor – die Wahrscheinlichkeit für ein relevantes Befundergebnis bei Patientinnen höher als bei Patienten war (w: 41,2%; m: 41,0%).

---

Diese Beobachtung ließ zweierlei Erklärungshypothesen aufkommen:

1. Frauen traten zu Lockdown-Zeiten wahrscheinlicher nur bei schwerwiegenden Symptomen in Kontakt zum Gesundheitssystem.
2. Der Gesundheitszustand weiblicher Personen war zu Zeiten des ersten Lockdowns über alle Altersgruppen gemindert.

Um sich der ersten Hypothese zu nähern, diente ein Blick auf die Akuität der Symptome im Rahmen der Bildgebung.

Während zuvor zwischen den Geschlechtern noch ein statistisch signifikanter Unterschied hinsichtlich der Akuität bestand, kam es im ersten Lockdown zu einer Assimilierung der Verteilung der Akuität. Dies kam durch den deutlichen relativen Rückgang der weiblichen Patientinnen mit nicht-akuten Symptomen (44,3% vs. 35,2%) zustande. Die subakuten Fälle nahmen prozentual leicht zu und es kam zu einem starken Anstieg der akuten Fälle (14,3% vs. 20,3%). Während global über alle Kategorien der Akuität weniger Patientinnen vorstellig wurden, blieben dementsprechend überproportional viele Fälle mit nicht-akuten Symptomen der medizinischen Einrichtung fern.

In Bezug auf das Alter des weiblichen Kollektivs konnte ein deutlicher Rückgang der Patientinnen über alle Altersgruppen - vor allem der 30- bis 40-jährigen – beobachtet werden. Da gerade in dieser Altersklasse die Schlaganfallrate deutlich geringer als in höheren Dekaden war, ließ sich diese Beobachtung mutmaßlich durch das Ausbleiben von Patientinnen mit nicht-akuten Symptomen oder verschobenen (elektiven) Verlaufskontrollen dieser Altersklasse erläutern.

Eine Veränderung im Konsultierungsverhalten seitens der Frauen konnte auch durch eine deutliche Veränderung in der Verteilung der zuweisenden Institution beobachtet werden: Bei den männlichen Patienten blieben die Überweisungen aus der Notaufnahme nahezu unverändert und es wurde nur eine leichte relative Zunahme der ambulanten zulasten der stationären Fälle beobachtet. Hingegen kam es im weiblichen Patient:innenkollektiv zu einer überproportionalen Reduktion der stationären Aufträge bei einhergehend deutlicher Zunahme des Anteils an Patientinnen aus der Notaufnahme und dem ambulanten Bereich (je von 22% auf 26%).

Vor dem Hintergrund dieser Ergebnisse und den bereits angeklungenen Beobachtungen von Galasso et al. (80) ist also anzunehmen, dass Frauen eher

---

und deutlicher ihr Gesundheitsverhalten an die Covid-19-bezogenen Gegebenheiten anpassten und somit beispielsweise tatsächlich bei mildereren Symptomen wahrscheinlicher nicht medizinisch vorstellig wurden.

Die zweite These lautete: *Der Gesundheitszustand weiblicher Personen war zu Zeiten des ersten Lockdowns über alle Altersgruppen gemindert.* In diesem Sinne wäre davon auszugehen, dass sowohl der gestiegene Anteil relevanter Befunde als auch die höhere Akuität durch mehr vorliegende relevante Pathologien gegeben waren.

In der Studie „Health Behavior Changes During COVID-19 Pandemic and Subsequent "Stay-at-Home" Orders“ aus dem Jahr 2020 (90), die die hier untersuchte Periode umfasste, wurde beobachtet, dass Frauen während des ersten Lockdowns eine über 40% höhere Wahrscheinlichkeit für eine schlechtere Schlafqualität hatten. Zudem war das weibliche Geschlecht neben dem Vorliegen einer mittelschweren bis schweren Depression entscheidend für ein verstärktes Engagement im Bereich gesundheitsschädlicher Verhaltensweisen (wie zum Beispiel Tabak- und Alkoholkonsum vor allem im Alter von 18-39 Jahren) (90). Zudem kam es bei beiden Geschlechtern – so Knell et al. (90) – zum Rückgang der körperlichen Aktivität.

Hinsichtlich der *subjektiven* Einschätzung des allgemeinen Gesundheitszustands wurde in einer Studie aus Stanford aus dem Jahr 2021 (91) beschrieben, dass allgemein das männliche Geschlecht mit einer mittelmäßig oder schlecht selbst eingeschätzten Gesundheit assoziiert war.

Auch wenn Frauen im Rahmen der Covid-assoziierten Adaptation also eher Vorsichtsmaßnahmen wahrten (80), gab es dennoch Anzeichen für ein zum Teil geschlechterassoziiertes sinkendes Gesundheitsverhalten zu Zeiten des ersten Lockdowns. Umstritten und fraglich ist dennoch, ob eine Aberration im Gesundheitsverhalten mit einer derart zeitlich begrenzten Latenz direkt Einfluss auf die Patient:innenstruktur in der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz nehmen konnte.

Dementsprechend erwies sich im Diskurs und im Kontext der zu diesem Zeitpunkt aktuellen Literatur die erste Erklärungshypothese „Frauen traten zu Lockdown-Zeiten wahrscheinlicher nur bei schwerwiegenden Symptomen in Kontakt zum Gesundheitssystem.“ als probabilistischer.

---

Die Diagnostik und Behandlung von Patient:innen mit Schlaganfallsymptomen ist eine der zentralsten Aufgaben im Fachgebiet der Neuroradiologie. Eine Vertiefung hinsichtlich genderspezifischer Unterschiede erwies sich auch im Kontext des Bestrebens hin zu personalisierter Medizin als sinnvoll (92).

In der Metaanalyse aus dem Jahr 2020 von Mauvais-Jarvis et al. mit dem Titel "Sex and gender: modifiers of health, disease, and medicine" wurde analysiert, dass Männer im erwerbsfähigen Alter eine im Vergleich zu Frauen doppelt so hohe Sterblichkeitsrate hätten (83). Die Hälfte der vorzeitigen Todesfälle sei durch eine schlechtere gesundheitsbezogene Lebensführung und vermeidbare Risikofaktoren provoziert (83). Ferner käme dieser Unterschied durch weniger Vorsorgeuntersuchungen und unterdiagnostizierte Osteoporose bei Männern zustande. In dieser Studie wurde zudem konstatiert, dass Männer nicht nur häufiger an malignen Pathologien erkrankten, sondern auch eine eins Komma fünf- bis zweifach höhere Hospitalisierungs- beziehungsweise Intensiv Care-Rate bei Covid-Infektion aufwiesen als Frauen (83, 93).

Hinsichtlich des Apoplex konnte beobachtet werden, dass bei Frauen grundsätzlich schlechtere Behandlungsergebnisse erzielt wurden als bei Männern und ein Schlaganfall für Frauen häufiger letal endete (83).

Reeves et al. (94) beschrieb in seiner Studie aus dem Jahr 2008 bereits eine ähnliche Tendenz. Auch wenn die altersspezifische Schlaganfallinzidenz und -mortalität bei Männern durchschnittlich vor allem im Alter von über 35 bis beispielsweise 75 Jahren höher gewesen war, wiesen Frauen insgesamt mehr Schlaganfälle auf als Männer, was durch die längere Lebenserwartung weiblicher Personen und die damit einhergehende kumulierte Risikoexposition erklärt wurde (95, 96). Ferner konnten auch hier funktionell schlechtere Ergebnisse bei Frauen als bei Männern – vor allem im hohen Alter - beobachtet werden (94, 97).

Für das schlechtere Outcome bei weiblichen Patientinnen mit Apoplex gab es diverse Hypothesen. Einerseits wiesen Frauen ein durchschnittlich höheres Alter auf als Männer (medianes Alter w: 77,1 Jahre vs. m: 71,2 Jahre) und waren bei Aufnahme bereits funktionell voreingeschränkter (83, 97). Dieser Altersunterschied konnte auch im Patient:innenaufkommen der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz beobachtet werden. Interessanterweise kam es vor allem bei den Patient:innen mit akuten Symptomen im Lockdown-Zeitraum

---

zu einem deutlichen Altersunterschied. Dabei waren die weiblichen Patientinnen mit 70,35 Jahren durchschnittlich signifikant älter als die männlichen Patient:innen mit 64,7 Jahren. Zudem konnte in der Regressionsanalyse ein signifikanter Zusammenhang zwischen Alter und Akuität beziehungsweise dem Schweregrad beobachtet werden.

Andererseits konnte auch in anderen Studien (97, 98) ein höherer Schweregrad der Symptome bei weiblichen Patientinnen beobachtet werden. Dies sei unter anderem durch eine längere Latenz zwischen Symptombeginn und Kontakt zum medizinischen System bei Frauen gegeben (94, 99, 100).

Diese Latenz sei zudem durch die höhere Prävalenz nicht-traditioneller Schlaganfall-Symptome bei weiblichen Patientinnen wie Bewusstseinsstörungen oder ein veränderter mentaler Status (100) und durch den höheren Anteil alleinstehender Frauen (94, 99) begründet. Gerade der Aspekt der alleinlebenden, isolierten älteren Frauen gewann in der SARS-CoV-2-Pandemie an Bedeutung, da durch Kontaktbeschränkungen Symptome mutmaßlich seltener oder später durch Mitmenschen erkannt werden konnten. In unserer Studie war die Anzahl weiblicher Patientinnen mit akuten Symptomen nahezu unverändert (Kontrollzeitraum: 77 vs. Lockdown-Zeitraum: 73) bei deutlich sinkender Anzahl subakuter weiblicher Fälle (223 vs. 160). Somit litt im Lockdown-Zeitraum jede 5. Frau an akuten Symptomen (20,3%). Im Vergleich dazu sank der Anteil akuter Fälle bei den Männern auf 14,3%, bei steigendem Anteil subakuter Fälle. Im Hinblick auf die Untersuchungsmodalität ist zudem anzumerken, dass die vor allem bei der Schlaganfalldiagnostik und -behandlung angewandte digitale Subtraktionsangiographie zu Lockdown-Zeiten die einzige Modalität mit einem überwiegend weiblichen Kollektiv war. Im Rahmen der Studienergebnisse ist anzunehmen, dass die Patientinnen im Lockdown unter anderem durch eine vermehrte Isolation bei Aufnahme in der Universitätsmedizin Mainz häufiger bereits protrahierte Verläufe aufwiesen. Einhergehend mit dem bereits diskutierten Fernbleiben nicht-akut symptomatischer Patientinnen, erklärte sich somit der deutliche Vers Schub hin zu höheren Akuitäten im weiblichen Patientinnenkollektiv.

Zusammenfassend ließ sich für das schlechtere Outcome beim Schlaganfall bei Frauen beobachten, dass vor allem das Alter bei Symptombeginn und der Schweregrad entscheidende Faktoren waren. Dies wurde durch die Studie von

---

Shobha et al. (98) bestärkt, die Alter und Schwere des Schlaganfalls als signifikante Prädiktoren sowohl für das funktionelle Outcome als auch für die 6-Monats-Mortalität definierten. Auch in unserer Studie konnte in der Regressionsanalyse in erster Linie ein Zusammenhang zwischen der Akuität und dem Befundergebnis festgestellt werden. Die Akuität war bei Frauen wiederum vorhersagbar je nach Zeitraum (Lockdown-Zeitraum schwerwiegender als Kontrollzeitraum) und Alter der Patientin.

Umso relevanter erwiesen sich die beobachteten geschlechtsabhängigen Unterschiede in diesen Kategorien.

Eine Korrelation der Behandlungsergebnisse mit einer abweichenden Behandlungs*qualität* abhängig vom Geschlecht der Patient:innen konnte in diversen – vor allem aktuelleren - Studien nicht beobachtet werden (97, 98) und wurde auch unter den Neuroradiolog:innen der Universitätsmedizin Mainz nach bestem Wissen und Gewissen negiert. Für den klinischen Alltag lassen sich vor dem Hintergrund dieser Beobachtungen und den Erkenntnissen anderer Studien bedeutsame Schlüsse für die zukünftige Vermeidung, Erkennung und Behandlung von Schlaganfällen ziehen.

Im präklinischen Setting sollte neben bereits laufenden Aufklärungsprogrammen zum Thema Schlaganfall auch der Fokus auf mögliche untypische Symptome gelegt werden. Dazu gehören beispielsweise ein auffälliger mentaler Status, der von Verwirrtheit bis zum Koma reichen kann (94), Kurzatmigkeit und Dysphagie (101). Auch wenn diese tendenziell häufiger bei Frauen als bei Männern auftraten, könnte so bei beiden Geschlechtern die Früherkennung von Schlaganfällen verbessert werden. Öffentliche Aufklärungsaktionen wie des zdf und WISO können dazu beitragen (102). Zudem könnten gegebenenfalls auch Primärversorger verstärkt auf atypische Anzeichen aufmerksam machen.

Im hausärztlichen Setting könnte weiterhin vermehrt auf geschlechterspezifische Unterschiede in der Prävention geachtet werden. Beispielsweise konnte gezeigt werden, dass bei weiblichen Patientinnen eine stärkere Korrelation zwischen systolischem Blutdruck und kardiovaskulärem Risiko bestand als bei Männern (103). Trotz höherer Therapieadhärenz wurden schlechtere Ergebnisse in der antihypertensiven Therapie erzielt als bei

---

männlichen Patient:innen (104). In der Vergangenheit konnte gezeigt werden, dass vor allem im Rahmen der Schlaganfallprävention Frauen von Antihypertensiva im Vergleich zu anderen kardiovaskulären Ereignissen profitierten (105).

Ein für die Prävention relevanter Aspekt war zudem, dass Frauen mit Vorhofflimmern ein zweifach höheres Stroke-Risiko aufwiesen als Männer (94), allerdings auch ein größerer Nutzen bei ASS-Einnahme hinsichtlich der Primärprävention verzeichnet werden konnte (83). Dennoch erhielten Frauen seltener Thrombozytenaggregationshemmer oder eine Antikoagulation als Männer (106).

Ferner konnte bereits in Studien wie der LIFE-Studie (2008) nachgewiesen werden, dass Medikamente zum Teil abhängig vom biologischen Geschlecht abweichende Effekte haben können (103, 107).

Als bedeutsame biologische Variable erscheint eine Berücksichtigung des Geschlechtes bei der Erforschung und Zulassung von Pharmaka unverzichtbar (103, 107).

Ein weiterer wichtiger Punkt, der jedoch im Rahmen dieser Studie nicht zuletzt beurteilt werden kann, ist das funktionelle Outcome. In diversen Studien konnte, wie bereits angeklungen, diesbezüglich ein deutlich besseres Outcome bei männlichen Patient:innen beobachtet werden (94, 97, 98, 103).

Neben den bereits diskutierten Aspekten des Alters und des Schweregrades bei Auftreten des Schlaganfalls (97), zeigen einige Studien Abweichungen in der Behandlung abhängig vom biologischen Geschlecht auf. So beschreiben Branyan et al. Unterschiede sowohl hinsichtlich der Lysetherapie als auch der mechanischen Thrombektomie (103). Unabhängig von der Stroke-Präsentation kam es bei weiblichen Patientinnen weniger wahrscheinlich zu einer rt-PA-Behandlung (103), wenngleich gerade weibliche Probandinnen in der Akutphase im Vergleich zur Placebogruppe mehr von dieser Therapie profitierten als männliche (108). Nicht zu vernachlässigen sei dabei, dass Frauen aufgrund von atypischen Anzeichen tendenziell länger symptomatisch bis zur Hospitalisierung waren und damit wahrscheinlicher das sogenannte Lysefenster überschritten hatten (94).

Hinsichtlich der mechanischen Thrombektomie, die eine zweite Therapiemöglichkeit darstellte, wurde für Frauen von Branyan et al. (2020) ein

---

schlechteres Outcome nach Intervention als für Männer beschrieben (103). Zudem kam es bei weiblichen Patientinnen häufiger zu rezidivierenden Schlaganfällen nach einer derartigen Intervention (109).

Vor diesem Hintergrund ist exemplarisch zu erwägen, die S2e-Leitlinie zur Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls (110) zukünftig nicht nur altersabhängig zu führen, sondern auch um geschlechterspezifische Hinweise zu ergänzen.

Somit könnten die objektivierten geschlechterspezifischen Unterschiede in Präsentation und Outcome reduziert werden und die jeweilige Diagnostik und Behandlung optimiert werden.

Neben Optimierungsansätzen in der Diagnostik und Behandlung des jeweiligen Individuums, kamen im Rahmen der staatlichen Vorgaben auch Fragen zur innerklinischen Prozessoptimierung in den Fokus (111, 112).

Im Rahmen der angesprochenen pandemieassoziierten Kontaktbeschränkungen sowie dem vorgegebenen Verschiebung elektiver Maßnahmen wurde das medizinische System mit einer deutlichen Reduktion der Auslastung in allen Sektoren konfrontiert (113).

In der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz erwarteten die Fachärzt:innen durch den Rückgang elektiver Maßnahmen geprägte Veränderungen im Arbeitsalltag. Dabei wurde a priori mit einem Rückgang der MRT- und Röntgen-Nutzung wie auch mit einem stärkeren Einbruch der Wirbelsäulendiagnostik und der Kopf-Hals-Untersuchungen gerechnet. Da elektive Maßnahmen geplant zu Regelarbeitszeiten stattfinden, erwartete das Team in erster Linie einen Rückgang der Prozeduren am Tag (8:00-17:00). Bezüglich der zuweisenden Institutionen wurde ein Rückgang sowohl der ambulant als auch der stationär angeordneten (Verlaufs-)Untersuchungen erwartet. Mit stabilen Fallzahlen wurde im Bereich der Thrombektomien und den akuten Fällen gerechnet.

In der durchgeführten Analyse konnten einige dieser Erwartungen bestätigt werden. Der stärkste Rückgang hinsichtlich der angewandten Untersuchungstechnik konnte in der klassischen Röntgendiagnostik verzeichnet werden, während die MRT-gestützte Diagnostik im Vergleich zum

---

gesamten Rückgang eher unterdurchschnittlich weniger verwendet wurde. Die Verteilung der untersuchten Körperregion veränderte sich nicht signifikant im Vergleich der untersuchten Periode zum Kontrollzeitraum im Jahr 2019. Wie prognostiziert waren die stationären Zuweisungen am deutlichsten reduziert. Die absolute Anzahl ambulanter Überweisungen blieb hingegen nahezu unverändert.

Anders als erwartet, wurde die Tendenz des globalen Rückgangs über den gesamten Tagesverlauf vor allem zur nächtlichen Kernzeit überproportional verzeichnet. Dies schwächte die Hypothese, es käme in erster Linie durch die elektiven Maßnahmen des Tagesprogramms zum beobachteten Rückgang. Zweifelsohne gab es zuvor auch Patient:innen aus dem elektiven Bereich, die aufgrund von Komplikationen oder dergleichen einer Bildgebung zu Nachtzeiten unterzogen wurden. Dennoch überwogen diese zahlenmäßig nicht die Anforderungen des Tages.

Dies ließ den bereits diskutierten Aspekt der Verhaltensänderung seitens der Patient:innen - über das Verbot elektiver Maßnahmen hinaus - an Bedeutung gewinnen.

Eine weitere auffallende Beobachtung war die Regression der absoluten Fallzahlen der akuten Fälle. Da das darin umfasste Patient:innenklientel zumeist entweder an Schlaganfallsymptomen oder an Symptomen litt, die Verdacht auf eine intrakranielle Blutung oder Fraktur schöpfen ließen, kam die Frage nach der Ätiologie dieser Reduktion auf. Wie bereits zuvor diskutiert, war nicht mit einem Rückgang der Schlaganfall-Fallzahlen – wenn auch mit einer mutmaßlich höheren Tendenz der ausbleibenden Diagnostik – zu rechnen.

Im Kontext der Hämorrhagien konnte hinsichtlich der spontanen malformationsbedingten Blutungen nicht mit signifikant veränderten Fallzahlen gerechnet werden (114). De Bonis et al. (2021) konnten in einer Studie zeigen, dass sich die Fallzahlen dieser Blutungstypen nicht signifikant änderten, während es hingegen zu – wie hier bereits vermuteten – verlängerten Latenzzeiten zwischen Symptombeginn und Kontakt zum medizinischen System kam (114).

Nicht zu vernachlässigen ist dabei, dass grundsätzlich ein relevanter Anteil der intrakraniellen Blutungen in der Neuroradiologie laut Freeman et al. (2012) durch Traumata bedingt ist (115, 116).

---

In anderen Studien, die auf Daten der Covid-Pandemie beziehungsweise des ersten Lockdowns basierten, konnte hinsichtlich der Traumata und damit einhergehenden Vorstellungen im Bereich der Notfallversorgung ein deutlicher (z.T. >40%) Rückgang von Kollisionen zwischen Fußgänger:innen und Fahrradfahrer:innen mit Kraftfahrzeugen beobachtet werden (117-119). Zudem wurde von Chiba et al. (2021) beschrieben, dass es gerade bei älteren Personen zu über 30% weniger Stürzen zu Zeiten des Lockdowns kam (118). Interessanterweise konnte im Zuge dessen auch beobachtet werden, dass erfolgte Traumata weniger schwerwiegend und seltener tödlich endeten (118). In Bezug auf die Beobachtungen in der Universitätsmedizin Mainz ließ sich mutmaßen, dass der beobachtete Rückgang der akuten Fälle nicht zuletzt auf einen Rückgang der Traumata-bedingten Pathologien gründete.

Eine weitere zu überprüfende Vermutung blieb damit aber noch offen. Dabei handelte es sich um die These, der Rückgang der Prozeduren sei gegeben durch einen deutlichen Rückgang an Untersuchungen mit „umstrittener“ Indikation (120). Impliziert waren Untersuchungen von Patient:innen mit geringer Symptomlast und a priori erwartbar hoher Wahrscheinlichkeit für „kein relevantes Befundergebnis“ (121, 122).

Um sich dieser These zu nähern, legte man den Fokus auf die Akuität – respektive die Symptomlast prädiagnostisch – sowie die Zuordnung bezüglich des relevanten Befundergebnisses. In den Resultaten wurde bereits beschrieben, dass hinsichtlich der Akuität in erster Linie ein Rückgang der nicht-akuten Fälle verzeichnet wurde. Gerade in dieser Gruppe war zudem der Anteil der Patient:innen mit relevantem Befundergebnis am geringsten.

Blieb ein:e Patient:in mit nicht-akuten Symptomen in der Theorie ohne Bildgebung, so war demzufolge die Wahrscheinlichkeit, eine relevante Pathologie zu verpassen, am geringsten (122). Die Idee, solche Patient:innen hinsichtlich der Indikation einer – zumeist strahlungsbehafteten – Bildgebung kritischer zu stellen, war dementsprechend anhand der hiesigen Resultate nicht gänzlich abzulehnen.

In der derzeitigen Literatur wurde dieser Ansatz kontrovers diskutiert. Es kam progredient das Bestreben auf, die Radiologie tiefergehend in die Notfalldiagnostik zu integrieren und Schockraumabläufe – wie beispielsweise von Robinson et al. (2020) beschrieben – strukturell (noch) näher an die

---

Radiologie anzubinden. Gerade zeitkritische Folgeschäden sollten so möglichst abgewendet und die Behandlungsabläufe optimiert werden (123). Dass die CT durch ihre Verfügbarkeit und Schnelligkeit ein zentraler Pfeiler in der neuroradiologischen Diagnostik ist (124), konnte auch in der hier durchgeführten Studie beobachtet werden. Hier wurden deutlich über 50% der Untersuchungen auf Basis des CTs absolviert.

Im Ablauf der Stroke-Diagnostik und -Therapie stellt die CT ein Hauptelement dar. Wie auch von Sotoudeh et al. beschrieben, zeigte sich die (Befundung der) CT-Perfusion als relevanter Faktor für das Outcome eines jeden Falls (125). Schließlich kam es auf Basis dieser Befunde zur Therapieentscheidung, die für die betroffene Person in einer Unterdiagnostik und -therapie oder in einer Blutung bei inadäquater Thrombolyse oder Thrombektomie enden könnte (125). Dementsprechend erschien im Bereich der Schlaganfalldiagnostik die Anwendung der CT indiskutabel.

Diskutabel ist die CT-basierte Bildgebung hingegen beim Patient:innenkollektiv mit nicht-akuten Symptomen (116, 126, 127). Dies soll am Beispiel der Zephalgie erörtert werden.

Die Bildgebung bei Kopfschmerzen zielt auf den Ausschluss einer Blutung oder eines Tumors ab. Einerseits sind, wie auch von Hadidchi et al. (2019) beschrieben, derartige Pathologien zweifelsfrei relevant und gegebenenfalls akut zu behandeln, aber dennoch ausgesprochen selten vorliegend (128). Wie von diesem Autorenteam angemerkt, erscheint es auch uns sinnvoll, bei der Indikationsstellung vermehrt auf sogenannte Red Flags zu achten. Dabei handelt es sich um zusätzliche Symptome und klinische Zeichen, die einen schwerwiegenden Verlauf befürchten lassen und einen akuten Behandlungsbedarf indizieren.

Die prospektive Kohortenstudie von de Wit et al. suchte beispielsweise nach derartigen klinischen Prädiktoren für intrakranielle Blutungen bei älteren gestürzten Erwachsenen (129). Hierbei konnte festgestellt werden, dass in 5,0% eine intrakranielle Blutung auftrat und dies signifikant an das Vorliegen einer Kopfplatzwunde oder eines Hämatoms, einer chronischen Nierenerkrankung oder eines reduzierten GCS-Werts assoziiert war (129).

Die kanadische Studie von Masood et al. (2020) strebte eine Reduktion der zerebralen CT-Untersuchungen nach Schädeltrauma an und erstellte im Zuge

---

dessen eine Checkliste zur Indikationsstellung (121). Diese Liste beinhaltete Fragen zum Unfallhergang, zur medizinischen Vorgeschichte und zur aktuellen Klinik der betroffenen Person (121). Über einen Zeitraum von sechzehn Monaten konnte Masood durch Anwendung dieser CHIMES-Checkliste sowie durch Schulung von Mitarbeiter:innen und Patient:innen eine Reduktion der zerebralen CT-Untersuchungen von 8% erzielen ( $p < 0,05$ ) (121).

Aufbauend auf derartigen Erkenntnissen könnten weitere beziehungsweise tiefergehende Protokolle zur Prüfung der Indikation erstellt werden.

Andererseits - so zum Beispiel McKinlay et al. (130) - war der Aspekt der Patient:innenzufriedenheit, nicht zuletzt auch im Sinne einer psychischen Zufriedenheit der Patient:innen mit Kopfschmerzen, nicht zu vernachlässigen. In der angesprochenen Studie wurde beobachtet, dass Patient:innen in erster Linie dann Erleichterung berichteten, wenn sie ein (negatives) Untersuchungsergebnis möglichst zeitnah und verständlich erhielten. Patient:innen mit anhaltenden Beschwerden seien zudem nach Ausschluss einer raumfordernden Pathologie eher fähig gewesen, die Symptome durch diverse Techniken lindern zu können (130).

Dennoch sollte der psychologische Aspekt nicht als Indikation für eine strahlenbehaftete Diagnostik dienen und sich bewusst gemacht werden, dass das Alter der Patient:innen in jüngsten Studien negativ mit einer Überdiagnostik korrelierte (116). Dementsprechend sei, laut Shobeirian et al. (2021), vor allem bei jungen Patient:innen die Indikation umso kritischer zu stellen (116).

Zusammenfassend ließ sich hinsichtlich der These der strengeren Indikationsstellung zur neuroradiologischen Bildgebung Folgendes festhalten: Die viel wissenschaftlich diskutierte und umfassende Diagnostik von Schlaganfällen war mutmaßlich – einhergehend mit der hohen Symptomlast der Mehrzahl der Patient:innen – gerechtfertigt und adäquat.

In Bezug auf den exemplarischen Fall von Kopfschmerzen ist im Sinne des Strahlenschutzes und aufgrund der Seltenheit der befürchteten Pathologien eine kritischere Indikationsstellung zu erwägen. Diese könnte einerseits in der Aufarbeitung und stärkeren Implementierung von Indikationsfaktoren (Red Flags) liegen. Andererseits könnte – wie auch beispielweise von Rozell et al. (124) thematisiert – wenn eine Bildgebung gewünscht wird, vermehrt auf die strahlenfreie MRT-Diagnostik zurückgegriffen werden. Um der Vielzahl der

---

nicht-akuten Fälle gerecht zu werden, bedürfe es hingegen deutlicher Veränderungen in der Logistik und Struktur niedergelassener radiologischer Praxen. Im Konflikt stehen dabei jedoch der Kostenaufwand einer MRT-Untersuchung im Vergleich zur CT und der Aspekt der Strahlenbelastung.

Vor allem die Aufarbeitung der Indikationsschemata hin zu kritischeren Faktoren ist dementsprechend kurzfristig realisierbarer und sollte im Sinne der Arbeitsauslastung der Mitarbeiter:innen reevaluiert und gegebenenfalls in den klinischen Alltag integriert werden.

Neben dieser kritischen Indikationsstellung allgemein, thematisierte die hiesige Studie relevante Unterschiede abhängig vom zugehörigen Geschlecht.

Um auf konkrete geschlechterspezifische Unterschiede in der Schlaganfall-Diagnostik und -Therapie einzugehen, bot es sich an, einen Blick über den Tellerrand hinsichtlich der Patient:innenstruktur zu wagen. Das Pandemie-geprägte Patient:innenaufkommen lieferte einen Eindruck über den Klinikalltag und dessen krisenabhängige Veränderungen. Da - wie bereits zu Beginn angeklungen - in Zukunft mit zunehmend häufigeren infektiologischen Krisen zu rechnen ist (14, 15), könnten auf Basis der aktuellen Beobachtungen Anpassungen des medizinischen Systems erwogen werden.

Nicht zuletzt sollte dabei auch das im Rahmen des demographischen Wandels (131) älter werdende Patient:innenklientel berücksichtigt werden. Bereits jetzt sei laut dem Statistischen Bundesamt jede zweite Person in Deutschland älter als 45 und jede fünfte Person älter als 66 Jahre (131).

In der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz waren zu Zeiten des Lockdowns mehr als 58% der weiblichen und über 63% der männlichen Patient:innen über 60 Jahre alt. Zudem war im Lockdown-Zeitraum jede 16. Patientin über 90 Jahre alt.

Bei beiden Geschlechtern erwies sich das Alter als signifikanter Prädiktor für die Akuität. Sollte überdies eine bereits diskutierte kritischere Indikationsstellung Anwendung finden, so ist mit einem deutlichen Vers Schub hin zu mehr subakuten oder akuten Fällen bei verminderter Anzahl nicht-akuter Fälle zu rechnen. Ferner ließe per definitionem eine hohe Akuität eine hohe Wahrscheinlichkeit für den Bedarf einer Notfalluntersuchung mutmaßen. Die derzeit bereits für fast 50% aller Prozeduren genutzte Computertomographie wird mutmaßlich in Zukunft eine ebenso relevante oder noch relevantere

---

Untersuchungsmodalität darstellen. Diese Überlegungen skizzieren eine „neue Normalität“, die von infektiologischen und demographischen Herausforderungen geprägt sein könnte.

Eine Anpassung der klinischen Abläufe beispielsweise in der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz zur Minimierung eines etwaigen Infektionsrisikos könnte sowohl auf räumlicher, personeller als auch hygienischer Ebene stattfinden.

Chen et al. (2020) etablierten in ihrer Studie operative Grundsätze für einen radiologischen Dienst, der mit der COVID-19-Pandemie konfrontiert ist (132). Dabei wurden neben einem sorgfältigen Hygienekonzept und der Implementierung von personellen Arbeitsgruppen (zur Minimierung des intrapersonellen Ansteckungsrisikos) eine Gruppierung von Patient:innen nach Infektionsrisiko und die Einführung einer Taskforce empfohlen. Interessanterweise empfahl Chen bei Covid-suspekten oder bestätigt-Infizierten „unnötige Bildgebung zu minimieren“ (132).

Unabhängig davon, dass die damit erzielte Minimierung des viralen Expositionsrisikos evident war, implizierte diese Formulierung, dass im Regelbetrieb zum Teil „unnötige Bildgebung“ betrieben wurde.

Die Telemedizin stellt einen weiteren Aspekt der aktuellen Entwicklung in der medizinischen Versorgung dar. Vor allem in der Primärversorgung konnten diesbezüglich erste Erfolge in der Implementierung verzeichnet werden (111). Ziel sei es, die Verbindung zwischen Gesundheitssystem und Patient:innen neu zu überdenken (111). Einschränkend seien dabei strukturelle Ungleichheiten im Patient:innenkollektiv, die eine flächendeckende digitale Kommunikation erschweren (111). Zudem erwiesen sich einige Fachrichtungen mit ortsgebundenen diagnostischen und therapeutischen Funktionseinheiten dafür in hohem Maße ungeeignet. So ist der Fachbereich der Neuroradiologie nach derzeitigem technischem Stand, bis auf beispielsweise eine etwaige online Befundbesprechung, nur sehr begrenzt der Telemedizin zuzuführen.

Dementsprechend werden die voraussichtlich zunehmend älteren Patient:innen fortwährend lokal vorstellig werden müssen. Um dennoch einer möglichen Mobilitätseinschränkung gerecht zu werden, sollte zunehmend auch im ambulanten Setting auf eine Barrierefreiheit geachtet werden. Mögliche alters-

---

und migrationsbedingte Kommunikationsschwierigkeiten könnten durch digitale, in der Schriftgröße und Sprache anpassbare Formulare umgangen werden.

Wie auch von Currie et al. (2020) konstatiert, sollten im Sinne der Patient:innenzufriedenheit und des Hygienebestrebens die Wartezeit minimiert, die Scanzeiten reduziert und der Workflow optimiert werden (112).

Weitere Studien im Bereich der (Neuro-)Radiologie zum Thema demographischer Wandel in Krisenzeiten wären gefragt, um das medizinische System für die kommenden Herausforderungen zu sensibilisieren.

---

#### 4.1 Kritische Betrachtung der eigenen Studie

Zunächst fiel bei der Datenerhebung eine Diskrepanz zwischen dem mittels RIS erhobenen Datensatz und dem Ausdruck aller in den jeweiligen Zeiträumen erstellten Befunde auf. Dieser umfasste in beiden untersuchten Perioden etwa 10%. Der Unterschied in der Anzahl der Prozeduren zu den Befunden konnte jedoch im Verlauf dadurch erläutert werden, dass unter anderem bei einigen neuroradiologischen Vorgängen, wie der DSA, mehrere Unterschritte einzeln erfasst wurden. Da diese Abweichung in beiden Zeiträumen einem nahezu gleichen Prozentsatz entsprach, ging man von keinem signifikanten systematischen Einfluss dieser Beobachtung auf die Ergebnisse aus.

Bestätigenderweise erwies sich der a priori gewählte Zeitraum im Rahmen der Literaturrecherche als Klimax der akuten Pandemie-assoziierten Veränderungen im klinischen Patient:innenaufkommen. Gerade in der deutschen Studie von Pfaff et al. (39) wurde die erste Welle und somit in erster Linie der hier betrachtete Zeitraum im März 2020 als besonders relevant bewertet. Ferner war das unsererseits gewählte Format zur individuellen Auswertung zum damaligen Zeitpunkt in keiner anderen Studie vorgenommen worden. Durch das individuelle Reading jedes Befundes ( $n > 2000$ ) konnten tiefergehende, detailreiche Informationen zu den einzelnen neuroradiologischen Prozeduren gewonnen werden.

Die zuvor festgelegten Variablen (z.B. zuweisende Institution, Akuität der Symptome, Befundergebnis) erwiesen sich in der Auswertung als adäquat und erkenntnisreich. Im Verlauf zeigte sich, dass eine weitere Differenzierung zwischen „Stroke“ und „nicht-Stroke“ vor allem im Kontext der hoch-akuten Fälle interessant gewesen wäre. Zudem ließ sich im Rahmen der Datenerfassung kein Rückschluss ziehen, ob der:die jeweilige Patient:in zum Zeitpunkt der Untersuchung Covid-positiv war. Dies könnte in einer Folgestudie behandelt werden, um Erkenntnisse über einen etwaigen Einfluss einer SARS-CoV-2 Infektion auf die Symptomlast und das Outcome in der Neuroradiologie gewinnen zu können.

Hingegen konnte man durch die Berücksichtigung der zuweisenden Institution differenzierte Schlüsse über das Patient:innenkollektiv je nach klinischem Setting ziehen (ambulant, stationär, Notaufnahme). Dabei konnte allerdings

---

nicht selektiert werden, ob der:die selbe Patient:in im jeweiligen Zeitraum mehrfach untersucht wurde.

Der in der Diskussion behandelte Selection Bias konnte im Rahmen der Analyse nicht zuletzt beurteilt werden. Da allerdings die offiziellen Vorgaben keine derartigen aberranten Beurteilungsschemata zu Krisenzeiten vorgaben, erschien uns dieser Aspekt nicht wesentlich einflussnehmend.

Dennoch gelang es, sich den Vermutungen aus anderen, oberflächlicheren Studien (39, 69, 75) zu diesem Thema durch die individuelle Befundauswertung gelungen zu nähern und die Bedeutsamkeit der Beobachtungen durch weitergehende Auswertungen (wie in Abbildung 9) zu bestärken.

---

## 5. Zusammenfassung

Die SARS-CoV-2-Pandemie führte global zu weitreichenden Veränderungen. Als sie im Frühjahr 2020 Deutschland erreichte, entschloss sich die Bundesregierung, das öffentliche Leben in Deutschland stark einzuschränken (5). Ab dem 16. März 2020 galt es zudem, elektive Maßnahmen im medizinischen Sektor zu verschieben. In der Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz wurde ein über das erwartete Maß hinausgehender Rückgang der medizinischen Bildgebungen und Notfalleingriffe verzeichnet.

Ziel war es, die Charakteristika der möglicherweise geänderten Patient:innenstruktur im Detail zu erarbeiten. So sollte der Einfluss einer akuten Pandemie auf die Versorgungsstruktur an einer deutschen neuroradiologischen Universitätsklinik eruiert werden.

Alle Befunde bildgebender und angiografischer Untersuchungen, die in der neuroradiologischen Abteilung der Universitätsmedizin Mainz zwischen dem 9. März und dem 29. März 2020 durchgeführt wurden, wurden retrospektiv analysiert (ab einer Woche vor Beschluss bis einschließlich der ersten offiziellen Woche des Lockdowns). Als Kontrollgruppe dienten die Befunde aller bildgebenden Untersuchungen und Prozeduren im entsprechenden Zeitraum des Vorjahres (11. bis 31. März 2019).

Mittels der Exportfunktion des radiologischen Informationssystems der Universitätsmedizin Mainz wurden alle Prozeduren der Neuroradiologie extrahiert und die zugehörigen Befunde nach einem zuvor definierten Schema ausgewertet. Zu den gewonnenen Informationen gehörten die Patient:innendaten (Alter bei der Untersuchung und Geschlecht), der Zeitpunkt der Untersuchung, die Bildgebungsmodalität, die abgebildete Körperregion, die überweisende Institution, Akuität der Symptome und das jeweilige Befundergebnis. Die statistische Auswertung erfolgte mit dem Programm IBM® SPSS® Statistics (Version 28, International Business Machines Corporation (IBM Corp.), 1 North Castle Drive, Armonk, 10504 New York, USA). Unter anderem wurden Chi-Quadrat-Tests, der Cramer-V-Test, der Spearman-Test sowie Kruskal-Wallis-Tests verwendet.

---

Insgesamt konnte im Vergleich des Lockdown-Zeitraums mit dem Kontrollzeitraum ein Rückgang der Prozeduren von knapp 25% festgestellt werden. Vor allem die Röntgenuntersuchungen und die nicht-akuten Fälle gingen dabei überdurchschnittlich zurück. Die subakuten Fälle nahmen anteilig zu und führten neben den akuten Fällen im Lockdown-Zeitraum mit einer höheren Wahrscheinlichkeit zu einem relevanten Befundergebnis. Dabei konnte ein relevantes Befundergebnis signifikant durch die anfängliche Akuität vorhergesagt werden ( $p < 0,001$ ). Die Prozeduren in der nächtlichen Kernzeit nahmen im Zuge dessen deutlicher ab als am Tage (-55,1%).

Ein signifikanter Verschiebung in der Geschlechterverteilung zugunsten der männlichen Patienten (56% statt zuvor 51%) wurde beobachtet. Es konnte kein relevanter Unterschied im mittleren Alter des Patient:innenkollektivs festgestellt werden. Lediglich in der Gruppe der akuten Fälle waren die männlichen durchschnittlich deutlich jünger als die weiblichen Patientinnen (64,7 versus 70,3 Jahre). Die weiblichen Patientinnen wurden im Lockdown-Zeitraum zunehmend mit akuten Symptomen vorstellig (über 20%), während die männlichen Patienten im Vergleich zunehmend subakute Symptome aufwiesen. Die Verteilung der Akuität war im Kontrollzeitraum signifikant unterschiedlich zwischen den Geschlechtern ( $p = 0,034$ ). Dies glich sich im Lockdown-Zeitraum jedoch an. Bei männlichen Patienten konnte die Akuität durch das Alter und den Untersuchungszeitpunkt signifikant vorhergesagt werden ( $p < 0,001$  bzw.  $p = 0,009$ ). Die Akuität weiblicher Patientinnen konnte durch den Zeitraum (2019/2020) und das Alter signifikant vorhergesagt werden ( $p = 0,004$  bzw.  $p < 0,001$ ).

Geschlechterspezifische Unterschiede wurden im soziologisch-behavioristischen Rahmen diskutiert und in den medizinischen Kontext gestellt. Dabei zeigten sich die zwischen den Geschlechtern divergierende Wahrnehmung der Covid-Pandemie und das geschlechterbezogene Gesundheitsverhalten als zentrale Elemente. Erhöhte Risikofaktoren im männlichen Geschlecht und das zurückhaltende Konsultierungsverhalten der weiblichen Patientinnen boten einen Erklärungsansatz für die beobachteten Ergebnisse. Beispielfähig wurden zum Thema Schlaganfall die objektivierten geschlechterspezifischen Unterschiede in Präsentation und Outcome

---

thematisiert und Lösungsansätze formuliert, um diese zu reduzieren und die jeweilige Diagnostik und Behandlung zu optimieren.

Im Sinne des Bestrebens hin zur individualisierten Medizin könnte diesen geschlechterspezifischen Unterschieden weiter nachgegangen werden. Das biologische Geschlecht könnte so in Zukunft bei Diagnostik- und Therapieentscheidungen zunehmend als Variable berücksichtigt und das jeweilige Outcome nach aktuellem Wissensstand optimiert werden.

---

## 6. Abstract

eingereicht im Rahmen der 56. Jahrestagung der Deutschen Gesellschaft für Neuroradiologie e.V. (neuroRad2021)

### ***Where have all the patients gone? Change of admission to a university neuroradiological service in times of Covid-19 virus pandemic lockdown***

**Introduction:** The first COVID19-associated lockdown in Germany in March 2020 significantly influenced the medical system. We investigated lockdown-associated changes in patient load and characteristics in a German neuroradiological university department.

**Methods:** All reports of neuroradiological examinations performed in a period of time during the first lockdown (03/09/20-03/29/20; n=979) were analysed regarding gender, age, imaging modality, type of referrer (emergency admissions | inpatients | outpatients), acuity of symptoms (no, mild, severe), time of examination, imaging finding (no | relevant), and compared to reports of a comparable pre-lockdown period (03/11/19-03/31/19; n=1302).

**Results:** The total number of examinations decreased by 24.8% compared to the non-COVID reference period (2019: n=1302 vs. 2020: n=979) throughout all examination modalities (CT: -25.1%, MRI: -13.1%; X-Ray: -64.7%). The proportion of asymptomatic admissions was reduced from 41% to 35%, while number of patients with severe symptoms remained stable (16% vs. 17%). Consequently, the incidence of relevant findings increased from 36.8% to 41.2%. Interestingly, the proportion of male patients was significantly higher during the lockdown (56%) compared to 2017 (52%), 2018 (51%), 2019 (51%) and 2021 (50%). Mean patient age ( $\pm 1$ SD) was not relevantly affected ( $60.8 \pm 21.0$  vs.  $61.5 \pm 20.1$  y). In terms of circadian rhythm, examinations during night shifts (0.00-6.00 a.m.) decreased strongly (-52.1%). The number of catheter angiographies was reduced by 46.4% during the first lockdown period. The proportion of TE procedures slightly increased from 23% to 33%.

**Conclusion:** During the first hard lockdown, the total requirement of neuroradiological procedures decreased strongly, while the incidence of relevant findings increased. These changes in patient structure may partly be due to better

---

health behaviour, but also due to concerns about the risk of nosocomial infection. The significant decrease of imaging during night shifts raises the question, whether too many unnecessary imaging procedures are carried out at night. Why we observed a strong shift towards more male patients remains to be elucidated.

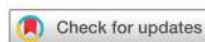
# BMJ Open Sex-specific Impact of the first COVID-19 Lockdown on Age Structure and Case Acuity at Admission in a Patient Population in southwestern Germany: a retrospective comparative Study in Neuroradiology

Sebastian R Reder , Natalie Herrlich, Nils F Grauhan, Ahmed E Othman, Matthias Müller-Eschner, Carolin Brockmann, Marc A Brockmann

**To cite:** Reder SR, Herrlich N, Grauhan NF, *et al.* Sex-specific Impact of the first COVID-19 Lockdown on Age Structure and Case Acuity at Admission in a Patient Population in southwestern Germany: a retrospective comparative Study in Neuroradiology. *BMJ Open* 2024;**14**:e079625. doi:10.1136/bmjopen-2023-079625

► Prepublication history and additional supplemental material for this paper are available online. To view these files, please visit the journal online (<https://doi.org/10.1136/bmjopen-2023-079625>).

Received 07 September 2023  
Accepted 26 February 2024



© Author(s) (or their employer(s)) 2024. Re-use permitted under CC BY-NC. No commercial re-use. See rights and permissions. Published by BMJ.

Dpt. of Neuroradiology, University Medical Center of the Johannes Gutenberg University, Mainz, Germany

**Correspondence to**  
Dr Sebastian R Reder;  
[sebastianreder91@gmail.com](mailto:sebastianreder91@gmail.com)

## ABSTRACT

**Objectives** A hard lockdown was presumed to lead to delayed diagnosis and treatment of serious diseases, resulting in higher acuity at admission. This should be elaborated based on the estimated acuity of the cases, changes in findings during hospitalisation, age structure and biological sex.

**Design** Retrospective monocentric cross-sectional study.

**Setting** German Neuroradiology Department at a .

**Participants** In 2019, n=1158 patients were admitted in contrast to n=884 during the first hard lockdown in 2020 (11th–13th week).

**Main outcome measures** Three radiologists evaluated the initial case acuity, classified them into three groups (not acute, subacute and acute), and evaluated if there was a relevant clinical deterioration. The data analysis was conducted using non-parametric methods and multivariate regression analysis.

**Results** A 24% decrease in the number of examinations from 2019 to 2020 ( $p=0.025$ ) was revealed. In women, the case acuity increased by 21% during the lockdown period ( $p=0.002$ ). A 30% decrease in acute cases in men was observable (in women 5% decrease). Not acute cases decreased in both women and men (47%; 24%), while the subacute cases remained stable in men (0%) and decreased in women (28%). Regression analysis revealed the higher the age, the higher the acuity ( $p<0.001$  in both sexes), particularly among women admitted during the lockdown period ( $p=0.006$ ).

**Conclusion** The lockdown led to a decrease in neuroradiological consultations, with delays in seeking medical care. In women, the number of most severe cases remained stable, whereas the mean case acuity and age increased. This could be due to greater pandemic-related anxiety among women, however, with severe symptoms they were seeking for medical help. In contrast in men, the absolute number of most severe cases decreased, whereas the mean acuity and age remained nearly unaffected. This could be attributable to a reduced willingness to seek for medical consultation.

## STRENGTHS AND LIMITATIONS OF THIS STUDY

- ⇒ This study employed a comparative and retrospective analysis, using a substantial sample size ( $n=2042$ ) and considering various parameters for evaluation, ensuring a comprehensive assessment of the impact of the COVID-19 lockdown on acuity of neuroradiological cases (March 2019 vs 2020).
- ⇒ The study primarily focused on the early weeks of the COVID-19 pandemic, and there is no exploration of intrapandemic situations (eg, 2021/2022), which could provide additional insights into the long-term impact on neuroradiological cases.
- ⇒ The assessment of case acuity and deterioration in findings had been conducted by experienced radiologists with  $\geq 4$  years of experience, and any uncertainties are resolved through consensus readings, enhancing the reliability of the study's findings.
- ⇒ While efforts are made to standardise cases, external factors influencing patient behaviours, such as fear of infection, public health messaging, or changes in healthcare-seeking attitudes, might not be fully accounted for in the analysis.

## INTRODUCTION

During the outbreak of the COVID-19 virus and its declaration as a pandemic by the WHO in 2020, governments worldwide implemented nationwide lockdowns to protect their citizens.<sup>1</sup> In Germany, restrictions were imposed between 16 March 2020 and 23 March 2020: the timeline of events from 16 March 2020 to 22 March 2020, reflects the swift and decisive measures taken in response to the escalating COVID-19 pandemic in Germany.<sup>2</sup> The nationwide closure of non-essential businesses on 16 March, with exceptions for vital services, marked the beginning of significant restrictions.<sup>2</sup> Subsequent days

saw the acknowledgement of the high-risk situation by the Robert Koch Institute, leading to a global travel warning and financial support for repatriation efforts.<sup>2</sup> The closure of EU borders on 18 March further emphasised the severity of the situation, and Chancellor Angela Merkel's impactful video message underscored the gravity of the challenge facing Germany<sup>2</sup>: 'As Germany faced its most significant challenge since World War II, these measures aimed at protecting public health and managing the unprecedented situation.'<sup>2</sup> The closure of restaurants on 21 March and the implementation of a nationwide contact ban on 22 March, although stopping short of a strict lockdown, demonstrated a commitment to limiting social interactions and slowing the spread of the virus.<sup>2</sup>

Despite the known and unknown socioeconomic limitations that these interventions would have on the population, the German government decided to postpone planned treatments, if medically justifiable, in order to preserve capacities.<sup>3</sup> During this period, several neuroradiological departments in Germany and other countries reported a temporary decrease in diagnostic and therapeutic case numbers.<sup>4,5</sup> Pfaff *et al*<sup>4</sup> found that fear of infection was a primary reason for the decrease in medical consultations,<sup>4</sup> which was confirmed by several other international multicentre studies.<sup>6–9</sup> This effect was consistent for elective examinations, however, also for examinations associated with acute cases.<sup>9–12</sup> According to the findings of Willms *et al*,<sup>13</sup> two factors significantly contributed to the decrease in severe cases during the COVID-19 lockdown: (1) more stringent selection criteria for medical treatment and (2) patients delaying their medical consultations.<sup>13</sup> Likewise, individuals with chronic illnesses, including those undergoing diagnosis and active treatment for cancer, observed a reduced likelihood of seeking medical consultations during the COVID-19 lockdown in 2020.<sup>14–16</sup> Numerous studies conducted during the onset of the pandemic have documented a significant increase in anxiety and depressive disorders both during and after the COVID-19 lockdown.<sup>17–21</sup> The overall concern about contracting the virus and the adherence to social distancing guidelines are presumed to have contributed to the decrease in the number of cases across various disciplines,<sup>5,15,22</sup> resulting in a higher fatality rate due to delayed hospitalisation.<sup>23,24</sup> Some studies indicated that a general reluctance to seek medical advice among men within the pandemic led to a decrease in severe cases and to higher mortality rates while dying at home.<sup>25,26</sup>

The aim of this study was to determine whether there were significant differences between the period before and during the first COVID-19 lockdown, including factors such as the acuity of cases, a relevant deterioration in the further course of hospitalisation, as well as the technical modality used.

We hypothesised (1) a drop in patient numbers in 2020 and (2) an increase in incidence in severe and decrease in mild cases from 2019 to 2020.

## MATERIALS AND METHODS

### Patient involvement statement

In this retrospective study, patients were not actively engaged in the recruitment or execution of the study. Reporting results to study participants did not occur, as there was no immediate benefit for them; instead, the benefit lied in contributing to the broader understanding for the general population. Additionally, the burden of the intervention was not assessed by patients themselves, as this was a retrospective study without specific study-related burdens.

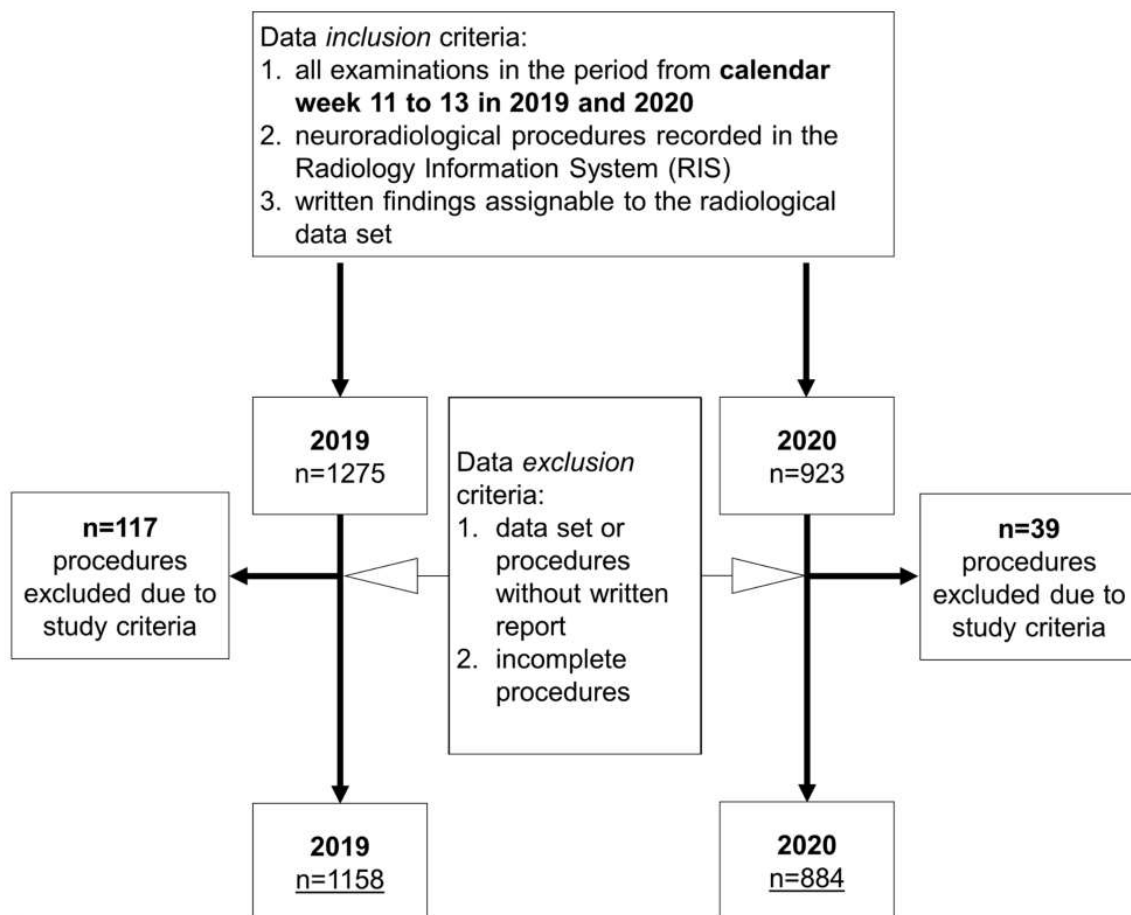
### Centre of investigation, study population and selection criteria

The Department of Neuroradiology at the University Medical Centre Mainz is a hub of excellence, offering top-tier diagnostic, advisory and therapeutic services. Specialising in minimally invasive treatments for vascular disorders of the head and spinal cord, interventions for several conditions such as strokes, aneurysms, arteriovenous malformations and dural arteriovenous fistulas are performed. As the largest neuroradiological centre in Rhineland-Palatinate, it contributes around 200 stroke treatments annually, ensuring 24/7 stroke care. With 800 angiographies, 200 stroke treatments, 100 aneurysm treatments, 5000 MRI scans and 15 000 CT scans conducted annually, the department exemplifies a commitment to excellence and innovation in neuroradiology at the University Medical Centre Mainz. Furthermore, the University Medical Centre of the Johannes Gutenberg-University Mainz caters to 64 547 inpatient cases, attend to 283 964 outpatient cases, maintain a capacity of 1665 beds and employ 8698 dedicated professionals, providing specialised care to each patient.<sup>27</sup>

The department of neurosurgery has a total of 66 inpatient beds distributed across various units with its own neurosurgical intensive care unit with ten beds, as well as an intermediate care unit with four beds. Another distinctive aspect is the dedicated unit for early rehabilitation, comprising four beds.<sup>28</sup>

The neurology department, with a total of 42 beds, provides comprehensive neurological care. Its certified stroke unit, equipped with 12 beds, is complemented by 4 beds for intermediate care and 6 intensive care beds through collaboration with internal medicine and anesthesiology. Additionally, two beds are dedicated to continuous electroencephalogram (EEG) monitoring for potential surgical treatment indications in therapy-resistant epilepsies.<sup>29</sup>

All findings of the Department of Neuroradiology of the University Medical Centre Mainz within the 11th and 13th week of 2019 (1275 cases; 'prelockdown') were analysed retrospectively and compared with the same calendar weeks of 2020 (923 cases; 'lockdown'). All cases included in our analyses were those admitted during this period and received initial imaging through neuroradiology, followed by subsequent imaging to assess potential deterioration in the clinical course morphologically. For 2019, n=117 and for 2020 n=39 data sets were excluded due to



**Figure 1** Flow chart of study-related inclusion criteria and population selection.

incomplete image acquisitions or uncertainly assignable written reports. Finally,  $n=1158$  (2019) and  $n=884$  (2020) data sets have been included (figure 1). As depicted in online supplemental figure 1A, relevant decline in case numbers was observed only in the year 2020, compared with the prepandemic (2017:  $n=1256$ ; 2018:  $n=1237$ ; 2019:  $n=1275$ ) and intrapandemic years (2021:  $n=1295$ ). The cases were randomised and equally distributed among the three radiologists by the same medical student.

#### Parameters

Several parameters were extracted from the radiological information system (RIS) considered for evaluation: patient age and gender, as well as the time of examination, technical modalities, the anatomic region of interest, the availability of previous images within the database and the referral institution (table 1). The technical modalities included the digital subtraction angiography, native CT, CT angiography (CTA), CT perfusion (CTP), MRI and X-ray, whereas CTA and CTP were classified as one category (CTA/CTP) due to their strong correlation to stroke

diagnosis. The (anatomic) regions of interest consisted of head and neck, spinal cord, thorax and regions other than those mentioned ('others'). Referrer categories included the surgical and internal emergency department, as well as external hospitals/rescue services. Based on this information, three readers (radiologists) classified the acuity (A category) and, in the case of subsequent follow-up examinations, a relevant change in findings indicating deterioration (D category; online supplemental table 1). If the acuity of a case was unclear for a single reader, a consensus reading was conducted. Here, all three readers collaboratively decided on the case classification and its interpretation.

Case acuity (A category) and deterioration in findings in follow-up imaging (D category) were classified by radiologists with  $\geq 4$  years of experience from the Department of Neuroradiology at the University Medical Centre Mainz (online supplemental table 1) by using all available data from the RIS and written reports. The experience in evaluating

**Table 1** Study population characteristics

| Group                    | Subgroup                  |        | Prelockdown | Lockdown    | Δ (%) | P value                                          |
|--------------------------|---------------------------|--------|-------------|-------------|-------|--------------------------------------------------|
| Total                    | –                         |        | 1158        | 884         | -24   | <b>0.025</b>                                     |
| Sex                      | Female                    |        | 565 (48.8%) | 386 (43.7%) | -32   | <b>0.025</b>                                     |
|                          | Male                      |        | 593 (51.2%) | 498 (56.3%) | -16   |                                                  |
| Age                      | Female                    |        | 60.4±21.7   | 62±21.5     | –     | >0.05                                            |
|                          | Male                      |        | 61±20       | 61.3±19.5   | –     |                                                  |
| Case acuity (number)     | A0                        |        | 459 (39.6%) | 293 (33.1%) | -36   | <b>0.02</b><br><b>F: 0.008</b><br><b>M: 0.04</b> |
|                          |                           | Female | 239 (42.3%) | 126 (32.6%) | -47   |                                                  |
|                          |                           | Male   | 220 (37.1)  | 167 (33.5%) | -24   |                                                  |
|                          | A1                        |        | 474 (40.9%) | 411 (46.5%) | -13   |                                                  |
|                          |                           | Female | 223 (39.5%) | 160 (41.5%) | -28   |                                                  |
|                          |                           | Male   | 251 (42.3%) | 251 (50.4%) | 0     |                                                  |
|                          | A2                        |        | 177 (15.3%) | 143 (16.2%) | -19   |                                                  |
|                          |                           | Female | 77 (13.6%)  | 73 (18.9%)  | -0.5  |                                                  |
|                          |                           | Male   | 100 (16.9%) | 70 (14.1%)  | -30   |                                                  |
|                          | Missing                   |        | 48 (4.1%)   | 37 (4.2%)   | –     |                                                  |
| Case acuity (mean/SD)    | Female                    |        | A0.7±0.7    | A0.85±0.73  | –     | <b>0.011</b>                                     |
|                          | Male                      |        | A0.79±0.72  | A0.8±0.67   | –     | >0.05                                            |
| Case acuity (median/IQR) | Female                    |        | A1 (1)      | A1 (1)      | –     | 0.008                                            |
|                          | Male                      |        | A1 (1)      | A1 (1)      | –     | 0.048                                            |
| Relevant deterioration   | No (D0)                   |        | 700 (60.4%) | 499 (56.4%) | -29   | >0.05                                            |
|                          | Yes (D1)                  |        | 409 (35.3%) | 348 (39.4%) | -15   |                                                  |
|                          | Missing                   |        | 49 (4.2%)   | 37 (4.2%)   | –     |                                                  |
| Region of interest       | Head and neck             |        | 952 (82.2%) | 751 (85%)   | -21   | <b>&lt;0.001</b>                                 |
|                          | Spinal cord               |        | 141 (12.2%) | 107 (12.1%) | -24   |                                                  |
|                          | Thorax                    |        | 62 (5.4%)   | 22 (2.5%)   | -64   |                                                  |
|                          | Others                    |        | 3 (0.3%)    | 3 (0.3%)    | 0     |                                                  |
| Modality                 | DSA                       |        | 60 (5.2%)   | 41 (4.6%)   | -32   | <b>0.018</b>                                     |
|                          | Native CT                 |        | 553 (47.8%) | 435 (49.2%) | -21   |                                                  |
|                          | CTA/CTP                   |        | 141 (12.2%) | 106 (12%)   | -25   |                                                  |
|                          | MRI                       |        | 304 (26.3%) | 266 (30.1%) | -13   |                                                  |
|                          | X-ray                     |        | 100 (8.6%)  | 36 (4.1%)   | -64   |                                                  |
| Referrer                 | Emergency Dpt. (surgical) |        | 237 (20.5%) | 210 (23.8%) | -11   | <b>0.01</b>                                      |
|                          | Emergency Dpt. (internal) |        | 651 (56.2%) | 440 (49.8%) | -32   |                                                  |
|                          | Rescue service/external   |        | 219 (18.9%) | 196 (22.2%) | -10   |                                                  |
|                          | Missing                   |        | 51 (4.4%)   | 38 (4.3%)   | –     |                                                  |

Characteristics compared with the prelockdown (2019) and lockdown (2020) period in mean $\pm$ SD or total number (and proportion in %) including the difference  $\Delta$  (in  $\pm$ %) from the prelockdown to the lockdown period. The bold numbers indicate significant values  
CTA, CT angiography; CTP, CT perfusion; DSA, digital subtraction angiography.

neuroradiological imaging material for the three readers was as follows: reader 1=4 years, reader 2=7 years and reader 3 more than 10 years. Category A0 included, among others, symptom-free patients with oncological diseases during follow-up imaging and trauma patients without acute symptoms ('time to treatment within 72 hours'). Patients with mild to moderate radiculopathies and mild neurological

deficits were placed in category A1 ('time to treatment between 24 and 48 hours'). Category A2 included patients with acute stroke, intracranial haemorrhage, the most severe pain or significant progression in a known disease, such as cauda equine syndrome ('time to treatment under 10 hours'). Patients' outcomes (or 'relevant deterioration during hospitalisation') were classified as D0 and D1. D0 described

no relevant changes in known clinical abnormalities (eg, control examinations according to guidelines or acute cephalgia), while D1 included any worsening in findings compared with the initial findings.

### Statistics

All analyses were performed using the statistical software SPSS (V.28, IBM). First, the number of cases and their characteristics between the prelockdown period (2019) and the beginning of the lockdown period (2020) during the 11th until 13th week of March were compared. The parameters were scaled and handled as follows: period of time=nominal, age=metrically, biological sex=nominal, daytime=metrically, referrer=nominal, case acuity=ordinal, deterioration classification=ordinal, region of interest=nominal and modality=nominal.

Due to the absence of normally distributed values and the robustness of non-parametric test procedures, the Mann-Whitney U test was employed for the analyses of independent ordinal and metrically scaled variables. If there were more than two groups, the Kruskal-Wallis test was used. The difference between the median in the acuity was tested by using the Cramer-V test for nominal scaled variables (due to the use of one nominal scaled parameter: period of time). The differences between period-dependent nominal (and/or ordinal) scaled groups were analysed using the  $\chi^2$  test. Further, the influences of age, period of time (prelockdown vs lockdown) and relevant deterioration in further course of hospitalisation (D category) on the acuity of cases (A category) were analysed using multiple linear regression analysis. With a sample size of  $n=2042$ , a statistical power of 0.9, and a significance level of  $\alpha=0.05$ , a determination coefficient of  $R^2=0.006$  would be needed for a significant overall model with two predictors ( $R^2=0.007$  with three predictors).<sup>30</sup> For re-evaluation, the results were confirmed using the Spearman test for ordinal parameters. The Kruskal-Wallis test was used to determine differences in the mean and SD of metrically scaled variables among groups.

For each of following significance values, we used a 95% CI with two-sided (and if available asymptotic) significance niveau. Considering multicollinearity, there were several significant correlations between groups and subgroups. However, there was no relevant ( $r<0.8$ ) multicollinearity associated interaction.<sup>1,31</sup> Mediator analysis (by PROCESS-Macro from Hayes for SPSS) revealed no significant interactions.<sup>32</sup>

### RESULTS

A significant decrease of 24% in overall case numbers from the prelockdown compared with the lockdown period was observable ( $n=1158$  vs  $n=884$ ;  $p=0.025$ ; **table 1**). In women, the number of A0 and A1 cases significantly decreased by 47% (A0;  $n=239$  vs  $n=126$ ) and 28% in 2020 ( $n=223$  vs  $n=160$ ; overall  $p=0.009$ ; **table 1** and **figure 2**). In men, A0 cases decreased by 32% ( $n=220$  vs  $n=167$ ), whereby A1 cases remained stable (0%;  $n=251$  vs  $n=251$ ;

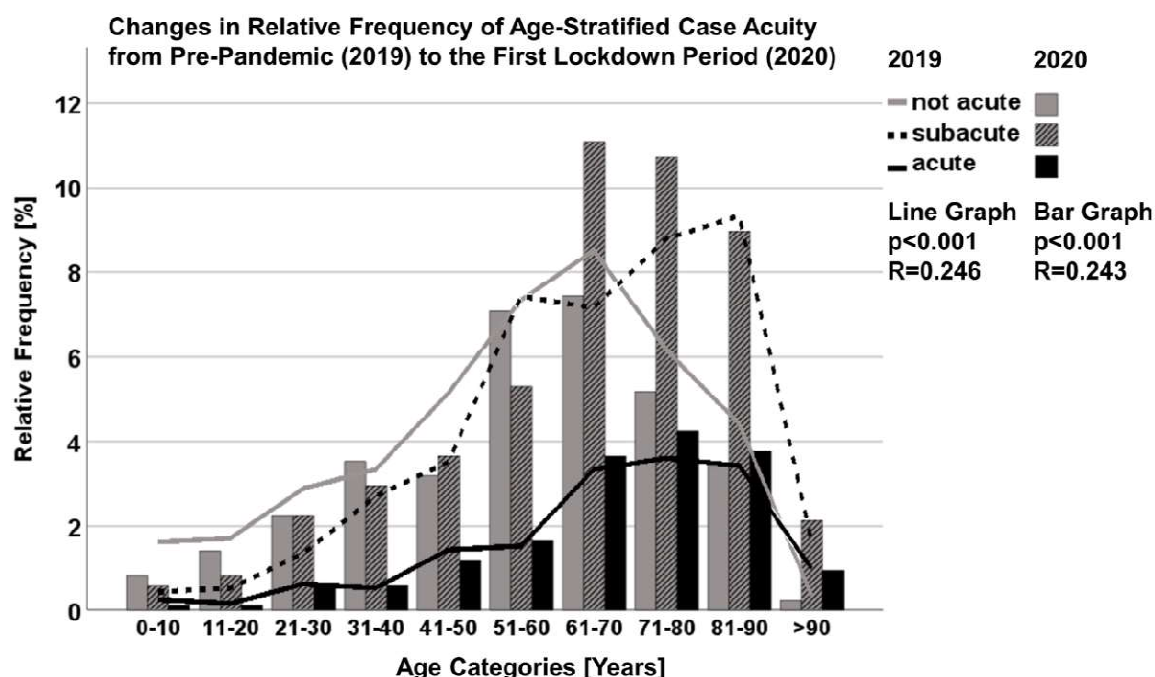
$p=0.05$  overall; **table 1**). Contradictorily, a 30% decrease in A2 cases in men was observable ( $n=100$  vs  $n=70$ ; overall  $p=0.05$ ; **table 1**), whereas in women the number of A2 cases remained stable with -5% ( $n=77$  vs  $n=73$ ;  $p=0.009$  overall; **table 1**). This trend was also evident across various daytime intervals, particularly during later hours and at night, where a general decrease in examinations and identified acute cases was observed (online supplemental figure 2).

Regarding to A0 and A1 cases, there were no significant sex-specific differences in the biological age (**table 2**). Although the differences in the biological age between women and men were negligible for A2 cases before the lockdown ( $68.6\pm 19.6$  vs  $64.7\pm 20.1$ ;  $p>0.05$ ), they became statistically significant within the lockdown period ( $70.3\pm 18.3$  vs  $64.7\pm 18.0$ ;  $p<0.001$ ; **figure 2**; **table 2**).

Multiple linear regression analysis revealed, the higher the age, the higher the acuity in both sexes ( $\beta_{\text{female}}=0.264$ ;  $\beta_{\text{male}}=0.193$ ;  $p<0.001$  each), particularly among women admitted during the lockdown period ( $\beta_{\text{female}}=0.075$ ;  $p=0.017$ ; **table 3**). This was not observable for the male sex ( $\beta_{\text{male}}=0.009$ ;  $p=0.758$ ). The calculated models predicting the acuity by using the period of time and the biological age were statistically significant with  $F_{\text{male}}(2, 1088)=21.22$  ( $p<0.001$ ;  $R=0.194$ ) and  $F_{\text{female}}(2, 948)=39.32$  ( $p<0.001$ ;  $R=0.277$ ). Furthermore, if the acuity at admission was higher in both sexes, there was a higher probability for a relevant deterioration in the subsequent course of hospitalisation ( $\beta_{\text{female}}=0.126$ ;  $\beta_{\text{male}}=0.148$ ;  $p<0.001$  each; **table 3**). A higher probability of a relevant clinical deterioration was not directly attributable to the period of time or the patients age ( $p>0.05$ ; **table 3**). As well, the analysed regression models predicting the probability of relevant clinical deterioration by using the period of time, the biological age and the initial acuity were statistically significant with  $F_{\text{male}}(3, 1054)=8.57$  ( $p<0.001$ ;  $R=0.154$ ) and  $F_{\text{female}}(3, 894)=5.67$  ( $p<0.001$ ;  $R=0.137$ ).

### DISCUSSION

A comparative and retrospective analysis was conducted to assess the impact of the COVID-19 pandemic during the initial nationwide lockdown in Germany on the patient population of a German neuroradiology department. Clinical cases from March 2020 (first hard lockdown) were compared with cases from March 2019, prior to the pandemic ( $n=1158$  in 2019;  $n=884$  in 2020). Overall, a 24% decrease in examinations from 2019 to 2020 was observable regarding to our department (-32% in women and -16% in men). This was consistent with several studies reporting a statistically significant reduction in the number of patient cases during this time period.<sup>4-9</sup> As the origin, Pfaff *et al*<sup>4</sup> suggested a strong correlation of decrease in medical consultation to fear of infection.<sup>4</sup> This was confirmed by many other international studies,<sup>6-9</sup> such as Nogueira *et al*,<sup>9</sup> revealing this effect in '40 countries across 6 continents'.<sup>9</sup> Willms *et al*,<sup>13</sup> however, suggested that (1) stricter selection criteria



**Figure 2** Overview of relative case numbers (%) by age categories in 2019 (line chart) and 2020 (bar chart). Representing the distribution of relative case numbers over the predefined period in 2019 and 2020. The data are stratified into age categories, each spanning 10-year intervals. The y-axis represents the percentage of cases relative to the age groups (x-axis). Notably, 2020 is marked as the year of the first stringent COVID-19 lockdown in Germany. The line chart showcases trends in 2019, while the bar chart illustrates the impact of the lockdown on case distribution across different age groups in 2020. In this figure, the left margin displays statistical measures associated with the corresponding regression analyses in predicting case acuity using 'age categories' and the 'period of time' as independent variables.

**Table 2** Sex-specific impact of the lockdown on case acuity and mean age

| Sex    | Acuity  | Number of cases |            |              | P value      | Age         |                   | P value |
|--------|---------|-----------------|------------|--------------|--------------|-------------|-------------------|---------|
|        |         | Prelockdown     | Lockdown   | $\Delta$ (%) |              | Prelockdown | Lockdown          |         |
| Female | A0      | 239 (42%)       | 126 (33%)  | -47          | <b>0.009</b> | 53.7±22.3   | 56.2±20.8         | >0.05   |
|        | A1      | 223 (39%)       | 160 (41%)  | -28          |              | 65.5±18.9   | 63.6±21.9         |         |
|        | A2      | 77 (14%)        | 73 (19%)   | -5           |              | 68.6±19.6   | <b>70.3±18.3*</b> |         |
|        | Missing | 26 (5%)         | 27 (7%)    | +4           |              | —           | —                 |         |
|        | Sum     | 565 (100%)      | 386 (100%) | -32          | <b>0.025</b> | —           | —                 |         |
| Male   | A0      | 220 (37%)       | 167 (33%)  | -24          | <b>0.05</b>  | 56.2±20.6   | 55.3±20.2         | >0.05   |
|        | A1      | 251 (42%)       | 251 (50%)  | 0            |              | 64.3±18.7   | 64.6±18.3         |         |
|        | A2      | 100 (17%)       | 70 (14%)   | -30          |              | 64.7±20.1   | <b>64.7±18.0*</b> |         |
|        | Missing | 22 (4%)         | 10 (3%)    | -54          |              | —           | —                 |         |
|        | Sum     | 593 (100%)      | 498 (100%) | 16           | <b>0.025</b> | —           | —                 |         |

Sex-specific case acuity regarding to the number of cases and the patients' age, including not acute (A0), subacute (A1) and acute cases (A2), stratified for the period of time (prelockdown in 2019 vs lockdown in 2020). The inter sex difference of age within the A2 group became highly significant by using the Kruskal-Wallis test ( $p<0.001$ ; marked with asterisks\*). Differences (in %) between the prelockdown and the lockdown period were depicted as  $\Delta$  (delta). The bold numbers indicate significant values.

\* $p<0.001$ .

**Table 3** Multiple Linear Regression Analysis estimating Case Acuity and Relevant Clinical Deterioration of Patients by using the Period of Time (PT) and Biological Age.

|                        |        | Predictor         | Regression coefficient B                             | Stand. coefficient $\beta$ | P value          | R     | R <sup>2</sup> |
|------------------------|--------|-------------------|------------------------------------------------------|----------------------------|------------------|-------|----------------|
| Acuity                 | Male   | Constant          | 0.342                                                |                            | <0.001           | 0.194 | 0.038          |
|                        |        | PT                | 0.013                                                | 0.009                      | 0.758            |       |                |
|                        |        | Age               | 0.007                                                | 0.193                      | <b>&lt;0.001</b> |       |                |
|                        |        | Model description | F (2, 1088)=21.22; p<0.001<br>Statistical power=0.99 |                            |                  |       |                |
|                        | Female | Constant          | 0.036                                                |                            | 0.696            | 0.277 | 0.077          |
|                        |        | PT                | 0.109                                                | 0.075                      | <b>0.017</b>     |       |                |
|                        |        | Age               | 0.009                                                | 0.264                      | <b>&lt;0.001</b> |       |                |
|                        |        | Model description | F (2, 948)=39.32; p<0.001<br>Statistical power=1     |                            |                  |       |                |
| Relevant deterioration | Male   | Constant          | 0.253                                                |                            | <0.001           | 0.154 | 0.019          |
|                        |        | PT                | 0.025                                                | 0.025                      | 0.41             |       |                |
|                        |        | Age               | 0.0004                                               | 0.016                      | 0.61             |       |                |
|                        |        | Acuity            | 0.104                                                | 0.148                      | <b>&lt;0.001</b> |       |                |
|                        |        | Model description | F (3, 1054)=8.57; p<0.001<br>Statistical power=0.98  |                            |                  |       |                |
|                        | Female | Constant          | 0.261                                                |                            | <0.001           | 0.137 | 0.019          |
|                        |        | PT                | 0.047                                                | 0.048                      | 0.152            |       |                |
|                        |        | Age               | 0.000                                                | -0.011                     | 0.744            |       |                |
|                        |        | Acuity            | 0.085                                                | 0.126                      | <b>&lt;0.001</b> |       |                |
|                        |        | Model description | F (3, 894)=5.67; p<0.001<br>Statistical power=0.95   |                            |                  |       |                |

To predict (a) sex-specific acuity (A0=treatment within 72 hours to A2=treatment in less than 10 hours) and (b) the probability of relevant deterioration (D0=no; D1=1). As predictors (1) the period of time (PT; 0=preLockdown vs 1=lockdown), (2) Patients' age for both analysis were defined. To predict the prediction of deterioration the acuity was added as third predictor. The bold numbers indicate significant values.

and (2) patients (own will to) delaying medical consultations led to a significant decrease in emergency cases during the COVID-19 lockdown.<sup>13</sup> Similarly, patients with chronic diseases, such as diagnosis and active treatment for cancer, were less likely to seek medical consultations during the COVID-19 lockdown in 2020.<sup>14</sup> This trend was also observed in patients with other chronic diseases<sup>15</sup> underpinning our results regarding to the decrease in (mostly elective) MRIs and X-rays (-13% and -64%). Several studies analysing the onset of the pandemic in 2020 have observed a significant increase in anxiety and depressive disorders during and after the COVID-19 lockdown.<sup>17-21</sup> The general anxiety of contracting the virus and adherence to social distancing guidelines might have contributed to this decline in cases<sup>5 15 22</sup> leading to a higher fatality rate associated with delayed hospitalisation, Romero *et al* and Gao *et al* suggested.<sup>23 24</sup>

Although there were studies indicating that the number of strokes remained essentially stable during COVID-19, other studies suggested that COVID-19 patients were more likely to present with severe strokes and experience lower clinical outcomes at admission.<sup>33</sup> In general, the question of whether there was a significant reduction in reperfusion therapy/mechanical thrombectomy during

the first COVID-19 lockdown is highly debated. Strambo *et al*<sup>34</sup> described no significant differences in severe stroke cases among COVID-19-positive versus negative patients but noted frequent multiterritorial involvement as a characteristic of strokes in COVID-19 patients.<sup>34</sup> Nogueira *et al*<sup>8</sup> observed a significant decrease in stroke-related treatments within the first 3 months of the pandemic situation<sup>9</sup> and Qureshi *et al*<sup>35</sup> however, could not determine a significant correlation between the COVID-19 virus and the number of acute ischaemic strokes.<sup>35</sup> Alternatively, delayed hospitalisation may have contributed to the lower clinical outcomes. Jurkevičienė *et al*<sup>36</sup> found a significant difference in stroke severity, as measured by the NIHSS (National Institutes of Health Stroke Scale), between COVID-19-positive patients and the uninfected population (NIHSS with 16 vs 12 points).<sup>36</sup> They observed that higher NIHSS values in COVID-19-positive patients seemed to be unaffected by a timely and/or successful reperfusion result. Concorantly for this, Ntaios *et al*<sup>37</sup> demonstrated a positive relationship between worse functional outcomes after ischaemic stroke in COVID-19-positive patients, which could be attributable to a delayed admission.<sup>37</sup> This suggestion was supported by Sharma *et al*<sup>38</sup> and Ozkan *et al*<sup>39</sup> through their analysis of NIHSS

scores during the COVID-19 pandemic.<sup>38, 39</sup> Concomitantly, our results revealed a strong positive correlation of the case acuity at admission on the probability of deterioration at the subsequent course of hospitalisation. Furthermore, our results revealed a significant decrease in the number of A0 (−36%), A1 (−13%) and A2 (−19%) in the lockdown period compared with the previous year. In this study, in women, there was a decrease in cases with lower severity (−47% in A0 and −28% in A1), whereby the number of cases requiring immediate treatment (A2, eg, strokes or intracranial haemorrhage) remained nearly unaffected (−5%). In line with other studies, in women, the period of time (and age) seemed to significantly influence the initial acuity of for example, strokes, suggesting that women tended to wait longer with neurological symptoms in the pandemic situation compared with the prelockdown period. This could have led to the higher case acuity observed for women at admission; nevertheless, they might have sought delayed help from the healthcare system. In contrast, among men, a decrease in both not acute (−24%; A0) and severe cases (−30%; A2) was observed between the prelockdown to the lockdown period, whereby mild cases (A1) remained stable (0%). The 30% decrease in severe cases (A2) in men could be due to a refusal to seek healthcare resulting in an increased mortality rate among male citizens while dying at home.<sup>25, 26</sup>

The study had some limitations. Due to the high number of cases analysed (n=2042), we did not assign the study data to each of the three readers, which prevented us from analysing inter-rater reliability. However, the cases were randomised and equally distributed among the three readers by the same medical student. Nevertheless, reader-based parameters (individual evaluation of acuity and deterioration) could have been affected. Differences in assessments are likely due to this. To compensate for this, in case of uncertainty about the acuity of a case or relevant clinical deterioration for a single reader, a consensus reading was held. During this process, all three readers worked together to determine the case classification and its interpretation. Furthermore, the revealed influences of the multiple regression analysis are statistically significant, although small. Furthermore, the assessment of the ongoing clinical course focused on deterioration (D category). We did not anticipate significant improvement, which is why no corresponding classification was included in the study design. If relevant improvements in the clinical course were observed, these were categorised under D0 ('no relevant deterioration'). At last, no investigations were conducted regarding intrapandemic situations (eg, 2021/2022), nor were individual case tracking or disease-specific progressions pursued. Such approaches would be meaningful for future studies.

## CONCLUSIONS

The COVID-19 pandemic and subsequent lockdown had an impact on medical consultations, resulting in a

decrease in the absolute number of consultations and an increase in cases of higher acuity overall. In women, the overall number of severe cases did not change significantly, but their proportion increased due to a decline in less severe cases. As a result, the average severity and age of cases among women rose. In contrast, increased acuity at admission during the lockdown period was attributable to women, others in men. This trend may be ascribed to a heightened pandemic-related anxiety among women; however, it did not discourage them from seeking medical help for severe symptoms. Conversely, among men, there was a decrease in the total number of severe cases, and there were no significant differences in less severe cases compared with the prelockdown period. Consequently, the average severity and age among men remained relatively stable. This could indicate a lower inclination among men to seek medical consultations and might be related to higher mortality rates occurring at home, as suggested by other studies. Overall, the likelihood of a significant deterioration in findings was not further influenced by whether people were admitted during the lockdown period or not. Only a higher acuity at admission significantly increased the probability of clinical deterioration during the hospitalisation. For future pandemic and lockdown situations, it is advisable to develop a contactless method to assess peoples' clinical symptoms for their acuity, potentially justifying hospital admission even during night-time. This approach would aim to prevent missing acute situations where potential harm could still be effectively mitigated. The aim should be to avoid future situations where individuals refrain from seeking medical assistance due to fear of potential penalties or infections.

**Contributors** Conceptualisation, NH, MM-E and MAB; methodology, MM-E, SRR and MAB; software, SRR and MAB; validation, SRR, MAB and NH; formal analysis, SRR and MAB; investigation, NH and MM-E; resources, MAB; data curation, SRR, CB and MAB; writing—original draft preparation, SRR, MAB, NFG and NH; writing—review and editing, SRR, NFG, AEO, CB and MAB; visualisation, SRR and MAB; supervision, MAB; project administration, MAB; content guarantor: MAB. All authors have read and agreed to the published version of the manuscript.

**Funding** The authors have not declared a specific grant for this research from any funding agency in the public, commercial or not-for-profit sectors.

**Competing interests** None declared.

**Patient and public involvement** Patients and/or the public were involved in the design, or conduct, or reporting, or dissemination plans of this research. Refer to the Methods section for further details.

**Patient consent for publication** Not applicable.

**Ethics approval** This study involves human participants and the study was performed in accordance with the ethical standards as laid down in the 1964 Declaration of Helsinki and its later amendments or comparable ethical standards and ethical approval was waived by the local ethics committee due to the retrospective nature of the study and all the procedures being performed were part of the routine care and data analyses were reported anonymously. When admitted to hospital, the participants gave their informed consent to the future retrospective use and publication of their anonymized data for scientific purposes.

**Provenance and peer review** Not commissioned; externally peer reviewed.

**Data availability statement** Data are available on reasonable request. Data are available at the Department of Neuroradiology at the University Medical Mainz. Inquiries have to be sent to the director (MAB). Each request should be based on a scientific hypothesis and reviewed by a (local) ethical committee. Any request must

be made in writing. Data will be saved for 10 years after publishing (according to GCP guidelines).

**Supplemental material** This content has been supplied by the author(s). It has not been vetted by BMJ Publishing Group Limited (BMJ) and may not have been peer-reviewed. Any opinions or recommendations discussed are solely those of the author(s) and are not endorsed by BMJ. BMJ disclaims all liability and responsibility arising from any reliance placed on the content. Where the content includes any translated material, BMJ does not warrant the accuracy and reliability of the translations (including but not limited to local regulations, clinical guidelines, terminology, drug names and drug dosages), and is not responsible for any error and/or omissions arising from translation and adaptation or otherwise.

**Open access** This is an open access article distributed in accordance with the Creative Commons Attribution Non Commercial (CC BY-NC 4.0) license, which permits others to distribute, remix, adapt, build upon this work non-commercially, and license their derivative works on different terms, provided the original work is properly cited, appropriate credit is given, any changes made indicated, and the use is non-commercial. See: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>.

#### ORCID iD

Sebastian R Reder <http://orcid.org/0000-0002-4193-9976>

#### REFERENCES

- Nieuwkamp DJ, Setz LE, Algra A, et al. Changes in case fatality of aneurysmal subarachnoid haemorrhage over time, according to age, sex, and region: a meta-analysis. *Lancet Neurol* 2009;8:635–42.
- Corona-Chronologie: März 2020: NDR. 2020. Available: <https://www.ndr.de/nachrichten/info/Chronologie-zur-Corona-Krise-in-Norddeutschland.coronachronologie114.html> [Accessed 13 Feb 2024].
- Günster C, Drogan D, Hentschler C, et al. *WidO-Report: Entwicklung der Krankenhausfallzahlen während des Coronavirus-Lockdowns*. 2020.
- Pfaff JAR, Harlan ME, Pfaff G, et al. Neurological emergency consultations during the first year of the COVID-19 pandemic. *Neurol Res Pract* 2021;3.
- Hoyer C, Ebert A, Huttner HB, et al. Acute stroke in times of the COVID-19 pandemic: a multicenter study. *Stroke* 2020;51:2224–7.
- Nourazari S, Davis SR, Granovsky R, et al. Decreased hospital admissions through emergency departments during the COVID-19 pandemic. *The American Journal of Emergency Medicine* 2021;42:203–10.
- Uchino K, Koikonda MK, Brown D, et al. Decline in stroke presentations during COVID-19 surge. *Stroke* 2020;51:2544–7.
- Altersberger VL, Stolze LJ, Heldner MR, et al. Maintenance of acute stroke care service during the COVID-19 pandemic lockdown. *Stroke* 2021;52:1693–701.
- Nogueira RG, Abdalkader M, Qureshi MM, et al. Global impact of COVID-19 on stroke care. *Int J Stroke* 2021;16:573–84.
- Hunger R, König V, Stiller R, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on delays in surgical procedures in Germany: a multicenter analysis of an administrative Registry of 176,783 patients. *Patient Saf Surg* 2022.
- Reichardt P, Bollmann A, Hohenstein S, et al. Decreased incidence of oncology admissions in 75 Helios hospitals in Germany during the COVID-19 pandemic. *Oncol Res Treat* 2021;44:71–5.
- Gil C, Beyer-Bergeot L, Sabbagh C, et al. Impact of the first wave of COVID-19 Epidem on the surgical management of sigmoid Diverticular disease in France: national French retrospective study. *Int J Colorectal Dis* 2023;38.
- Willms AG, Oldhafer KJ, Conze S, et al. Appendicitis during the COVID-19 Lockdown: results of a multicenter analysis in Germany. *Langenbecks Arch Surg* 2021;406:367–75.
- Bargon CA, Batenburg MCT, van Stam LE, et al. Impact of the COVID-19 pandemic on patient-reported outcomes of breast cancer patients and survivors. *JNCI Cancer Spectr* 2021;5.
- Chudasama YV, Gillies CL, Zaccardi F, et al. Impact of COVID-19 on routine care for chronic diseases: a global survey of views from Healthcare professionals. *Diabetes Metab Syndr* 2020;14:965–7.
- van Ballegooijen H, Goossens L, Bruin RH, et al. Concerns, quality of life, access to care and productivity of the general population during the first 8 weeks of the Coronavirus Lockdown in Belgium and the Netherlands. *BMC Health Serv Res* 2021;21.
- Huang Y, Zhao N. Generalized anxiety disorder, depressive symptoms and sleep quality during COVID-19 outbreak in China: a web-based cross-sectional survey. *Psychiatry Res* 2020;288.
- Hwang T-J, Rabheru K, Peisah C, et al. Loneliness and social isolation during the COVID-19 pandemic. *Int Psychogeriatr* 2020;32:1217–20.
- Schäfer KM, Lieberman A, Sever AC, et al. Prevalence rates of anxiety, depressive, and eating pathology symptoms between the pre-and peri-COVID-19 eras: A meta-analysis. *J Affect Disord* 2022;298(Pt A):364–72.
- Robinson E, Sutin AR, Daly M, et al. A systematic review and meta-analysis of longitudinal cohort studies comparing mental health before versus during the COVID-19 pandemic in 2020. *J Affect Disord* 2022;296:567–76.
- Santomauro DF, Mantilla I, Ilerera AM, Shadid J, et al. Global prevalence and burden of depressive and anxiety disorders in 204 countries and territories in 2020 due to the COVID-19 pandemic. *The Lancet* 2021;398:1700–12.
- Rudilosso S, Laredo C, Vera V, et al. Acute stroke care is at risk in the era of COVID-19: experience at a comprehensive stroke center in Barcelona. *Stroke* 2020;51:1991–5.
- Romero J, Valencia S, Guerrero A. Acute Appendicitis during Coronavirus disease 2019 (COVID-19): changes in clinical presentation and CT findings. *J Am Coll Radiol* 2020;17:1011–3.
- Gao Z, Li M, Zhou H, et al. Complicated Appendicitis are common during the epidemic period of 2019 novel Coronavirus (2019-nCoV). *Asian J Surg* 2020;43:1002–5.
- Porter A, Brown CC, Tilford JM, et al. Association of the COVID-19 pandemic and dying at home due to ischemic heart disease. *Preventive Medicine* 2021;153:106818.
- Seifi A, Stowers JA, Behrouz R. Fewer hospital visits for acute stroke and acute coronary syndrome during the COVID-19 pandemic: A reality or a myth? *J Neurol Res* 2020;10:63–5.
- Universitätsmedizin Mainz. Daten und Fakten. Available: <https://www.unimedizin-mainz.de/ueber-uns/daten-und-fakten.html> [Accessed 13 Feb 2024].
- Neurochirurgische Klinik und Poliklinik - Die Klinik. Available: <https://www.unimedizin-mainz.de/neurochirurgie/klinik-und-team/die-klinik.html> [Accessed 13 Feb 2024].
- Willkommen in der Neurologie Mainz: University Medical Center of the Johannes Gutenberg-University Mainz. Available: [https://www.unimedizin-mainz.de/fileadmin/kliniken/neurologie/Dokumente/Flyer\\_Willkommen\\_in\\_der\\_Neurologie\\_31102012\\_lay.pdf](https://www.unimedizin-mainz.de/fileadmin/kliniken/neurologie/Dokumente/Flyer_Willkommen_in_der_Neurologie_31102012_lay.pdf) [Accessed 13 Feb 2024].
- Hammerich W. Statistikguru: Poweranalyse und Stichprobenberechnung Für regression. 2019. Available: <https://statistikguru.de/rechner/poweranalyse-regression.html> [Accessed 13 Feb 2024].
- Hop JW, Rinkel GJ, Algra A, et al. Case-fatality rates and functional outcome after subarachnoid hemorrhage: a systematic review. *Stroke* 1997;28:660–4.
- Hayes AF, Montoya AK, Rockwood NJ. The analysis of mechanisms and their contingencies: PROCESS versus structural equation modeling. *Australasian Marketing Journal* 2017;25:76–81.
- Fuentes B, Alonso de Lecina M, García-Madróna S, et al. Stroke acute management and outcomes during the COVID-19 outbreak: a cohort study from the Madrid stroke network. *Stroke* 2021;52:552–62.
- Strambo D, De Marchis GM, Bonati LH, et al. Ischemic stroke in COVID-19 patients: mechanisms, treatment, and outcomes in a consecutive Swiss stroke Registry analysis. *Eur J Neurol* 2022;29:732–43.
- Qureshi AI, Baskett WL, Huang W, et al. Acute ischemic stroke and COVID-19: an analysis of 27 676 patients. *Stroke* 2021;52:905–12.
- Jurkeviciene J, Vaisvilas M, Masiliunas R, et al. Reperfusion therapies for acute ischemic stroke in COVID-19 patients: A nationwide multicenter study. *J Clin Med* 2022;11.
- Nraios G, Michel P, Georgiopoulos G, et al. Characteristics and outcomes in patients with COVID-19 and acute ischemic stroke: the global COVID-19 stroke Registry. *Stroke* 2020;51:e254–8.
- Sharma M, Lioutas V-A, Madsen T, et al. Decline in stroke alerts and Hospitalisations during the COVID-19 pandemic. *Stroke Vasc Neuro* 2020;5:403–5.
- Ozkan H, Ambler G, Banerjee G, et al. The impact of the UK COVID-19 pandemic on patient-reported health outcomes after stroke: A retrospective sequential comparison. *J Neurol* 2022;269:1741–50.

---

## 8. Anhang

### Literaturverzeichnis

1. Chakraborty C, Sharma AR, Sharma G, Bhattacharya M, Lee SS. SARS-CoV-2 causing pneumonia-associated respiratory disorder (COVID-19): diagnostic and proposed therapeutic options. *Eur Rev Med Pharmacol Sci*. 2020;24(7):4016-26.
2. Fransen PS, Beumer D, Berkhemer OA, van den Berg LA, Lingsma H, van der Lugt A, et al. MR CLEAN, a multicenter randomized clinical trial of endovascular treatment for acute ischemic stroke in the Netherlands: study protocol for a randomized controlled trial. *Trials*. 2014;15:343.
3. Nogueira RG, Haussen DC, Liebeskind DS, Jovin TG, Gupta R, Saver JL, et al. Clinical effectiveness of endovascular stroke treatment in the early and extended time windows. *Int J Stroke*. 2021:17474930211005740.
4. Boers AMM, Jansen IGH, Brown S, Lingsma HF, Beenen LFM, Devlin TG, et al. Mediation of the Relationship Between Endovascular Therapy and Functional Outcome by Follow-up Infarct Volume in Patients With Acute Ischemic Stroke. *JAMA Neurol*. 2019;76(2):194-202.
5. Amt A. COVID-19 - Information für Beschäftigte und Reisende, Gesundheitsdienst, Editor. 2020: Auswärtiges Amt; [2020:[ [www.auswaertiges-amt.de](http://www.auswaertiges-amt.de)].
6. Corona: Krankenhäuser sollen ab Montag alle planbaren Eingriffe verschieben [press release]. *Ärzteblatt.*, 2020.
7. Bull JW. The history of neuroradiology. *Proc R Soc Med*. 1970;63(6):637-43.
8. Alper MG. Three pioneers in the early history of neuroradiology: the Snyder lecture. *Doc Ophthalmol*. 1999;98(1):29-49.
9. Hoeffner EG, Mukherji SK, Srinivasan A, Quint DJ. Neuroradiology back to the future: brain imaging. *AJNR Am J Neuroradiol*. 2012;33(1):5-11.
10. Castillo M. History and evolution of brain tumor imaging: insights through radiology. *Radiology*. 2014;273(2 Suppl):S111-25.
11. Zanella F. Geschichte der Neuroradiologie in Deutschland.
12. Powers WJ, Rabinstein AA, Ackerson T, Adeoye OM, Bambakidis NC, Becker K, et al. Guidelines for the Early Management of Patients With Acute Ischemic Stroke: 2019 Update to the 2018 Guidelines for the Early Management of Acute Ischemic Stroke: A Guideline for Healthcare Professionals From the American Heart Association/American Stroke Association. *Stroke*. 2019;50(12):e344-e418.
13. Gemmete JJ, Pandey AS, Kasten SJ, Chaudhary N. Endovascular methods for the treatment of vascular anomalies. *Neuroimaging Clin N Am*. 2013;23(4):703-28.

- 
14. Roychoudhury S, Das A, Sengupta P, Dutta S, Roychoudhury S, Choudhury AP, et al. Viral Pandemics of the Last Four Decades: Pathophysiology, Health Impacts and Perspectives. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(24).
  15. Morens DM, Daszak P, Markel H, Taubenberger JK. Pandemic COVID-19 Joins History's Pandemic Legion. *mBio*. 2020;11(3).
  16. Taubenberger JK, Morens DM. 1918 Influenza: the mother of all pandemics. *Emerg Infect Dis*. 2006;12(1):15-22.
  17. Jacob ST, Crozier I, Fischer WA, 2nd, Hewlett A, Kraft CS, Vega MA, et al. Ebola virus disease. *Nat Rev Dis Primers*. 2020;6(1):13.
  18. WHO. Ebola virus disease 2021 [Available from: <https://www.who.int/en/news-room/fact-sheets/detail/ebola-virus-disease>].
  19. RKI. HIV-Infektion/AIDS - RKI-Ratgeber 2018 [Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber\\_HIV\\_AIDS.html;jsessionid=32BA985B0676E30C00FE82C8625A6FB4.internet071#doc2374480bodyText3](https://www.rki.de/DE/Content/Infekt/EpidBull/Merkblaetter/Ratgeber_HIV_AIDS.html;jsessionid=32BA985B0676E30C00FE82C8625A6FB4.internet071#doc2374480bodyText3)].
  20. Tchounga B, Ekouevi DK, Balestre E, Dabis F. Mortality and survival patterns of people living with HIV-2. *Curr Opin HIV AIDS*. 2016;11(5):537-44.
  21. RKI. Informationen des RKI zu MERS-Coronavirus 2019 [Available from: [https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/M/MERS\\_Coronavirus/MERS-CoV.html](https://www.rki.de/DE/Content/InfAZ/M/MERS_Coronavirus/MERS-CoV.html)].
  22. Mackay IM, Arden KE. MERS coronavirus: diagnostics, epidemiology and transmission. *Virol J*. 2015;12:222.
  23. Data OWi. Coronavirus Pandemic (COVID-19) – the data. 2021.
  24. Zhu N, Zhang D, Wang W, Li X, Yang B, Song J, et al. A Novel Coronavirus from Patients with Pneumonia in China, 2019. *N Engl J Med*. 2020;382(8):727-33.
  25. Morgenpost B. Corona-Zahlen aktuell - Karte für Deutschland und weltweit 2020 [Available from: <https://interaktiv.morgenpost.de/corona-virus-karte-infektionen-deutschland-weltweit/>].
  26. Jin YH, Cai L, Cheng ZS, Cheng H, Deng T, Fan YP, et al. A rapid advice guideline for the diagnosis and treatment of 2019 novel coronavirus (2019-nCoV) infected pneumonia (standard version). *Mil Med Res*. 2020;7(1):4.
  27. Worobey M, Pekar J, Larsen BB, Nelson MI, Hill V, Joy JB, et al. The emergence of SARS-CoV-2 in Europe and North America. *Science*. 2020;370(6516):564-70.
  28. Oude Munnink BB, Worp N, Nieuwenhuijse DF, Sikkema RS, Haagmans B, Fouchier RAM, et al. The next phase of SARS-CoV-2 surveillance: real-time molecular epidemiology. *Nat Med*. 2021;27(9):1518-24.
  29. Șoitu CT, Grecu SP, Asiminei R. Health Security, Quality of Life and Democracy during the COVID-19 Pandemic: Comparative Approach in the EU-27 Countries. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(21).

- 
30. Altig D, Baker S, Barrero JM, Bloom N, Bunn P, Chen S, et al. Economic uncertainty before and during the COVID-19 pandemic. *J Public Econ*. 2020;191:104274.
31. Bundesgesundheitsministerium. Chronik aller Entwicklungen im Kampf gegen COVID-19 (Coronavirus SARS-CoV-2) und der dazugehörigen Maßnahmen des Bundesgesundheitsministeriums 2023 [updated 15. Februar 2023. Available from: <https://www.bundesgesundheitsministerium.de/coronavirus/chronik-coronavirus.html>.
32. Bayerisches Landesamt für Gesundheit und Lebensmittelsicherheit RK-I. Beschreibung des bisherigen Ausbruchsgeschehens mit dem neuartigen Coronavirus SARS-CoV-2 in Deutschland (Stand: 12. Februar 2020). . 2020.
33. Allgemeinverfügung zur Zulassung 2-Propanol-haltiger Biozidprodukte zur hygienischen Händedesinfektion aufgrund einer Gefahr für die öffentliche Gesundheit, (2020).
34. Spahn. Coronavirus-Pandemie (SARS-CoV-2): Chronik bisheriger Maßnahmen und Ereignisse. Bundesministerium für Gesundheit; 2020-2021.
35. Günster CD, D.; Hentschker, C.; Klauber, J.; Malzahn, J.; Schillinger, G.; Mostert, C.J.N.I.-D.u.a.B. WIdO-Report: Entwicklung der Krankenhausfallzahlen während des Coronavirus-Lockdowns.; 2020.
36. Corona-Pandemie / Bayern ruft den Katastrophenfall aus / Veranstaltungsverbote und Betriebsuntersagungen [press release]. 16. März 2020.
37. Deutscher\_Bundestag. Ja zu Gesetzen zum Bevölkerungs- und Sozialschutz und zu Kranken-häuser-n. 2020.
38. Richter D, Eyding J, Weber R, Bartig D, Grau A, Hacke W, et al. Analysis of Nationwide Stroke Patient Care in Times of COVID-19 Pandemic in Germany. *Stroke*. 2021;52(2):716-21.
39. Pfaff JAR, Harlan ME, Pfaff G, Hubert A, Bendszus M. Neuroradiological emergency consultations during the first year of the COVID-19 pandemic. *Neurol Res Pract*. 2021;3(1):47.
40. Apisarnthanarak A, Siripaparat C, Apisarnthanarak P, Ullman M, Saengaram P, Leeprechanon N, et al. Patients' anxiety, fear, and panic related to coronavirus disease 2019 (COVID-19) and confidence in hospital infection control policy in outpatient departments: A survey from four Thai hospitals. *Infect Control Hosp Epidemiol*. 2021;42(10):1288-90.
41. Nicomedes CJC, Avila RMA. An analysis on the panic during COVID-19 pandemic through an online form. *J Affect Disord*. 2020;276:14-22.
42. Peine A, Paffenholz P, Martin L, Dohmen S, Marx G, Loosen SH. Telemedicine in Germany During the COVID-19 Pandemic: Multi-Professional National Survey. *J Med Internet Res*. 2020;22(8):e19745.
43. Rosenbaum L. The Untold Toll - The Pandemic's Effects on Patients without Covid-19. *N Engl J Med*. 2020;382(24):2368-71.

- 
44. Green CA, Johnson KM, Yarborough BJ. Seeking, delaying, and avoiding routine health care services: patient perspectives. *Am J Health Promot.* 2014;28(5):286-93.
45. Hoyer C, Ebert A, Huttner HB, Puetz V, Kallmünzer B, Barlinn K, et al. Acute Stroke in Times of the COVID-19 Pandemic: A Multicenter Study. *Stroke.* 2020;51(7):2224-7.
46. Nogueira RG, Abdalkader M, Qureshi MM, Frankel MR, Mansour OY, Yamagami H, et al. Global impact of COVID-19 on stroke care. *Int J Stroke.* 2021;16(5):573-84.
47. Nourazari S, Davis SR, Granovsky R, Austin R, Straff DJ, Joseph JW, et al. Decreased hospital admissions through emergency departments during the COVID-19 pandemic. *Am J Emerg Med.* 2021;42:203-10.
48. Uchino K, Kolikonda MK, Brown D, Kovi S, Collins D, Khawaja Z, et al. Decline in Stroke Presentations During COVID-19 Surge. *Stroke.* 2020;51(8):2544-7.
49. Altersberger VL, Stolze LJ, Heldner MR, Henon H, Martinez-Majander N, Hametner C, et al. Maintenance of Acute Stroke Care Service During the COVID-19 Pandemic Lockdown. *Stroke.* 2021;52(5):1693-701.
50. De Luca G, Verdoia M, Cercek M, Jensen LO, Vavlukis M, Calmac L, et al. Impact of COVID-19 Pandemic on Mechanical Reperfusion for Patients With STEMI. *J Am Coll Cardiol.* 2020;76(20):2321-30.
51. Adelhoefer S, Henry TS, Blankstein R, Graham G, Blaha MJ, Dzaye O. Declining interest in clinical imaging during the COVID-19 pandemic: An analysis of Google Trends data. *Clin Imaging.* 2020;73:20-2.
52. Jasne AS, Chojecka P, Maran I, Mageid R, Eldokmak M, Zhang Q, et al. Stroke Code Presentations, Interventions, and Outcomes Before and During the COVID-19 Pandemic. *Stroke.* 2020;51(9):2664-73.
53. Chou R, Qaseem A, Owens DK, Shekelle P. Diagnostic imaging for low back pain: advice for high-value health care from the American College of Physicians. *Ann Intern Med.* 2011;154(3):181-9.
54. Reiser MK, Fritz-Peter ; Debus, Jürgen. *Duale Reihe Radiologie.* Stuttgart: Georg Thieme Verlag 2011.
55. Schulthess GKv. *Röntgen, Computertomografie & Co. - Wie funktioniert medizinische Bildgebung?:* Springer-Verlag (Berlin Heidelberg New York); 2016.
56. *Universitätsmedizin\_der\_Johannes\_Gutenberg-Universität\_Mainz.* Konventionelle Röntgenuntersuchung [updated 23.09.2022. Available from: <https://www.unimedizin-mainz.de/neuroradiologie/infos-fuer-patienten/konventionelle-roentgenuntersuchung.html>.
57. Václavík D, Volný O, Cimřlová P, Švub K, Dvorníková K, Bar M. The importance of CT perfusion for diagnosis and treatment of ischemic stroke in anterior circulation. *J Integr Neurosci.* 2022;21(3):92.

- 
58. Frey C, Hazenfield JM. Essentials of Head Trauma Imaging. *Semin Ultrasound CT MR*. 2018;39(5):469-80.
  59. Gibby WA. Basic principles of magnetic resonance imaging. *Neurosurg Clin N Am*. 2005;16(1):1-64.
  60. Pooley RA. AAPM/RSNA physics tutorial for residents: fundamental physics of MR imaging. *Radiographics*. 2005;25(4):1087-99.
  61. Martinez-Heras E, Grussu F, Prados F, Solana E, Llufríu S. Diffusion-Weighted Imaging: Recent Advances and Applications. *Semin Ultrasound CT MR*. 2021;42(5):490-506.
  62. Murphy EA, Ross RA, Jones RG, Gandy SJ, Aristokleous N, Salsano M, et al. Imaging in Vascular Access. *Cardiovasc Eng Technol*. 2017;8(3):255-72.
  63. Seldinger SI. Catheter replacement of the needle in percutaneous arteriography; a new technique. *Acta radiol*. 1953;39(5):368-76.
  64. Dattalo P. Analysis of Multiple Dependent Variables (Pocket Guides to Social Work Research Methods). Oxford University Press, USA. 2013.
  65. Pituch KA, & Stevens, J. P. Applied Multivariate Statistics for the Social Sciences (6th ed.). Routledge. 2019.
  66. Hayes AF MA, Rockwood NJ. The analysis of mechanisms and their contingencies: PROCESS versus structural equation modeling. *Australasian Marketing Journal (AMJ)*. 2017;25(1):76-81.
  67. Liao CT, Chen ZC, Chang WT. The Impact of COVID-19 on Elective Cardiovascular Procedures in Taiwan - A Single-Center Experience. *Acta Cardiol Sin*. 2021;37(1):97-9.
  68. Scholz KH, Lengenfelder B, Thilo C, Jeron A, Stefanow S, Janssens U, et al. Impact of COVID-19 outbreak on regional STEMI care in Germany. *Clin Res Cardiol*. 2020;109(12):1511-21.
  69. Nguyen-Huynh MN, Tang XN, Vinson DR, Flint AC, Alexander JG, Meighan M, et al. Acute Stroke Presentation, Care, and Outcomes in Community Hospitals in Northern California During the COVID-19 Pandemic. *Stroke*. 2020;51(10):2918-24.
  70. Lantelme P, Couray Targe S, Metral P, Bochaton T, Ranc S, Le Bourhis Zaimi M, et al. Worrying decrease in hospital admissions for myocardial infarction during the COVID-19 pandemic. *Arch Cardiovasc Dis*. 2020;113(6-7):443-7.
  71. Pasarikovski CR, da Costa L. The Impact of the Covid-19 Pandemic on Stroke Volume. *Can J Neurol Sci*. 2020;47(6):847-8.
  72. Qureshi AI, Baskett WI, Huang W, Shyu D, Myers D, Raju M, et al. Acute Ischemic Stroke and COVID-19: An Analysis of 27 676 Patients. *Stroke*. 2021;52(3):905-12.

- 
73. Morelli N, Rota E, Terracciano C, Immovilli P, Spallazzi M, Colombi D, et al. The Baffling Case of Ischemic Stroke Disappearance from the Casualty Department in the COVID-19 Era. *Eur Neurol.* 2020;83(2):213-5.
74. Bersano A, Kraemer M, Touzé E, Weber R, Alamowitch S, Sibon I, et al. Stroke care during the COVID-19 pandemic: experience from three large European countries. *Eur J Neurol.* 2020;27(9):1794-800.
75. Severino P, D'Amato A, Saglietto A, D'Ascenzo F, Marini C, Schiavone M, et al. Reduction in heart failure hospitalization rate during coronavirus disease 19 pandemic outbreak. *ESC Heart Fail.* 2020;7(6):4182-8.
76. Fast 6 Millionen ältere Menschen leben allein [press release]. 29.September 2021.
77. Islam N, Shkolnikov VM, Acosta RJ, Klimkin I, Kawachi I, Irizarry RA, et al. Excess deaths associated with covid-19 pandemic in 2020: age and sex disaggregated time series analysis in 29 high income countries. *Bmj.* 2021;373:n1137.
78. Karlinsky A, Kobak D. Tracking excess mortality across countries during the COVID-19 pandemic with the World Mortality Dataset. *Elife.* 2021;10.
79. Cerda Thomas R. [Excess mortality during the COVID-19 pandemic, a narrative review]. *Rev Med Chil.* 2020;148(11):1647-51.
80. Galasso V, Pons V, Profeta P, Becher M, Brouard S, Foucault M. Gender differences in COVID-19 attitudes and behavior: Panel evidence from eight countries. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* 2020;117(44):27285-91.
81. Solomou I, Constantinidou F. Prevalence and Predictors of Anxiety and Depression Symptoms during the COVID-19 Pandemic and Compliance with Precautionary Measures: Age and Sex Matter. *Int J Environ Res Public Health.* 2020;17(14).
82. Chanana N, Palmo T, Sharma K, Kumar R, Graham BB, Pasha Q. Sex-derived attributes contributing to SARS-CoV-2 mortality. *Am J Physiol Endocrinol Metab.* 2020;319(3):E562-e7.
83. Mauvais-Jarvis F, Bairey Merz N, Barnes PJ, Brinton RD, Carrero JJ, DeMeo DL, et al. Sex and gender: modifiers of health, disease, and medicine. *Lancet.* 2020;396(10250):565-82.
84. Gazerani P, Aloisi AM, Ueda H. Editorial: Differences in Pain Biology, Perception, and Coping Strategies: Towards Sex and Gender Specific Treatments. *Front Neurosci.* 2021;15:697285.
85. El-Shormilisy N, Strong J, Meredith PJ. Associations between gender, coping patterns and functioning for individuals with chronic pain: a systematic review. *Pain Res Manag.* 2015;20(1):48-55.
86. Ferentzi E, Geiger M, Mai-Lippold SA, Köteles F, Montag C, Pollatos O. Interaction Between Sex and Cardiac Interoceptive Accuracy in Measures of Induced Pain. *Front Psychol.* 2020;11:577961.

- 
87. Galdas PM, Cheater F, Marshall P. Men and health help-seeking behaviour: literature review. *J Adv Nurs*. 2005;49(6):616-23.
  88. Cherepanov D, Palta M, Fryback DG, Robert SA. Gender differences in health-related quality-of-life are partly explained by sociodemographic and socioeconomic variation between adult men and women in the US: evidence from four US nationally representative data sets. *Qual Life Res*. 2010;19(8):1115-24.
  89. Crimmins EM, Kim JK, Solé-Auró A. Gender differences in health: results from SHARE, ELSA and HRS. *Eur J Public Health*. 2011;21(1):81-91.
  90. Knell G, Robertson MC, Dooley EE, Burford K, Mendez KS. Health Behavior Changes During COVID-19 Pandemic and Subsequent "Stay-at-Home" Orders. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(17).
  91. Nielsen MW, Stefanick ML, Peragine D, Neilands TB, Ioannidis JPA, Pilote L, et al. Gender-related variables for health research. *Biol Sex Differ*. 2021;12(1):23.
  92. Goetz LH, Schork NJ. Personalized medicine: motivation, challenges, and progress. *Fertil Steril*. 2018;109(6):952-63.
  93. Richardson S, Hirsch JS, Narasimhan M, Crawford JM, McGinn T, Davidson KW, et al. Presenting Characteristics, Comorbidities, and Outcomes Among 5700 Patients Hospitalized With COVID-19 in the New York City Area. *Jama*. 2020;323(20):2052-9.
  94. Reeves MJ, Bushnell CD, Howard G, Gargano JW, Duncan PW, Lynch G, et al. Sex differences in stroke: epidemiology, clinical presentation, medical care, and outcomes. *Lancet Neurol*. 2008;7(10):915-26.
  95. Rothwell PM, Coull AJ, Silver LE, Fairhead JF, Giles MF, Lovelock CE, et al. Population-based study of event-rate, incidence, case fatality, and mortality for all acute vascular events in all arterial territories (Oxford Vascular Study). *Lancet*. 2005;366(9499):1773-83.
  96. Lofmark U, Hammarstrom A. Evidence for age-dependent education-related differences in men and women with first-ever stroke. Results from a community-based incidence study in northern Sweden. *Neuroepidemiology*. 2007;28(3):135-41.
  97. Phan HT, Gall SL, Blizzard CL, Lannin NA, Thrift AG, Anderson CS, et al. Sex differences in quality of life after stroke were explained by patient factors, not clinical care: evidence from the Australian Stroke Clinical Registry. *Eur J Neurol*. 2021;28(2):469-78.
  98. Shobha N, Sylaja PN, Kapral MK, Fang J, Hill MD. Differences in stroke outcome based on sex. *Neurology*. 2010;74(9):767-71.
  99. Foerch C, Misselwitz B, Humpich M, Steinmetz H, Neumann-Haefelin T, Sitzer M. Sex disparity in the access of elderly patients to acute stroke care. *Stroke*. 2007;38(7):2123-6.
  100. Berglund A, Schenck-Gustafsson K, von Euler M. Sex differences in the presentation of stroke. *Maturitas*. 2017;99:47-50.

- 
101. Roquer J, Campello AR, Gomis M. Sex differences in first-ever acute stroke. *Stroke*. 2003;34(7):1581-5.
102. zdf\_und\_WISO. Schlaganfall rechtzeitig erkennen, <https://bit.ly/3XuiUkB>. 2020.
103. Branyan TE, Sohrabji F. Sex differences in stroke co-morbidities. *Exp Neurol*. 2020;332:113384.
104. Gu Q, Burt VL, Paulose-Ram R, Dillon CF. Gender differences in hypertension treatment, drug utilization patterns, and blood pressure control among US adults with hypertension: data from the National Health and Nutrition Examination Survey 1999-2004. *Am J Hypertens*. 2008;21(7):789-98.
105. Gueyffier F, Boutitie F, Boissel JP, Pocock S, Coope J, Cutler J, et al. Effect of antihypertensive drug treatment on cardiovascular outcomes in women and men. A meta-analysis of individual patient data from randomized, controlled trials. The INDANA Investigators. *Ann Intern Med*. 1997;126(10):761-7.
106. Glader EL, Stegmayr B, Norrving B, Terént A, Hulter-Asberg K, Wester PO, et al. Sex differences in management and outcome after stroke: a Swedish national perspective. *Stroke*. 2003;34(8):1970-5.
107. Os I, Franco V, Kjeldsen SE, Manhem K, Devereux RB, Gerds E, et al. Effects of losartan in women with hypertension and left ventricular hypertrophy: results from the Losartan Intervention for Endpoint Reduction in Hypertension Study. *Hypertension*. 2008;51(4):1103-8.
108. Kent DM, Price LL, Ringleb P, Hill MD, Selker HP. Sex-based differences in response to recombinant tissue plasminogen activator in acute ischemic stroke: a pooled analysis of randomized clinical trials. *Stroke*. 2005;36(1):62-5.
109. de Ridder IR, Fransen PS, Beumer D, Berkhemer OA, van den Berg LA, Wermer MJ, et al. Is Intra-Arterial Treatment for Acute Ischemic Stroke Less Effective in Women than in Men? *Interv Neurol*. 2016;5(3-4):174-8.
110. Ringleb P. KM, Jansen O., et al.: Akuttherapie des ischämischen Schlaganfalls, S2e-Leitlinie, 2021, in: Deutsche Gesellschaft für Neurologie (Hrsg.), Leitlinien für Diagnostik und Therapie in der Neurologie. 2021 [Available from: Online: [www.dgn.org/leitlinien](http://www.dgn.org/leitlinien)
111. Hansmann KJ, Chang T. Defining the "New Normal" in Primary Care. *Ann Fam Med*. 2021;19(5):457-9.
112. Currie GM. A Lens on the Post-COVID-19 "New Normal" for Imaging Departments. *J Med Imaging Radiat Sci*. 2020;51(3):361-3.
113. RWI – Leibniz-Institut für Wirtschaftsforschung TUB. Analysen zum Leistungsgeschehen der Krankenhäuser und zur Ausgleichspauschale in der Corona-Krise. 2021.
114. De Bonis P, Cavallo MA, Sturiale CL, Martellucci C, Flacco ME, Dughiero M, et al. Incidence of hemorrhagic cerebrovascular disease due to vascular

---

malformations during the COVID-19 national quarantine in Italy. *Clin Neurol Neurosurg.* 2021;202:106503.

115. Freeman WD, Aguilar MI. Intracranial hemorrhage: diagnosis and management. *Neurol Clin.* 2012;30(1):211-40, ix.

116. Shobeirian F, Ghomi Z, Soleimani R, Mirshahi R, Sanei Taheri M. Overuse of brain CT scan for evaluating mild head trauma in adults. *Emerg Radiol.* 2021;28(2):251-7.

117. Foley J, Robinson M, Ryan J, Cronin J. Impact of a National Lockdown on Cycling Injuries. *Ir Med J.* 2021;114(7):412.

118. Chiba H, Lewis M, Benjamin ER, Jakob DA, Liasidis P, Wong MD, et al. "Safer at home": The effect of the COVID-19 lockdown on epidemiology, resource utilization, and outcomes at a large urban trauma center. *J Trauma Acute Care Surg.* 2021;90(4):708-13.

119. Keays G, Friedman D, Gagnon I. Injuries in the time of COVID-19. *Health Promot Chronic Dis Prev Can.* 2020;40(11-12):336-41.

120. Aldridge P, Parish R, Castle H, Russell E, Rout R, Singh R. Head home: implementation during COVID-19 pandemic. *Emerg Med J.* 2021;38(9):692-3.

121. Masood S, Woolner V, Yoon JH, Chartier LB. Checklist for Head Injury Management Evaluation Study (CHIMES): a quality improvement initiative to reduce imaging utilisation for head injuries in the emergency department. *BMJ Open Qual.* 2020;9(1).

122. Stiell IG, Wells GA, Vandemheen K, Clement C, Lesiuk H, Laupacis A, et al. The Canadian CT Head Rule for patients with minor head injury. *Lancet.* 2001;357(9266):1391-6.

123. Robinson JD, Gross JA, Cohen WA, Linnau KF. Operational Considerations in Emergency Radiology. *Semin Roentgenol.* 2020;55(2):83-94.

124. Rozell JM, Li S. Recognition and Appropriate Use of Magnetic Resonance Imaging for Emergent Neuroradiology. *Semin Ultrasound CT MR.* 2017;38(4):424-38.

125. Sotoudeh H, Bag AK, Brooks MD. "Code-Stroke" CT Perfusion; Challenges and Pitfalls. *Acad Radiol.* 2019;26(11):1565-79.

126. Hattingh HL, Michaleff ZA, Fawzy P, Du L, Willcocks K, Tan KM, et al. Ordering of computed tomography scans for head and cervical spine: a qualitative study exploring influences on doctors' decision-making. *BMC Health Serv Res.* 2022;22(1):790.

127. Melnick ER, Shafer K, Rodulfo N, Shi J, Hess EP, Wears RL, et al. Understanding Overuse of Computed Tomography for Minor Head Injury in the Emergency Department: A Triangulated Qualitative Study. *Acad Emerg Med.* 2015;22(12):1474-83.

128. Hadidchi S, Surento W, Lerner A, Liu CJ, Gibbs WN, Kim PE, et al. Headache and Brain Tumor. *Neuroimaging Clin N Am.* 2019;29(2):291-300.

- 
129. de Wit K, Parpia S, Varner C, Worster A, McLeod S, Clayton N, et al. Clinical Predictors of Intracranial Bleeding in Older Adults Who Have Fallen: A Cohort Study. *J Am Geriatr Soc.* 2020;68(5):970-6.
130. McKinlay A, Underwood R, Wojewodka G, Mazumder A, Kilner R, Ridsdale L. Should GPs have direct access to imaging for headache? A qualitative study of patients' views in the UK. *BMJ Open.* 2019;9(8):e029376.
131. Bundesamt S. Demografischer Wandel 2022 [Available from: [https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/\\_inhalt.html#120356](https://www.destatis.de/DE/Themen/Querschnitt/Demografischer-Wandel/_inhalt.html#120356)].
132. Chen RC, Tan TT, Chan LP. Adapting to a new normal? 5 key operational principles for a radiology service facing the COVID-19 pandemic. *Eur Radiol.* 2020;30(9):4964-7.

## Exemplarische Darstellung der händischen Befundauswertung

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                                                                                                                |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                                                                                                                                                              |  <b>UNIVERSITÄTSmedizin.</b><br>MAINZ<br>Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie                                                                            |
| Universitätsmedizin Mainz · Neuroradiologie · Langenbeckstraße 1 · 55131 Mainz                                                                                                                                                                                                                                                | <b>Direktor:</b><br>Univ.-Prof. Dr. med. Marc A. Brockmann, MSc                                                                                                                                                                                |
|                                                                                                                                                                                                                                              | <b>Hausanschrift:</b><br>Gebäude 505, 2. Etage<br>Czerny Weg, 55131 Mainz                                                                                                                                                                      |
| <div>Notaufnahme<br/>Männlicher Patient<br/>Kopf/Hals-Region untersucht<br/>u.a. mittels CTA/CTP</div>                                                                                                                                                                                                                        | <b>Telefon:</b> +49 (0) 6131 17-7139<br><b>Telefax:</b> +49 (0) 6131 17-6643<br><b>E-Mail:</b> neuroradiologie@unimedizin-mainz.de<br><br><a href="http://www.unimedizin-mainz.de/neuroradiologie">www.unimedizin-mainz.de/neuroradiologie</a> |
|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | 10.03.2020/TAN1Y /<br>Erstellungsdatum: 09.03.2020<br><br>10.03.2020                                                                                                                                                                           |
| Sehr geehrte Frau Kollegin, sehr geehrter Herr Kollege,                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |
| wir berichten über Ihren Patienten Herrn                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |
| CCT + CTA + Perfusion, 3 Ser., nat/2* KM vom 09.03.2020/20:49 Uhr                                                                                                                                                                                                                                                             |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Klinische Angaben:</b> <u>Aphasie im Zeitfenster</u>                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Fragestellung:</b> Ischämie? Blutung? Gefäßverschlüsse?                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>Befund:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Die rechtfertigende Indikation gemäß RöV §23 wurde durch eine im Strahlenschutz fachkundige A (D  gestellt.                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Native Spiral-CT von der Schädelbasis bis zum Vertex mit Ausspielung der Aufnahmen im Knochen- und Weichteilfenster und jeweils axialer und coronarer Reformation.                                                                                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                |
| CT-Perfusion über frontotemporooccipitale Hirnareale nach bolusartiger, maschineller KM-Hochdruckinjektion (40 ml Imeron 400, 5 ml/s.) mit softwaregestützter Auswertung der Aufnahmen.                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                |
| CT-Angiographie vom Aortenbogen bis zum Vertex nach bolusartiger, maschineller KM-Hochdruckinjektion (75 ml Imeron 400, 3 ml/s.) mit anschließender Ausspielung der Aufnahmen im Knochen- und Weichteilfenster und jeweils axialer, coronarer und sagittaler Reformation.                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Regelrechte Differenzierbarkeit von Mark und Rinde. Kein Nachweis einer blutungssuspekten Hyperdensitäten. Keine Ischämiefrühzeichen. Keine Infarktdemarkierung. Keine Mittellinienverlagerung. Regelrechtes Ventrikelsystem. Keine akute Liquorzirkulationsstörung. Frontotemporal betonte Hirninvolution.                   |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Die miterfassten NNH sind bis auf eine Flüssigkeitsretention in den Ethmoidalzellen regelrecht belüftet. Regelrecht belüftete Mastoidzellen. Kein Hinweis auf eine frische knöcherne Läsion. Keine Fraktur.                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>CTA:</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <u>Kurzstreckiger, akuter Verschluss eines distalen M 2/ M3 Astes links.</u> Kein weiteren Verschlüsse. Insbesondere kein Verschluss der größeren hirnersorgenden Gefäße. Regelrechte Kontrastierung der vorderen und hinteren Zirkulation. Kein Aneurysmanachweis.                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Symmetrische Halsweichteile. Homogenes Schilddrüsenparenchym. Struma nodosa rechts.                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                |
| Dieser Befundbericht wurde elektronisch erstellt und ist ohne Unterschrift(en) gültig.                                                                                                                                                                                                                                        |                                                                                                                                                                                                                                                |
| <small>UNIVERSITÄTSMEDIZIN der Johannes Gutenberg-Universität Mainz · Körperschaft des öffentlichen Rechts<br/>Langenbeckstr. 1 · 55131 Mainz · Telefon +49 (0) 6131 17-0 · <a href="http://www.unimedizin-mainz.de">www.unimedizin-mainz.de</a> · Bankverbindung: IBAN: DE83 5505 0120 0000 0000 75 BIC: MALADE51MNZ</small> |                                                                                                                                                                                                                                                |

0 = keine  
Voraufnahmen

2 = akut  
(akute Aphasie)

1 = relevantes  
Befundergebnis  
(akuter Verschluss)

0  
2  
1

## Auszug aus den Rohdaten

| Untersuchungstag | Tag kategorisiert | Uhrzeit (Q) | DOB        | Alter       | kategorisiertes Alter | Geschlecht | Modalität   | Region    | Zuweiser | Verlaufs kontrolle | Notfall | relevanter Bewund(-wandel) |
|------------------|-------------------|-------------|------------|-------------|-----------------------|------------|-------------|-----------|----------|--------------------|---------|----------------------------|
| 30.03.2019       | 20/19             | 00:38       | 11.06.1933 | 85,80277778 |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 28.03.2019       | 18/19             | 00:50       | 19.08.1963 | 55,6        |                       | 6 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 29.03.2019       | 19/19             | 00:56       | 08.01.1983 | 36,225      |                       | 4 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 22.03.2019       | 12/19             | 00:57       | 18.10.1935 | 83,4        |                       | 9 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 11.03.2019       | 1/19              | 01:31       | 27.01.1937 | 82,1        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 31.03.2019       | 21/19             | 01:49       | 29.03.1985 | 34,0        |                       | 4 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 27.03.2019       | 17/19             | 02:01       | 14.09.1951 | 67,5        |                       | 7 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 12.03.2019       | 2/19              | 02:58       | 28.05.1951 | 67,8        |                       | 7 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 12.03.2019       | 2/19              | 02:58       | 23.11.1945 | 73,3        |                       | 8 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 0                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 03:50       | 30.10.1936 | 82,4        |                       | 9 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 03:50       | 30.10.1936 | 82,4        |                       | 9 w        | Angio       | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 2       | 1                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 04:37       | 11.03.1951 | 68,0        |                       | 7 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 1                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 06:24       | 08.07.1937 | 81,7        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 21.03.2019       | 11/19             | 07:07       | 27.09.1942 | 76,5        |                       | 8 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 21.03.2019       | 11/19             | 07:11       | 22.11.1944 | 74,3        |                       | 8 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 07:14       | 23.05.1932 | 86,8        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 07:15       | 23.06.1981 | 37,8        |                       | 4 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 21.03.2019       | 11/19             | 07:20       | 30.10.1936 | 82,4        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 27.03.2019       | 17/19             | 07:18       | 01.02.1995 | 24,2        |                       | 3 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | Abbruch                    |
| 28.03.2019       | 18/19             | 12:10       | 16.05.1994 | 24,9        |                       | 3 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 28.03.2019       | 18/19             | 15:05       | 16.05.1994 | 24,9        |                       | 3 m        | + Thromboly | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 2       | 1                          |
| 11.03.2019       | 1/19              | 11:23       | 29.08.1988 | 30,5        |                       | 4 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        |                    |         |                            |
| 30.03.2019       | 20/19             | 00:46       | 14.06.1985 | 33,79444444 |                       | 4 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 09:40       | 17.02.1924 | 95,1        |                       | 10 w       | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 2       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 21:04       | 06.05.1979 | 39,9        |                       | 4 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 30.03.2019       | 20/19             | 09:47       | 07.08.1938 | 80,64722222 |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 09:50       | 17.02.1924 | 95,1        |                       | 10 w       | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 09:56       | 22.12.1938 | 80,2        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 09:59       | 22.03.1929 | 90,0        |                       | 10 w       | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 12.03.2019       | 2/19              | 12:11       | 03.03.1976 | 43,0        |                       | 5 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 10:04       | 07.08.1934 | 84,6        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 31.03.2019       | 21/19             | 10:06       | 23.06.1942 | 76,8        |                       | 8 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 21.03.2019       | 11/19             | 10:18       | 24.03.1941 | 78,0        |                       | 8 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 13.03.2019       | 3/19              | 17:46       | 28.12.1973 | 45,2        |                       | 5 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 22.03.2019       | 12/19             | 12:23       | 28.09.1972 | 46,5        |                       | 5 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 15.03.2019       | 5/19              | 00:54       | 02.04.1970 | 49,0        |                       | 5 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 13.03.2019       | 3/19              | 10:46       | 17.03.1925 | 94,0        |                       | 10 w       | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 24.03.2019       | 14/19             | 13:59       | 31.03.1969 | 50,0        |                       | 6 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 19:33       | 31.03.1969 | 50,0        |                       | 6 m        | MRT         | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 27.03.2019       | 17/19             | 16:35       | 31.03.1969 | 50,0        |                       | 6 m        | MRT         | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 19.03.2019       | 9/19              | 15:03       | 18.05.1968 | 50,8        |                       | 6 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 2       | 0                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 17:13       | 18.05.1968 | 50,8        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 22.03.2019       | 12/19             | 16:06       | 18.05.1968 | 50,8        |                       | 6 m        | MRT         | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 1                          |
| 26.03.2019       | 16/19             | 11:10       | 04.02.1940 | 79,1        |                       | 8 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 11:13       | 26.09.1970 | 48,5        |                       | 5 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 23.03.2019       | 13/19             | 11:13       | 14.08.1939 | 79,6        |                       | 8 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 18.03.2019       | 8/19              | 11:15       | 03.07.1939 | 79,7        |                       | 8 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 11:58       | 06.12.1967 | 51,3        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 17.03.2019       | 7/19              | 00:01       | 11.07.1967 | 51,7        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 27.03.2019       | 17/19             | 11:20       | 11.02.1925 | 94,1        |                       | 10 w       | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 18.03.2019       | 8/19              | 09:07       | 28.10.1965 | 53,4        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 2       | 0                          |
| 15.03.2019       | 5/19              | 11:31       | 02.11.1963 | 55,4        |                       | 6 w        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 18.03.2019       | 8/19              | 16:51       | 06.10.1965 | 53,5        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 09:50       | 05.12.1964 | 54,3        |                       | 6 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 14.03.2019       | 4/19              | 00:29       | 22.06.1964 | 54,7        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 11:56       | 30.10.1936 | 82,4        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 19.03.2019       | 9/19              | 18:42       | 31.07.1963 | 55,6        |                       | 6 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 19.03.2019       | 9/19              | 12:01       | 06.01.1969 | 50,2        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 12:09       | 21.06.1928 | 90,7        |                       | 10 w       | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 1                          |
| 12.03.2019       | 2/19              | 20:37       | 02.12.1961 | 57,3        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 31.03.2019       | 21/19             | 01:41       | 28.09.1961 | 57,5        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 31.03.2019       | 21/19             | 11:58       | 30.07.1961 | 57,7        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 09:38       | 29.10.1960 | 58,4        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 17.03.2019       | 7/19              | 21:11       | 04.07.1960 | 58,7        |                       | 6 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 12:30       | 04.02.1990 | 29,1        |                       | 3 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 13:31       | 30.09.1959 | 59,5        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 1                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 07:13       | 27.09.1959 | 59,5        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 18.03.2019       | 8/19              | 16:54       | 03.09.1959 | 59,5        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 1                          |
| 23.03.2019       | 13/19             | 01:45       | 01.07.1959 | 59,7        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 0                          |
| 19.03.2019       | 9/19              | 12:49       | 27.10.1985 | 33,4        |                       | 4 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 14:20       | 01.07.1959 | 59,7        |                       | 6 m        | MRT         | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 12:53       | 08.04.1931 | 88,0        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 15.03.2019       | 5/19              | 12:56       | 21.06.1928 | 90,7        |                       | 10 w       | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 30.03.2019       | 20/19             | 00:48       | 21.04.1959 | 59,94       |                       | 6 m        | Angio       | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 2       | 1                          |
| 17.03.2019       | 7/19              | 13:01       | 23.10.1939 | 79,4        |                       | 8 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 13:20       | 31.10.1936 | 82,4        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 15.03.2019       | 5/19              | 15:09       | 02.09.1957 | 61,5        |                       | 7 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 1                          |
| 31.03.2019       | 21/19             | 00:29       | 29.05.1957 | 61,8        |                       | 7 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 1       | 0                          |
| 14.03.2019       | 4/19              | 22:57       | 30.04.1957 | 61,9        |                       | 7 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |
| 16.03.2019       | 6/19              | 15:22       | 30.04.1957 | 61,9        |                       | 7 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 0                          |
| 22.03.2019       | 12/19             | 13:32       | 28.06.1931 | 87,7        |                       | 9 w        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 1                          |
| 15.03.2019       | 5/19              | 13:35       | 20.03.1963 | 56,0        |                       | 6 w        | MRT         | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 21.03.2019       | 11/19             | 13:48       | 01.07.1959 | 59,7        |                       | 6 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 0       | 0                          |
| 25.03.2019       | 15/19             | 14:03       | 13.07.1956 | 62,7        |                       | 7 m        | CT          | Kopf/Hals | 1        | 1                  | 1       | 1                          |
| 20.03.2019       | 10/19             | 19:01       | 18.09.1954 | 64,5        |                       | 7 m        | CTA/CTP     | Kopf/Hals | 1        | 0                  | 2       | 0                          |

Im Rahmen der digitalen Erfassung der Befundauswertung wurde eine Anonymisierung der Daten hinsichtlich des Namens der Patient:innen durchgeführt. In der Folge basierte die statistische Auswertung auf wie hier beispielhaft gezeigten anonymisierten Datensätzen.

---

## Danksagung

Ich möchte mich abschließend herzlich bei meinem betreuenden Universitätsprofessor und neuroradiologischen Kolleg:innen aus der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz für die stetige Unterstützung und Ermöglichung dieser Arbeit bedanken. Zudem danke ich dem Team der Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie der Universitätsmedizin Mainz für die angenehme Zusammenarbeit.

---

## Tabellarischer Lebenslauf

**Herrlich, Natalie**

geb. 11.09.1999 in Groß-Gerau

### ***Studium und schulische Ausbildung***

**10/2017 bis 05/2024    *Johannes Gutenberg-Universität / Universitätsmedizin, Mainz***  
Studium der Humanmedizin,  
Erster und zweiter Abschnitt der ärztlichen Prüfung mit der Gesamtnote 1,5 (08/2019) und 2,0 (04/2023), dritter Abschnitt der ärztlichen Prüfung mit der Gesamtnote 1 (05/2024); Deutschlandstipendiatin von 2017/2018, voraussichtliches Jahr der Approbation: 2024,  
09/2020 bis 02/2021: Erasmus, Universitat de València (ES)  
02/2022 bis 07/2022: Erasmus, Université de Bordeaux (FR)  
10/2022 bis 02/2023: Medizincampus Trier  
PJ: Krankenhaus der barmherzigen Brüder Trier 05-12/2023, Spital Frutigen (CH) 01-04/2024

**09/2014 bis 06/2017    *Internatsschule Schloss Hansenberg (ISH), Geisenheim***  
Oberstufengymnasium und Internat des Landes Hessen mit Schwerpunkt auf den MINT-Fächer, sowie Politik und Wirtschaft  
Leistungskurse: Biologie, Mathematik, Politik und Wirtschaft  
Abschluss: Abitur mit der Gesamtnote 1,0 (06/2017)

**08/2009 bis 08/2014    *Prälat-Diehl-Schule, Groß-Gerau***  
Gymnasiale Mittelstufe

---

## **Praktika und berufliche Erfahrung**

- 09/2022 bis 10/2022 **Sana-Krankenhaus Rügen, Bergen auf Rügen**  
Famulus der Kinder- und Jugendheilkunde
- 08/2021 bis 09/2021 **MVZ Kreis Groß-Gerau, Groß-Gerau**  
Famulus der Allgemeinmedizin
- 02/2020 bis 03/2020 **Klinik und Poliklinik für Neuroradiologie, Unimedizin**  
Mainz, Tätigkeit als Famulus
- 10/2019 bis 10/2021 **Tutor der Physiologie und Pathophysiologie des Menschen, aktuell wissenschaftliche Hilfskraft am anatomischen Institut, wissenschaftliche Hilfskraft an der JGU Mainz**
- 02/2019 bis 11/2022 **radiomed - Gemeinschaftspraxis für Radiologie und Nuklearmedizin, Wiesbaden**  
studentische Leitung / Werksstudentin / Famulus
- 07-08/2017 **Kreisklinik Groß-Gerau GmbH, Groß-Gerau**  
07-09/2018 **Gesundheits- und Krankenpflegepraktikum**  
Innere Medizin, Gynäkologie und Geburtshilfe
- 10/2015 bis 11/2015 **PricewaterhouseCoopers France, Paris**  
Unternehmensberatung, vierwöchiges Auslandspraktikum