The background of the slide features a close-up photograph of several hands holding and interlocking colorful plastic gears. The gears are in various colors including blue, green, yellow, purple, and red. The hands are positioned around the gears, suggesting a collaborative effort or a process of assembly. The overall image has a soft, slightly blurred background, focusing attention on the hands and the gears.

**GeLb-DIng:  
Gemeinsam Lehrpersonen bilden -  
Digitalität mit Informatik nachhaltig gestalten  
Abschlussbericht**

**JGU Mainz, UzK Köln, UdS Saarbrücken  
Stiftung Innovation in der Hochschullehre  
Gallenbacher, Andrés López, Meiborg,  
Schwank, Wachter, Wolf, Zeilfelder**



**GeLb-DIng**  
**Gemeinsam Lehrpersonen bilden -**  
**Digitalität mit Informatik nachhaltig gestalten**  
**Abschlussbericht**



**Gallenbacher, Andrés López, Meiborg,  
Schwank, Wachter, Wolf, Zeilfelder**

# **GeLb-DIng**

**Abschlussbericht**

Prof. Dr.-Ing. Jens Gallenbacher, Herausgeber [Ga]  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Dr. Daniel Andrés López [An]  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Jan Niklas Meiborg [Me]  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

Prof. Dr. Inge Schwank [Sc]  
Universität zu Köln

Lukas Wachter [Wa]  
Universität des Saarlands

Prof. Dr. Verena Wolf [Wo]  
Universität des Saarlands

Mara Zeilfelder [Ze]  
Johannes Gutenberg-Universität Mainz

DOI <https://doi.org/10.25358/openscience-12500>

JGU  
© Johannes Gutenberg-Universität Mainz 2025

Das Werk einschließlich aller seiner Teile ist urheberrechtlich geschützt. Jede Verwertung, die nicht ausdrücklich vom Urheberrechtsgesetz oder durch die im Folgenden genannten Einräumungen zugelassen ist, bedarf der vorherigen Zustimmung des Herausgebers. Das gilt insbesondere für Vervielfältigungen, Bearbeitungen, Übersetzungen, Mikroverfilmungen und die Einspeicherung und Verarbeitung in elektronischen Systemen.

Das Werk als Ganzes sowie die Kapitel 1 bis 12 einzeln werden unter der Lizenz **CC BY-NC-ND 4.0** veröffentlicht.

Sie dürfen daher dieses Dokument vervielfältigen und analog oder digital weiter verbreiten, aber nur unter bestimmten Bedingungen. Die wichtigsten sind:

**Namensnennung** - Sie müssen angemessene Urheber- und Rechteangaben machen und einen Link zu Lizenz beifügen.

**Nicht kommerziell** - Sie dürfen das Dokument nicht für kommerzielle Zwecke nutzen

**Keine Bearbeitungen** - Sie dürfen das Dokument nur in dieser unveränderten, vollständigen Form weitergeben und auch weder Ergänzungen noch Kürzungen vornehmen.

Die vollständigen Lizenzbedingungen folgen.

Die Wiedergabe von Gebrauchsnamen, Handelsnamen, Warenbezeichnungen usw. in diesem Werk berechtigt auch ohne besondere Kennzeichnung nicht zu der Annahme, dass solche Namen im Sinne der Warenzeichen- und Markenschutz-Gesetzgebung als frei zu betrachten wären und daher von jedermann benutzt werden dürften.

Der Verlag, die Autoren und der Herausgeber gehen davon aus, dass die Angaben und Informationen in diesem Werk zum Zeitpunkt der Veröffentlichung vollständig und korrekt sind. Weder der Verlag, noch die Autoren oder der Herausgeber übernehmen, ausdrücklich oder implizit, Gewähr für den Inhalt des Werkes, etwaige Fehler oder Äußerungen. Der Verlag und der Herausgeber bleiben im Hinblick auf geografische Zuordnungen und Gebietsbezeichnungen in veröffentlichten Karten und Institutionsadressen neutral.

Die verwendeten Bilder sind – sofern nicht direkt beim Bild anders angegeben – von den Autorinnen und Autoren selbst erstellt worden, teilweise unter Verwendung lizenzierter Bilder der AdobeStock-Bibliothek.



## **Creative Commons Namensnennung-Nicht kommerziell-Keine Bearbeitungen 4.0 International Public License**

Durch die Ausübung der lizenzierten Rechte (wie unten definiert) erklären Sie sich rechtsverbindlich mit den Bedingungen dieser Creative Commons Namensnennung – Nicht kommerziell – Keine Bearbeitungen 4.0 International Public License ("Public License") einverstanden. Soweit die vorliegende Public License als Lizenzvertrag anzusehen ist, gewährt Ihnen der Lizenzgeber die in der Public License genannten lizenzierten Rechte im Gegenzug dafür, dass Sie die Lizenzbedingungen akzeptieren, und gewährt Ihnen die entsprechenden Rechte in Hinblick auf Vorteile, die der Lizenzgeber durch das Verfügbarmachen des lizenzierten Materials unter diesen Bedingungen hat.

### **Abschnitt 1 – Definitionen**

a. Abgewandeltes Material bezeichnet Material, welches durch Urheberrechte oder ähnliche Rechte geschützt ist und vom lizenzierten Material abgeleitet ist oder darauf aufbaut und in welchem das lizenzierte Material übersetzt, verändert, umarrangiert, umgestaltet oder anderweitig modifiziert in einer Weise enthalten ist, die aufgrund des Urheberrechts oder ähnlicher Rechte des Lizenzgebers eine Zustimmung erfordert. Im Sinne der vorliegenden Public License entsteht immer abgewandeltes Material, wenn das lizenzierte Material ein Musikwerk, eine Darbietung oder eine Tonaufnahme ist und zur Vertonung von Bewegtbildern verwendet wird.

b. Urheberrecht und ähnliche Rechte bezeichnet das Urheberrecht und/oder ähnliche, dem Urheberrecht eng verwandte Rechte, einschließlich insbesondere des Rechts des ausübenden Künstlers, des Rechts zur Sendung, zur Tonaufnahme und des Sui-generis-Datenbankrechts, unabhängig davon, wie diese Rechte genannt oder kategorisiert werden. Im Sinne der vorliegenden Public License werden die in Abschnitt 2(b)(1)-(2) aufgeführten Rechte nicht als Urheberrecht und ähnliche Rechte angesehen.

c. Wirksame technische Schutzmaßnahmen bezeichnet solche Maßnahmen, die gemäß gesetzlichen Regelungen auf der Basis des Artikels 11 des WIPO Copyright Treaty vom 20. Dezember 1996 und/oder ähnlicher internationaler Vereinbarungen ohne entsprechende Erlaubnis nicht umgangen werden dürfen.

d. Ausnahmen und Beschränkungen bezeichnet Fair Use, Fair Dealing und/oder jegliche andere Ausnahme oder Beschränkung des Urheberrechts oder ähnlicher Rechte, die auf Ihre Nutzung des lizenzierten Materials Anwendung findet.

e. Lizenziertes Material bezeichnet das Werk der Literatur oder Kunst, die Datenbank oder das sonstige Material, welches der Lizenzgeber unter die vorliegende Public License gestellt hat.

f. Lizenzierte Rechte bezeichnet die Ihnen unter den Bedingungen der vorliegenden Public License gewährten Rechte, welche auf solche Urheberrechte und ähnlichen Rechte beschränkt sind, die Ihre Nutzung des lizenzierten Materials betreffen und die der Lizenzgeber zu lizenzieren berechtigt ist.

g. Lizenzgeber bezeichnet die natürliche(n) oder juristische(n) Person(en), die unter der vorliegenden Public License Rechte gewährt (oder gewähren).

h. Nicht kommerziell meint nicht vorrangig auf einen geschäftlichen Vorteil oder eine geldwerte Vergütung gerichtet. Der Austausch von lizenziertem Material gegen anderes unter Urheberrecht oder ähnlichen Rechten geschütztes Material durch digitales File-Sharing oder ähnliche Mittel ist nicht kommerziell im Sinne der vorliegenden Public License, sofern in Verbindung damit keine geldwerte Vergütung erfolgt.

i. Weitergabe meint, Material der Öffentlichkeit bereitzustellen durch beliebige Mittel oder Verfahren, die gemäß der lizenzierten Rechte Zustimmung erfordern, wie zum Beispiel Vervielfältigung, öffentliche Vorführung, öffentliche Darbietung, Vertrieb, Verbreitung, Wiedergabe oder Übernahme und öffentliche Zugänglichmachung bzw. Verfügbarmachung in solcher Weise, dass Mitglieder der Öffentlichkeit auf das Material von Orten und zu Zeiten ihrer Wahl zugreifen können.

j. Sui-generis Datenbankrechte bezeichnet Rechte, die keine Urheberrechte sind, sondern gegründet sind auf die Richtlinie 96/9/EG des Europäischen Parlaments und des Rates vom 11. März 1996 über den rechtlichen Schutz von Datenbanken in der jeweils gültigen Fassung bzw. deren Nachfolgeregelungen, sowie andere im Wesentlichen funktionsgleiche Rechte anderswo auf der Welt.

k. Sie bezeichnet die natürliche oder juristische Person, die von lizenzierten Rechten unter der vorliegenden Public License Gebrauch macht. Ihr bzw. Ihre hat die entsprechende Bedeutung.

### **Abschnitt 2 – Umfang**

#### **a. Lizenzgewährung**

1. Unter den Bedingungen der vorliegenden Public License gewährt der Lizenzgeber Ihnen eine weltweite, vergütungsfreie, nicht unterlizenzierbare, nicht-ausschließliche, unwiderrufliche Lizenz zur Ausübung der lizenzierten Rechte am lizenzierten Material, um:

A. das lizenzierte Material ganz oder in Teilen zu vervielfältigen und weiterzugeben, jedoch nur für nicht kommerzielle Zwecke; und

B. nur für nicht kommerzielle Zwecke, abgewandeltes Material zu erstellen und zu vervielfältigen, es aber nicht weiterzugeben.

2. Ausnahmen und Beschränkungen. Es sei klargestellt, dass, wo immer gesetzliche Ausnahmen und Beschränkungen auf Ihre Nutzung Anwendung finden, die vorliegende Public License nicht anwendbar ist und Sie insoweit ihre Bedingungen nicht einhalten müssen.

3. Laufzeit. Die Laufzeit der vorliegenden Public License wird in Abschnitt 6(a) geregelt.

4. Medien und Formate; Gestattung technischer Modifikationen. Der Lizenzgeber erlaubt Ihnen, die lizenzierten Rechte in allen bekannten und zukünftig entstehenden Medien und Formaten auszuüben und die dafür notwendigen technischen Modifikationen vorzunehmen. Der Lizenzgeber verzichtet auf jegliche und/oder versichert die Nichtausübung jeglicher Rechte und Befugnisse, Ihnen zu verbieten, technische Modifikationen vorzunehmen, die notwendig sind, um die lizenzierten Rechte ausüben zu können, einschließlich solcher, die zur Umgehung wirksamer technischer Schutzmaßnahmen erforderlich sind. Im Sinne der vorliegenden Public License entsteht kein abgewandeltes Material, soweit lediglich Modifikationen vorgenommen werden, die nach diesem Abschnitt 2(a)(4) zulässig sind.

#### **5. Nachfolgende Empfänger**

A. Angebot des Lizenzgebers – Lizenziertes Material. Jeder Empfänger des lizenzierten Materials erhält automatisch ein Angebot des Lizenzgebers, die lizenzierten Rechte unter den Bedingungen der vorliegenden Public License auszuüben.

B. Keine Beschränkungen für nachfolgende Empfänger. Sie dürfen keine zusätzlichen oder abweichenden Bedingungen fordern oder das lizenzierte Material mit solchen belegen oder darauf wirksame technische Maßnahmen anwenden, sofern dadurch die Ausübung der lizenzierten Rechte durch Empfänger des lizenzierten Materials eingeschränkt wird.

6. Inhaltliche Indifferenz. Die vorliegende Public License begründet nicht die Erlaubnis, zu behaupten oder den Eindruck zu erwecken, dass Sie oder Ihre Nutzung des lizenzierten Materials mit dem Lizenzgeber oder den Zuschreibungsempfängern gemäß Abschnitt 3(a)(1)(A)(i) in Verbindung stehen oder durch ihn gefördert, gutgeheißen oder offiziell anerkannt werden.

#### **b. Sonstige Rechte**

1. Urheberpersönlichkeitsrechte, wie etwa zum Schutz vor Werkentstellungen, werden durch die vorliegende Public License ebenso wenig mitlizenziert wie das Recht auf Privatheit, auf Datenschutz und/oder ähnliche Persönlichkeitsrechte; gleichwohl verzichtet der Lizenzgeber auf derlei Rechte bzw. ihre Durchsetzung, soweit dies für Ihre Ausübung der lizenzierten Rechte erforderlich und möglich ist, jedoch nicht darüber hinaus.

2. Patent- und Kennzeichenrechte werden durch die vorliegende Public License nicht lizenziert.

3. Soweit wie möglich verzichtet der Lizenzgeber auf Vergütung durch Sie für die Ausübung der lizenzierten Rechte, sowohl direkt als auch durch eine Verwertungsgesellschaft unter welchem freiwilligen oder abdingbaren gesetzlichen oder Pflichtlizenzmechanismus auch immer eingezogen. In allen übrigen Fällen behält sich der Lizenzgeber ausdrücklich jedes Recht vor, Vergütungen zu fordern, einschließlich für Nutzungen des lizenzierten Materials für andere als nicht kommerzielle Zwecke.

### **Abschnitt 3 – Lizenzbedingungen**

Ihre Ausübung der lizenzierten Rechte unterliegt ausdrücklich folgenden Bedingungen

#### **a. Namensnennung**

1. Wenn Sie das lizenzierte Material weitergeben, müssen Sie:

A. die folgenden Angaben beibehalten, soweit sie vom Lizenzgeber dem lizenzierten Material beigefügt wurden:

i. die Bezeichnung der/des Ersteller(s) des lizenzierten Materials und anderer, die für eine Namensnennung vorgesehen sind (auch durch Pseudonym, falls angegeben), in jeder durch den Lizenzgeber verlangten Form, die angemessen ist;

ii. einen Copyright-Vermerk;

iii. einen Hinweis auf die vorliegende Public License;

iv. einen Hinweis auf den Haftungsausschluss;

v. soweit vernünftigerweise praktikabel einen URI oder Hyperlink zum lizenzierten Material;

B. angeben, falls Sie das lizenzierte Material verändert haben, und alle vorherigen Änderungsangaben beibehalten; und

C. angeben, dass das lizenzierte Material unter der vorliegenden Public License steht, und deren Text oder URI oder einen Hyperlink darauf beifügen.

Es sei klargestellt, dass Sie gemäß der vorliegenden Public License keine Erlaubnis haben, abgewandeltes Material weiterzugeben.

2. Sie dürfen die Bedingungen des Abschnitts 3(a)(1) in jeder angemessenen Form erfüllen, je nach Medium, Mittel und Kontext in bzw. mit dem Sie das lizenzierte Material weitergeben. Es kann zum Beispiel angemessen sein, die Bedingungen durch Angabe eines URI oder Hyperlinks auf eine Quelle zu erfüllen, die die erforderlichen Informationen enthält.

3. Falls der Lizenzgeber es verlangt, müssen Sie die gemäß Abschnitt 3(a)(1)(A) erforderlichen Informationen entfernen, soweit dies vernünftigerweise praktikabel ist.

### **Abschnitt 4 – Sui-generis-Datenbankrechte**

Soweit die lizenzierten Rechte Sui-generis-Datenbankrechte beinhalten, die auf Ihre Nutzung des lizenzierten Materials Anwendung finden, gilt:

a. es sei klargestellt, dass Abschnitt 2(a)(1) Ihnen lediglich zu nicht kommerziellen Zwecken das Recht gewährt, die gesamten Inhalte der Datenbank oder wesentliche Teile davon zu entnehmen, weiterzuverwenden, zu vervielfältigen und weiterzugeben, und dies unter der Bedingung, dass Sie abgewandeltes Material nicht weitergeben;

b. sofern Sie alle Inhalte der Datenbank oder wesentliche Teile davon in eine Datenbank aufnehmen, an der Sie Sui-generis-Datenbankrechte haben, dann gilt die Datenbank, an der Sie Sui-generis-Datenbankrechte haben (aber nicht ihre einzelnen Inhalte) als abgewandeltes Material; und

c. Sie müssen die Bedingungen des Abschnitts 3(a) einhalten, wenn sie alle Datenbankinhalte oder wesentliche Teile davon weitergeben.

Es sei ferner klargestellt, dass dieser Abschnitt 4 Ihre Verpflichtungen aus der vorliegenden Public License nur ergänzt und nicht ersetzt, soweit die lizenzierten Rechte andere Urheberrechte oder ähnliche Rechte enthalten.

### **Abschnitt 5 – Gewährleistungsausschluss und Haftungsbeschränkung**

a. Sofern der Lizenzgeber nicht separat anderes erklärt und so weit wie möglich, bietet der Lizenzgeber das lizenzierte Material so wie es ist und verfügbar ist an und sagt in Bezug auf das lizenzierte Material keine bestimmten Eigenschaften zu, weder ausdrücklich noch konkludent oder anderweitig, und schließt jegliche Gewährleistung aus, einschließlich der gesetzlichen. Dies umfasst insbesondere das Freisein von Rechtsmängeln, Verkehrsfähigkeit, Eignung für einen bestimmten Zweck, Wahrung der Rechte Dritter, Freisein von (auch verdeckten) Sachmängeln, Richtigkeit und das Vorliegen oder Nichtvorliegen von Irrtümern, gleichviel ob sie bekannt, unbekannt oder erkennbar sind. Dort, wo Gewährleistungsausschlüsse ganz oder teilweise unzulässig sind, gilt der vorliegende Ausschluss möglicherweise für Sie nicht.

b. Soweit wie möglich, haftet der Lizenzgeber Ihnen gegenüber nach keinem rechtlichen Konstrukt (einschließlich insbesondere Fahrlässigkeit) oder anderweitig für irgendwelche direkten, speziellen, indirekten, zufälligen, Folge-, Straf- exemplarischen oder anderen Verluste, Kosten, Aufwendungen oder Schäden, die sich aus der vorliegenden Public License oder der Nutzung des lizenzierten Materials ergeben, selbst wenn der Lizenzgeber auf die Möglichkeit solcher Verluste, Kosten, Aufwendungen oder Schäden hingewiesen wurde. Dort, wo Haftungsbeschränkungen ganz oder teilweise unzulässig sind, gilt die vorliegende Beschränkung möglicherweise für Sie nicht.

c. Der Gewährleistungsausschluss und die Haftungsbeschränkung oben sollen so ausgelegt werden, dass sie soweit wie möglich einem absoluten Haftungs- und Gewährleistungsausschluss nahe kommen.

### **Abschnitt 6 – Laufzeit und Beendigung.**

a. Die vorliegende Public License gilt bis zum Ablauf der Schutzfrist des Urheberrechts und der ähnlichen Rechte, die hiermit lizenziert werden. Gleichwohl erlöschen Ihre Rechte aus dieser Public License automatisch, wenn Sie die Bestimmungen dieser Public License nicht einhalten.

b. Soweit Ihr Recht, das lizenzierte Material zu nutzen, gemäß Abschnitt 6(a) erloschen ist, lebt es wieder auf:

1. automatisch zu dem Zeitpunkt, an welchem die Verletzung abgestellt ist, sofern dies innerhalb von 30 Tagen seit Ihrer Kenntnis der Verletzung geschieht; oder

2. durch ausdrückliche Wiedereinsetzung durch den Lizenzgeber.

Es sei klargestellt, dass dieser Abschnitt 6(b) die Rechte des Lizenzgebers, Ausgleich für Ihre Verletzung der vorliegenden Public License zu verlangen, nicht einschränkt.

c. Es sei klargestellt, dass der Lizenzgeber das lizenzierte Material auch unter anderen Bedingungen anbieten oder den Vertrieb des lizenzierten Materials jederzeit einstellen darf; gleichwohl erlischt dadurch die vorliegende Public License nicht.

d. Die Abschnitte 1, 5, 6, 7 und 8 gelten auch nach Erlöschen der vorliegenden Public License fort.

### **Abschnitt 7 – Sonstige Bedingungen**

a. Der Lizenzgeber ist nicht an durch Sie gestellte zusätzliche oder abweichende Bedingungen gebunden, wenn diese nicht ausdrücklich vereinbart wurden.

b. Jedwede das lizenzierte Material betreffende und hier nicht genannten Umstände, Annahmen oder Vereinbarungen sind getrennt und unabhängig von den Bedingungen der vorliegenden Public License.

### **Abschnitt 8 – Auslegung**

a. Es sei klargestellt, dass die vorliegende Public License weder besagen noch dahingehend ausgelegt werden soll, dass sie solche Nutzungen des lizenzierten Materials verringert, begrenzt, einschränkt oder mit Bedingungen belegt, die ohne eine Erlaubnis aus dieser Public License zulässig sind.

b. Soweit wie möglich soll, falls eine Klausel der vorliegenden Public License als nicht durchsetzbar anzusehen ist, diese Klausel automatisch im geringst erforderlichen Maße angepasst werden, um sie durchsetzbar zu machen. Falls die Klausel nicht anpassbar ist, soll sie von der vorliegenden Public License abgeschieden werden, ohne dass die Durchsetzbarkeit der verbleibenden Bedingungen tangiert wird.

c. Auf keine Bedingung der vorliegenden Public License wird verzichtet und kein Verstoß dagegen soll als hingenommen gelten, außer der Lizenzgeber hat sich damit ausdrücklich einverstanden erklärt.

d. Nichts in der vorliegenden Public License soll zu einer Beschränkung oder Aufhebung von Privilegien und Immunitäten führen, die dem Lizenzgeber oder Ihnen insbesondere aufgrund rechtlicher Regelungen irgendeiner Rechtsordnung oder Rechtsposition zustehen, oder dahingehend interpretiert werden.

# Inhalt

**Vorwort** **X**

**1 – Gemeinsam Lehrpersonen bilden [Ga]** **1**

Ausgangslage der kleinen Kohorten und Idee des Verbundprojektes zur Verbesserung der Lehramtsausbildung in Informatik.

**2 – Ein Kompetenzmodell für die Fachdidaktik [Ga]** **9**

Kompetenzen sind ein Werkzeug, die Qualität von Abschlüssen zu sichern und diese vergleichbarer zu machen. Im Beitrag wird ein Kompetenzmodell für die Fachdidaktik der Informatik vorgeschlagen.

**3 – Inverted Classroom mit Micromodulen [Ga]** **19**

Inverted Classroom ist eine Methode in der Lehre, die besonders erfolgreich für heterogene Szenarien eingesetzt wird. In GeLb-DIng wird diese in Kombination mit forschendem Lernen und kleinsten Lerneinheiten eingesetzt, den sogenannten Micromodulen.

**4 – Besondere Lehr- und Lernformate [Ga]** **27**

Für die inhaltliche Implementierung der Micromodule wurden einige neuartige Lehr- und Lernformate speziell für die Lehramtsausbildung entwickelt und erprobt, zum Beispiel die digitale Hospitation.

**5 – Methodische Ansätze für gemeinsame Lehrveranstaltungen [Ga] [Ze]** **35**

Auch mit gleichen oder ähnlichen Kompetenzen findet Lehre an den Universitäten sehr unterschiedlich statt, etwa in Bezug auf die Zyklen, Zeiten, Lehrformate. Im Rahmen von GeLb-DIng wurden unterschiedliche Methoden entwickelt und erprobt den Kompetenzerwerb der Studierenden universitätsübergreifend gemeinsam zu gestalten.

## **6 – Lernmotivation und Workload [Ga] [Ze]**

**43**

Forschendes Lernen bietet den Studierenden viele Freiheiten, erfordert aber auch ein besonders hohes Maß an Selbstdisziplin und Selbstmanagement. Die Lehrenden haben daher die Verantwortung, die Lehraktivitäten so zu gestalten, dass der Arbeitsaufwand im Rahmen der ECTS-Spezifikation ist und die Lernmotivation nicht durch Überlastung sinkt.

## **7 – Technische Umsetzung der gemeinsamen Lehrveranstaltungen [An] [Me]**

**53**

Die Micromodule sind von den Studierenden mit synchronen und nicht synchronen Elementen zu absolvieren. Sie müssen wartungsfreundlich und gleichzeitig hochverfügbar, verlässlich und in Bezug auf darstellbare Medien vielfältig sein. In GeLb-DIng wurden daher verschiedene Wege zur technischen Umsetzung erprobt und evaluiert.

## **8 – Studierendeninteressen im Lehramt Informatik [Ze]**

**73**

Während Informatik als schulisches Pflichtfach in immer mehr Bundesländern eingeführt wird, besteht weiterhin ein erheblicher Lehrkräftemangel. Attraktive Berufsalternativen außerhalb des Bildungswesens stellen die Lehramtsausbildung vor Herausforderungen. Mehrere qualitative Befragungen geben Aufschluss über die Motive für die Wahl eines Lehramtsstudiums sowie mögliche Strategien zur Gewinnung zusätzlicher Interessierter.

## **9 – Status Quo und Perspektiven der Informatik an Schulen und der Bildung von Lehrpersonen [Ze]**

**85**

Fortschreitende Digitalisierung erfordert grundlegende informatische Kompetenzen in nahezu allen Lebensbereichen. Eine Analyse aktueller Daten zeigt, inwiefern Schulen und die universitäre Lehramtsausbildung auf diese Herausforderungen reagieren und welche Chancen sich für die (Weiter-)Entwicklung einer zukunftsfähigen Informatikbildung ergeben.

## **10 – Strukturelle Voraussetzungen für den bundeslandübergreifenden Lehraustausch [An] [Wa] [Ze]**

**103**

Austausch von Lehre ist auch in bereits etablierten Verbänden wie RMU (Rhein Main Universitäten) in Bezug auf die anbietenden Einheiten sehr asymmetrisch. Das hemmt vielfach strukturell die Verstärkung, da für die anbietende Organisationseinheit der Mehraufwand nicht vergütet wird. Im Rahmen von GeLb-DIng wurden verschiedene Wege erprobt, die strukturelle Situation zu verbessern.

## 11 – Netz-Ding [Wa] [Wo]

115

Wie in vielen noch jungen Schulfächern gibt es auch in der Informatik ein Defizit an Medien und Materialien für die Lehre. Im Rahmen von GeLb-DIng ist daher eine Austauschplattform entstanden, die Absolventinnen und Absolventen der Lehramtsfächer Informatik vernetzen und den Austausch von Materialien und Erfahrungen erleichtern soll.

## 12 – Spezifische Bedarfe sonderpädagogischer Förderung – Für ein Primat des Verstehens [Sc]

123

Ein Primat des Verstehens erfordert in sonderpädagogischen Kontexten embodied Zugänge zu zentralen grundlegenden informatischen Inhalten wie Zahlideen, ihren Repräsentationen und ihrer Handhabung sowie die Förderung funktional-logischen Denkens. Ausgehend von kleinen Zahlräumen (null bis vier) über größere (null bis neunzehn) öffnen sich Wege zu Stellenwertsystemen mit verschiedenen Basen, und die Äthiopische Multiplikation wird begreifbar.

## 13 – Best Practice: Was lief gut, was weniger? [Alle]

165

Lessons learnt: In GeLb-DIng hat – wie in den meisten Projekten – einiges sehr gut, anderes weniger gut funktioniert. Für die Verstetigung und die künftige Durchführung ähnlicher Projekte sind unsere Erfahrungen hier nochmals zusammengefasst.

# Vorwort

„Ist das ein Fach oder kann das weg?“

Ich kann mich an so manches Gespräch im Rahmen des Lehre-hoch-n Jahresprogramms in Hassenwinkel erinnern, bei dem es – zugegebenerweise nicht mit diesen Worten – um alles ging für einen Studiengang, für einen Schwerpunkt, für einen kompletten Fachbereich. Universitäten und Hochschulen müssen zunehmend wirtschaftlich arbeiten und so steht heute stärker denn je etwas auf dem Prüfstand, wenn die Studierendenzahlen gering sind.

In vielen Fällen ist es sinnvoll, sich auf Kernkompetenzen zu konzentrieren, statt wie nach Einführung der Bachelor- und Master-Abschlüsse mancherorts üblich, noch den zwanzigsten spezialisierten Studiengang aus der Taufe zu heben, der sich von den anderen durch zwei besondere Lehrveranstaltungen abhebt und dafür eine Menge bürokratischen Aufwand für die Prüfungsverwaltung erzeugt.

Außerdem muss nicht alles überall angeboten werden – wenn man für ein Fach brennt, ist es durchaus eine gute Idee, an einen in diesem Bereich forschungsstarken Standort zu gehen, um von den Besten zu lernen.

Das trifft allerdings nicht für alle Fächer und Studiengänge zu: Insbesondere im Lehramt werden in der Regel zwei oder mehr Fächer studiert – zusätzlich zu den Bildungswissenschaften. Da wird die Wahl des „besten Standorts“ schon schwierig. Bildung und insbesondere Schulbildung ist in Deutschland außerdem Sache der Bundesländer. Daher gibt es gute Gründe, in dem Land zu studieren, in dem man später auch den Beruf ausüben möchte – obwohl die KMK die Lehramtsstudiengänge mit ihren Fächerprofilen bereits weitgehend formal harmonisiert hat.

Neben dem Lehramt gibt es noch eine ganze Menge an Gründen, warum eine bestimmte Lehrveranstaltung angeboten werden sollte oder muss, obwohl sie nur von wenigen Studierenden besucht wird. Beispiele sind Serviceveranstaltungen oder einfach ein Angebot an Spezialisierungen.

Während Hochschulleitungen tatsächlich zunehmend aufgrund der Finanzierung solcher Veranstaltungen unter Druck sind, ist das meiner Meinung nach nicht das entscheidende Problem kleiner Kohorten. Die moderne, konstruktivistische Sicht der Lehre geht davon aus, dass Kompetenzen von den Studierenden weitgehend selbständig erworben werden, die Lehrenden diesen Prozess fördern, begleiten und reflektieren. Daher ist von klassischen „Vorlesungen“ oft nur noch das Kürzel „V“ im Modulhandbuch übrig, während die Studierenden gefordert sind, mit gegebenen Materialien, Arbeitsaufträgen und Projekten den Lernstoff selbst zu erarbeiten. In verschiedenen Szenarien wie Inverted Classroom werden sie dabei selbstverständlich von den Lehrenden unterstützt. Am meisten profitieren die Lernenden allerdings von der gemeinschaftlichen Teil-

nahme – strukturell unterstützt durch Methoden wie peer-coaching oder informell durch den Dialog während der Lehrveranstaltungen.

Nicht unerwähnt soll bleiben, dass auch die Lehrenden von den Impulsen der Studierenden sehr profitieren und dies einen wesentlichen Faktor für die stetige Verbesserung und Modernisierung ihrer Lehre darstellt.

Kleine Kohorten haben dabei einerseits in Bezug auf die Lehrenden ein sehr gutes Betreuungsverhältnis. Andererseits ist durchaus zu beobachten, dass eine „kritische Masse“ an Teilnehmerinnen und Teilnehmern nötig ist, um für die Wirksamkeit der oben angesprochenen positiven Effekte gemeinsamen Lernens die nötige Vielfalt zu bieten.

Im Projekt GeLb-DIng haben wir daher versucht, kleine Kohorten dreier Universitäten unterschiedlicher Bundesländer für die Fachdidaktik der Informatik in verschiedenen Lernszenarien zusammenzubringen sowie für die gemeinsame Lehre die notwendigen strukturellen Voraussetzungen zu schaffen. Unsere Herangehensweisen, Erfahrungen und Schlussfolgerungen haben wir in diesem Abschlussband zusammengefasst. Wir freuen uns auf eine funktionierende Zusammenarbeit vieler Hochschulstandorte in der Zukunft mit vielen innovativen Lehr- und Lernformaten.

Die Kapitel sind jeweils von den ausgewiesenen Autoren unabhängig in eigener Verantwortung erstellt worden, um unterschiedliche Sichten auf das Projekt zu präsentieren.

Eine Quelle zusätzlicher Information ist die kleine linke bzw. rechte Spalte dieses Bandes. Hier finden Sie neben den Abbildungslegenden kurze Lebensläufe wichtiger Persönlichkeiten, Anekdoten und anderes Wissenswerte im Zusammenhang mit dem Haupttext. Das Verständnis des Kapitels ist allerdings auch ohne diese Spalte gewährleistet. Sie können sich daher diesen Teil für ein zweites Durchlesen aufsparen oder ihn als willkommene Ablenkung ansehen.

Jens Gallenbacher



# 1 – Gemeinsam Lehrpersonen bilden

## „Kleine“ Fächer und das Lehramtsstudium Informatik

Die Fachdisziplinen und Studiengänge weisen an Universitäten sehr deutliche Unterschiede in Bezug auf die Zahl ihrer Studierenden auf. Das betrifft etwa sehr spezialisierte, forschungsnahe Master-Studiengänge, aber auch grundständige Studiengänge, die aufgrund der Lage auf dem Arbeitsmarkt oder aufgrund allgemeiner Trends momentan nicht angewählt werden. In GeLb-DiNG wird diese Problematik am Beispiel des Lehramtsstudiums Informatik aufgegriffen, die Ergebnisse lassen sich aber auch recht einfach auf andere Disziplinen übertragen.

Durch Informatik wird ein wesentlicher Teil unserer modernen Lebenswelt gestaltet. Sie ist nicht nur in Form von Technologien präsent, sondern vor allem in Form der Ideen, die hinter sozialen Medien, digitalen Plattformen und Modellvorstellungen der Realität stehen. Ein grundlegendes Verständnis der damit verbundenen Gestaltung ist daher für die allgemeine Bildung unabdingbar [GAL2019].

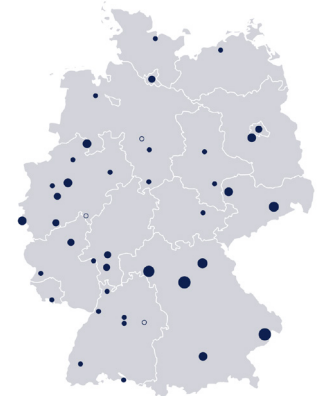
Die allermeisten Bundesländer haben sich aufgrund dieser Erkenntnis in den letzten Jahren entschieden, Informatik als Pflichtfach an vielen Schulen und Schulformen einzuführen, um dieser dominanten Bedeutung der Informatik in unserer Lebenswelt gerecht zu werden.

Der Prozess ist indes bereits recht lange am Laufen: Seit den 80er-Jahren des letzten Jahrhunderts gibt es das Schulfach Informatik, zusammen mit Lehrerfort- und -weiterbildungen, um es mit Leben zu füllen. Seit Mitte der 90er-Jahre ist Informatik prinzipiell in den grundständigen Lehramtsstudiengängen für das Gymnasium, für die Haupt- und Realschule sowie für berufliche Schulen als Fach wählbar, entsprechende Studiengänge werden von einer steigenden Zahl lehrerbildender Universitäten angeboten. Diesem Thema ist ein komplettes Kapitel gewidmet.

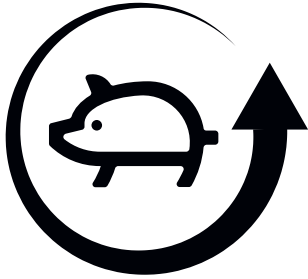
Der Wissenschaftsrat fordert aufgrund der Bedeutung von Informatik für die allgemeine und berufliche Bildung in seinem Papier „Perspektiven der Informatik in Deutschland“ [WIS2020] den „systematischen Aufbau der Didaktik der Informatik an allen lehrkräftebildenden Universitäten mit Informatik-Fachbereichen“.

Etliche Universitäten bieten entsprechende Lehramtsstudiengänge für unterschiedliche Schulformen, an weiteren Universitäten wird über eine Einführung nachgedacht.

Die Lage am Arbeitsmarkt ist prekär: Der sprunghaft gewachsene Bedarf an den Schulen kann nicht gedeckt werden. Für die wenigen grundständig ausgebildeten Absolventinnen und Absol-



**Studienorte**, an denen Informatik auf Lehramt (für mindestens eine Schulform einschließlich Fortbildung als drittes Fach) studierbar ist nach dem GI-Informatikmonitor. <https://informatik-monitor.de/> Die Größe der Kreise gibt die Zahl der Absolventen an. Laut GI waren es 2022 bundesweit insgesamt 338 Absolvierende.



Der Begriff **Schweinezyklus** wurde ursprünglich von Beobachtungen aus der Schweinezucht geprägt: Aufgrund der Aufzuchtzeit von Schweinen kommt es zur verzögerten Befriedigung einer hohen Nachfrage und dadurch zu einem Überangebot, was den Preisverfall bedingt. Ein allgemeinerer aber deutlich weniger gebräuchlicher Begriff für dieses Phänomen ist „Konjunkturuhr“.

venten ist das eine vorteilhafte Situation: Sie können sich den Arbeitsplatz aussuchen und werden umworben – auch von anderen Bundesländern.

Für andere Fächer ist an den Universitäten oft ein sogenannter „Schweinezyklus“ zu beobachten: Ein Bedarf im Arbeitsmarkt wird bekannt und sorgt dafür, dass viele die Ausbildung anstreben, die sie dazu befähigt, eine der vakanten Stellen anzutreten. Die entsprechenden Studiengänge sind daraufhin übertoll. Etwa fünf Jahre später hat sich die Situation allerdings verändert, weil sich Unternehmen und Betriebe z. B. durch Weiterbildungsmaßnahmen oder Förderung von Quereinstieg beholfen haben. Statt wie erwartet willkommen zu sein, sehen sich die Absolventinnen und Absolventen einem Einstellungsstopp für ihr Fach gegenüber, was wiederum dafür sorgt, dass es kaum noch Einschreibungen in den entsprechenden Studiengängen gibt und fünf Jahre später der Bedarf wieder sehr hoch ist.

Paradoxerweise scheint Informatik in dieser Beziehung eine Ausnahme darzustellen – die Nachfrage nach Lehrpersonen sorgt nicht in adäquater Weise für Einschreibungen in den entsprechenden Studiengängen. Das lässt sich mit mehreren Faktoren erklären:

Der Bedarf an in Informatik ausgebildeten Personen ist allgemein sehr hoch, fertige Studierende werden quasi vom Arbeitsmarkt absorbiert – selbst mit einem Abschluss in einem Studiengang, in dem Informatik nur eine untergeordnete Rolle spielt (sog. Bindestrich-Informatik-Studiengänge). Die Gehälter an den Schulen können mit den aufgrund der hohen Nachfrage in der freien Wirtschaft üblichen nicht mithalten. Gleichzeitig verändern sich Schulen strukturell sehr stark: „Professionalisierung“ sorgt dafür, dass Lehrpersonen auf der einen Seite immer weniger Gestaltungsmöglichkeiten im Unterricht haben und auf der anderen Seite deutlich mehr Aufwand in Bezug auf strukturelle, bürokratische Prozesse. Daher kann Schule immer weniger bei den „Überzeugungstäterinnen und -tätern“ punkten, die für Lehre brennen, für ihre Schülerinnen und Schüler bereit sind, alles zu geben, aber nicht viel für schriftliche Förderpläne und ausgedehnte Konferenzen mit politischen Spielchen übrig haben.

Aufgrund dieser Situation bevorzugen sehr viele den Einstieg in die Informatik über einen Science-Studiengang, auch wenn sie an einem Lehramtsstudium prinzipiell interessiert sind. Selbst innerhalb der Lehramtsstudiengänge wird ein nicht unerheblicher Teil der leistungsstarken Studierenden von Wirtschaftsbetrieben wie Beratungsagenturen abgeworben. Über die Motivation für unterschiedliche Informatik-Studiengänge gibt es ein eigenes Kapitel in diesem Band.

Freilich ist beim jüngsten Schulfach, der Informatik, trotzdem ein Henne-Ei-Effekt bemerkbar: In den Schulen fehlen grundständig ausgebildete Lehrpersonen. Daher haben Schülerinnen und Schüler meistens keinen bzw. einen nur rudimentären Informatikunterricht genossen. Oft bieten insbesondere Quereinsteiger Unterricht in Informationstechnik als Informatik an und vermitteln damit ein verzerrtes Bild mit Schwerpunkt auf der Nutzung von Informationssystemen statt deren Gestaltung auf allen Ebenen.

Umfragen zufolge fokussieren Lehramtsstudierende bei der Fächerwahl solche, mit denen sie bereits Erfahrungen sammeln konnten:

- Potenzielle Lehramtsstudierende hinterfragen und reflektieren ihre eigenen Kompetenzen in der Regel genauer als an anderen Studiengängen interessierte junge Erwachsene. Sie tendieren daher zu Fächern, mit denen sie bereits positive schulische Erfahrungen machen konnten.

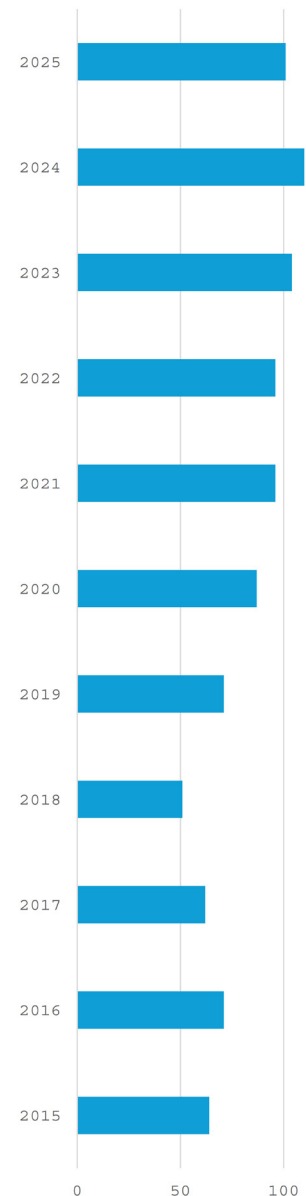
- Vorbilder spielen bei der Berufswahl allgemein eine entscheidende Rolle. Schülerinnen und Schüler haben in „klassischen“ Fächern eine deutlich höhere Chance, ein solches Vorbild in einer Lehrperson zu finden als in der Informatik. Das liegt sicher einerseits am kleinen Anteil der Informatik in den Stundentafeln, andererseits aber auch daran, dass stattfindender Unterricht aufgrund des Mangels an Lehrpersonen nur zu einem kleinen Teil von grundständig ausgebildeten und damit fachlich in der Regel sicher agierenden Lehrpersonen gestaltet werden kann.
- Viele Lehramtsinteressierte sind sehr lokal verbunden und bereit, eher Kompromisse bei der Fächerkombination in Kauf zu nehmen, als einen Universitätsstandort zu wählen, der weiter weg liegt. In einer Umfrage im Rahmen von Studieninformationstagen im Rhein-Main-Gebiet erklärten viele Abiturientinnen und Abiturienten, dass sie eher Informatik als eines der beiden Fächer des Lehramtsstudiums durch ein anderes wie Mathematik oder Physik ersetzen als für das von ihnen angestrebte Fach so wenig wie dreißig Minuten mehr Fahrzeit mit dem ÖPNV in Kauf zu nehmen. An Kostendeckung interessierte Präsidien argumentieren aufgrund solcher Erhebungen, dass man kleine Lehramtsstudiengänge nicht anbieten oder sogar schließen sollte, weil man dadurch kaum Studierende verliere.

An Standorten, die bisher kein Lehramtsstudium Informatik anbieten, tut man sich daher sehr schwer mit der Einführung. An den anderen Universitäten sind die Kohorten der Lehramtsstudiengänge Informatik sehr klein. Für die rein fachlichen Lehrangebote ist das unproblematisch, weil die Studierenden des Lehramts mit den BSc./MSc.-Studierenden gemeinsam Vorlesungen, Übungen, Seminare und Praktika besuchen und in diesen Gruppen auch genügend Austausch haben.

Insbesondere in den fachdidaktischen Veranstaltungen ist die Zahl der Teilnehmerinnen und Teilnehmer jedoch meistens sehr gering – in manchen Jahrgängen im niedrigen einstelligen Bereich. Man könnte dies als Indiz für ein sehr gutes Betreuungsverhältnis ansehen und damit für eine aus Sicht der Studierenden sehr positive Situation. Besonders in der Fachdidaktik ist aber die Diskussion, gegenseitige Reflexion und gemeinsame kreative Weiterentwicklung der Lehrinhalte von bedeutender Wichtigkeit. Es kommt hinzu, dass in einem jungen Schulfach wie Informatik die curriculare Entwicklung noch in einem Stadium ist, das von den Studienabsolventinnen und -absolventen viel eigene (Mit-)Gestaltung fordert. Die Lehre sollte daher möglichst weitgehend zwischen Forschungs- und Anwendungsorientierung angelegt sein, was mit einem Schwerpunkt Unterrichtsentwicklungsforschung sehr gut gelingt. Diese Vorgehensweise folgt direkt den Empfehlungen des Wissenschaftsrats: „Persönlichkeiten mit einem forschenden Habitus können sowohl durch eine stärker forschungsorientierte wie auch anwendungsorientierte Lehre, wie sie an Fachhochschulen üblich ist, herangebildet werden.“ [WIS2022]

Die Erfahrung zeigt, dass für solche Formate Teilnehmerzahlen zwischen 20 und 40 optimal sind. Noch mehr Studierende können durch Teilung in Untergruppen gut abgebildet werden, während bei kleinen Anzahlen die nötige Heterogenität und Vielfalt nicht gegeben ist und die Veranstaltungen automatisch lehrendenzentrierter werden.

Die hier geschilderten Umstände wurden vor allem für die L3 und L4 Lehramtsstudiengänge (für gymnasiale Oberstufe und Berufsschule) beobachtet, gelten aber genauso für L2 (Haupt- und Realschule) und L5 (Lehramt an Förderschulen). Für die Primarschulen (L1) können keine gesicherten Aussagen getroffen werden, aber Rückkopplungen aus diesem Bereich – etwa im Rahmen diverser Fortbildungen für Lehrpersonen – legen die Entsprechung nahe.



Entwicklung der **Studierendenzahlen** (Gesamtzahl in allen Fachsemestern) im Lehramtsstudiengang Informatik für Gymnasium an der JGU Mainz zwischen 2015 und 2025.

## Lehre standortübergreifend gemeinsam gestalten

Im Rahmen des Projekts GeLb-DIng wurde exemplarisch für alle Fächer mit kleinen Kohorten im Rahmen der Lehramtsstudiengänge Informatik für Gymnasium (L3), Haupt- und Realschule (L2) sowie Förderschule (L5) erprobt, mit Unterstützung digitaler Werkzeuge Teile der fachdidaktischen Ausbildung von Lehrpersonen bundeslandübergreifend durchzuführen.

Ziel war dabei vor allem, die Kohortengröße und damit die Vielfalt repräsentierter Meinungen zu erhöhen, um den konstruktiven Austausch der Studierenden untereinander sowie zwischen Studierenden und Lehrenden zu verbessern. Dadurch wird implizit gleichzeitig eine Struktur geschaffen, die es Universitäten mit Informatik als Science Studiengang erleichtert, auch Informatik als Lehramt anzubieten, indem die Fachdidaktik als akademische Lehrveranstaltung (zunächst) importiert wird und vor Ort zur Betreuung der Studierenden eine abgeordnete Lehrperson ausreicht.

Gemeinsames Lernen setzt in der Regel gemeinsame Lernziele voraus. In der föderalen Struktur der Bundesrepublik Deutschland fällt Bildung den Ländern zu. Hier vermutet man daher eher eine große Heterogenität, was die Bildung an Schulen und daher auch die Ausbildung von Lehrpersonen betrifft. Seit einiger Zeit hat sich in dieser Beziehung die Kultusministerkonferenz erfreulicherweise sehr spezifisch und ausführlich auf gemeinsame Kompetenzen verständigt [KMK2019]. Daher sind die entsprechenden Module der Lehramtsstudiengänge sowohl formal als auch in ihrer tatsächlichen Durchführung von den Kompetenzen her vergleichbar und aus diesem Grund bundeslandübergreifend einsetzbar.

Das Papier „Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ bietet freilich nur einen gemeinsamen Nenner und lässt sehr viele Gestaltungsspielräume für die einzelnen Universitätsstandorte zu. Das betrifft zum Beispiel die Verortung der Fachdidaktik im Studienverlaufsplan und damit, welche fachwissenschaftlichen Kompetenzen die Studierenden haben, wenn sie die Veranstaltung besuchen.

An den Universitäten Mainz und Saarbrücken findet zum Beispiel die erste Fachdidaktik-Veranstaltung bereits im zweiten Semester statt, während der Besuch den Studierenden an der Universität Trier erst im fünften Semester empfohlen wird. In der deutschsprachigen Schweiz absolvieren spätere Lehrpersonen gar zunächst ein komplettes wissenschaftliches Studium mit dem Abschluss „Master of Science“, bevor sie danach das sogenannte Lehrdiplom erwerben. Beides hat Vor- und Nachteile: Eine frühe Fachdidaktik bietet die Möglichkeit, den Studierenden für die folgenden Fachvorlesungen metaphorisch eine „Didaktische Brille“ aufzusetzen, artet manchmal dafür in Teilen auch in eine fachwissenschaftliche Nachhilfeveranstaltung aus. Fachdidaktik in einem höheren Semester kann von bereits fachwissenschaftlich optimal ausgebildeten Teilnehmerinnen und Teilnehmern ausgehen, muss dafür oft einseitig etablierte Konzepte und Sichten korrigieren.

Weitere Spezifika der Standorte sind vielfältige Schwerpunktsetzungen, die aufgrund der Kompetenzbereiche an den eigenen Fachbereichen, aber auch aufgrund der Notwendigkeiten durch spezifische Lehrpläne an den Schulen zustande kommen.

Die Konzeption einer gemeinsamen Lehrveranstaltung kann sich daher einerseits auf eine generelle Homogenität der Lernziele beziehen, muss aber gleichzeitig die Heterogenität stark berücksichtigen, um sinnvolle Studierbarkeit zu gewährleisten.

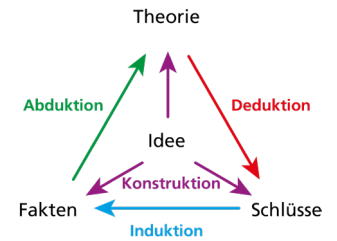
Im Rahmen von GeLb-DIng wurden mit diesem Ziel etliche unterschiedliche Herangehensweisen und Formate erprobt. Die Ergebnisse und Erkenntnisse sind in den folgenden Kapiteln dieses Bandes dokumentiert. Gemeinsam war, dass die Lehrinhalte weitgehend von der Fachdidaktik aus Mainz gestaltet wurden. Einmal pro Semester wurde wechselnd in Mainz, Köln und Saarbrücken eine gemeinsame Blockveranstaltung mit allen beteiligten Lehrenden und Studierenden durchgeführt.

Mitgedacht wurden stets zwei Sichten auf die Kompetenzen im Bereich Digitalisierung: Einerseits werden digitale Werkzeuge (auch geistige) genutzt, um mit ihnen zu gestalten. Typisches Beispiel ist der kreative Einsatz von Medienprodukten wie Webbrowsern und Autorensystemen oder das Agieren in sozialen Netzwerken. Mindestens genauso wichtig ist jedoch, dass digitale Werkzeuge heute wesentlicher Bestandteil unserer Lebenswelt sind und digitale Werkzeuge wiederum selbst gestaltet werden müssen. Für Informatikerinnen und Informatiker ist dies relativ naheliegend, basieren doch die allermeisten digitalen Systeme auf Informationstechnik. Wichtig ist die Sicht jedoch für alle Interessenskreise, denn die Gestaltung darf sich nicht auf das Produzieren von Codezeilen beschränken: Eine einfache Form impliziter Gestaltung ist die bewusste Nutzung oder Nicht-Nutzung bestimmter Werkzeuge. Das können etwa soziale Netzwerke wie X sein, aber auch Hilfsmittel zur Filterung, wie sogenannte Ad-Blocker. Systeme werden weiterhin durch politische Meinungsäußerungen (mit-)gestaltet. So gibt es etwa viele Diskussionen zu digitalen Währungen oder Datenschutzvorgaben. Und selbstverständlich sind auch sehr direkt Forderungen und Vorgaben der Benutzerinnen und Benutzer an die Softwarehersteller von höchster Relevanz.

Es gilt, einen Prozess des Umdenkens zu etablieren: In einem humanistisch geprägten Umfeld hat man manchmal den Eindruck, Innovationen seien so lange anzuzweifeln, bis sie (unter Verwendung möglichst vieler Fremdworte und Literaturreferenzen) „bewiesen“ wurden. Man tut sich hierzulande viel schwerer als in anderen Kulturkreisen, eine Faszination für Technik mit verbundendem Gestaltungsspielraum zuzulassen. Damit wird aber die Anerkennung für Innovationen oft eher den analysierenden und weniger den gestaltenden Personen zuteil – mit Auswirkungen auf die Motivation zum Gestalten mit Tendenzen zur Ausgrenzung: Die Subkultur der „Nerds“ ist geboren, die „Anderen“, die irgendetwas machen, das die „Normalen“ nicht verstehen. Universität und vor allem Bildung von Lehrpersonen muss dazu motivieren, Gestaltung verknüpft mit gesellschaftlicher Verantwortung als wichtige Mission zu betrachten.

Im Mittelpunkt steht der Auftrag der Allgemeinbildung! Man kommt nicht umhin, neben den „klassischen“ Methoden der Erkenntnisgewinnung – Deduktion, Induktion und Abduktion – die Konstruktion anzuerkennen, die unsere Lebenswelt in massiver, in einigen Szenarien entscheidender Weise prägt. Schülerinnen und Schüler von heute sind nicht nur gefragt, passiv entsprechende Artefakte zu analysieren oder – ebenfalls passiv – die daraus resultierenden Systeme zu bedienen. Schülerinnen und Schüler von heute werden die Artefakte und Systeme der zukünftigen Lebenswelt gestalten! Allgemeinbildung bedeutet dabei einerseits, dass alle die Chance haben sollten, an dieser Gestaltung teilzuhaben – aktiv, indem sie selbst konstruieren, oder auch passiv, indem sie auf Basis ihres tieferen Verständnisses der zugrunde liegenden Wirkprinzipien und Modelle an Entscheidungen in Bezug auf den Einsatz teilhaben. Lehrpersonen müssen dies fördern und so sind die entsprechenden Kompetenzen wichtige Komponenten ihrer Ausbildung.

Im Rahmen von GeLb-DIng werden Lehramtsstudierende sowohl mit dem Fach Informatik als auch anderen Fächerkombinationen mit den allgemeinbildenden Sichten auf Digitalisierung nicht nur vertraut gemacht, sondern motiviert und ermächtigt, an ihren späteren Schulen als Botschaf-



Charles Sanders Peirce hat um 1900 als Modell der Erkenntnisgewinnung einen Zyklus aus Deduktion, Induktion und Abduktion propagiert. Es beschreibt recht treffend die naturwissenschaftliche Vorgehensweise mit hypothesengeleitetem Experimentieren [PEI1994]. Ingenieurmäßiges Gestalten ist allerdings nur erklärbar, wenn man die Konstruktion hinzunimmt, bei der aus einer Idee direkt durch menschlichen Geist Theorien, Schlüsse und auch Fakten abgeleitet werden können [GAL2019].

terinnen und Botschafter dafür tätig zu werden. Als strukturbildendes Element in der Lehre werden dabei im Wesentlichen die Säulen der Allgemeinbildung herangezogen, die von Hans Werner Heymann identifiziert wurden [HEY2013]: Lebensvorbereitung, Stiftung kultureller Kohärenz, Weltorientierung, Einübung in Verständigung und Kooperation, Anleitung zum kritischen Vernunftgebrauch, Entfaltung von Verantwortungsbereitschaft sowie Stärkung des Schüler-ichs.

Diese Kombination des erweiterten Peirce'schen Modells für Erkenntnisgewinnung und der Heymann'schen Sicht auf Allgemeinbildung hat die folgenden Herangehensweisen an gemeinsame Lehre maßgeblich geprägt.

Ursprünglich wurde, wie im Projekt vorgesehen, das Zertifikat „Digitalität für das Lehramt“ im Wahlbereich im Umfang von 10 ECTS angeboten. Enthalten waren zwei Module: „Digitalität für das Lehramt“ als „Integrierte Veranstaltung“ mit 6 ECTS und „Digitalität gestalten“ als innovatives Lern-/Lehrformat, in dem Studierende andere Studierende anleiten, während der Prozess von den Lehrenden begleitet wird. Trotz intensiver Bewerbung konnte an allen vier unterschiedlichen Terminen die Mindestteilnehmerzahl von drei Studierenden nicht erreicht werden.

Aus diesem Grund haben wir uns stattdessen entschieden, die Digitalität im Rahmen des Moduls „Informatik und Gesellschaft“ umzusetzen. Das Modul wurde an der JGU formal so eingeordnet, dass es für Studierende des Lehramts Informatik weiterhin Pflichtveranstaltung, für alle anderen Studierenden als „social skill“ als Wahlpflicht im Studienplan eingliederbar ist. Auf diese Weise haben in den drei Durchläufen etwa hälftig Studierende der beiden Gruppen die Veranstaltung besucht. Unsere Erfahrungen sind in den folgenden Kapiteln nachzulesen.

## Fazit und Vorausschau

Ohne die detaillierten Erfahrungen und Reflexionen vorwegzunehmen, die in den nächsten Kapiteln ausführlich erörtert werden, möchte ich ein kurzes Gesamtfazit zum Abschluss des Projekts GeLb-DIng abgeben:

Der Grundsatz, mit dem viele Lehrprojekte erfolgreich sind, galt auch für dieses hier: Lehre und Lernen wird weitgehend von Menschen geprägt: Engagierte Lehrende, motivierte Lernende und engagierte Verwaltungsmitarbeiterinnen und -mitarbeiter. Gemeinsam kann man sowohl im Moment für alle Beteiligten gute Lehre gestalten als auch Konzepte für die Zukunft prägen und reflektieren, die für eine verbesserte Lehre in den nächsten Semestern sorgen. Dieses Engagement ist der Schlüsselfaktor!

Für ein Verbundprojekt wie GeLb-DIng, in dem es auch darum geht, strukturelle Voraussetzungen für gemeinsame Lehrprojekte zu schaffen, kommt allerdings als weitere Komponente noch die der Struktur hinzu. Als Informatiker ist man bei aller Innovationsfreude durchaus mit dem Konzept „never change a running system“ vertraut, aber die Persistenz der Strukturen an allen drei beteiligten Universitäten zusammen mit der Haltung einer vorausseilend konservativen Interpretation des zugrundeliegenden Hochschulrechts war für alle Projektbeteiligten doch sehr überraschend.

In diesem Bericht sind daher sehr viele neue, innovative Lehr- und Lernformen sowie ihre Pilotierungen dokumentiert, die sich direkt für hybride Lehre an einem und an mehrere Universitätsstandorten einsetzen lassen.

Für das Lehramtsstudium Informatik ist eine allen Partnern zugängliche Bibliothek von momentan 154 Micromodulen im Umfang von ca. 190 Stunden studentischer Arbeit (entspricht 6-7 ECTS) entstanden, die direkt in Fachdidaktik-Modulen nach dem Prinzip des Inverted Classroom eingesetzt und curricular angerechnet werden können. Berücksichtigt sind auch Kompetenzen, die nicht nur die Informatik, sondern allgemein Digitalität an Schulen betreffen und damit Studierende aller Lehramtsfächer.

Für Digitalität ist in den folgenden Kapiteln eine Blaupause für ein Konzept nachzulesen, mit dem das Themengebiet an der JGU allen Studierenden erschließbar ist.

Für einen Rahmenvertrag, der Lehre an einem Standort besser exportierbar für andere Universitäten macht, haben wir verschiedene Ansätze mit ihren Vor- und Nachteilen sowie begrenzenden strukturellen Faktoren dokumentiert. Einen von den Projektpartnern unterschriebenen Pilotvertrag konnte innerhalb der Projektlaufzeit nicht geschlossen werden.

Im Licht der vielen erreichten Teilziele und gemachten, reflektierten und dokumentierten Erfahrungen für andere Teilziele können alle Projektbeteiligten auf eine sehr erfolgreiche Arbeit zurückblicken.

## Literatur

[GAL2019] Jens Gallenbacher „Ohne Informatik keine Allgemeinbildung“, Informatik-Spektrum, April 2019, Volume 42, Issue 2, pp88-96

[HEY2013] Hans Werner Heymann „Allgemeinbildung und Mathematik. Studien zur Schulpädagogik und Didaktik“ Bd. 13, Weinheim/Basel, Beltz, 1996, Neuauflage 2013

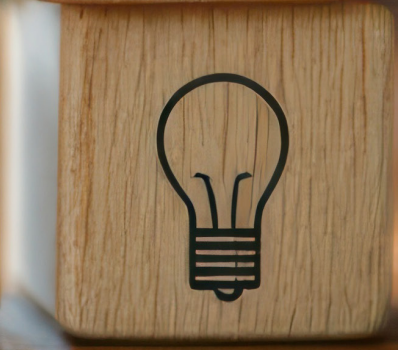
[HUB2009] Ludwig Huber „Warum Forschendes Lernen nötig und möglich ist“ in L. Huber, J. Hellmer, F. Schneider: Forschendes Lernen im Studium. Bielefeld: Universitätsverlag Webler 2009, S. 9-35

[KKM2019] Kultusministerkonferenz „Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung“ Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 2008-10-16 in der Fassung vom 2019-05-16

[MIN2013] Nationales MINT Forum [Hrsg.] „Zehn Thesen und Forderungen zur MINT-Lehramtsausbildung – Empfehlungen des Nationalen MINT Forums“, Nr. 1, München, Herbert Utz Verlag, 2013

[PEI1994] Charles Sanders Peirce „The Collected Papers of Charles Sanders Peirce“, Vols. I–VI ed. by C. Hartshorne, P. Weiss (Harvard University Press, Cambridge, MA, 1931–1935), Vols. VII–VIII ed. by A. W. Burks (same publisher, 1958) in der „Electronic Edition“, 1994

[WIS2020] Wissenschaftsrat „Perspektiven der Informatik in Deutschland“, WR-Drs. 8675-20, Köln, 2020-10-23



# 2 – Ein Kompetenzmodell für die Fachdidaktik der Informatik

## Strukturelle Bedingungen der Lehramtstudiengänge an Universitäten

Die Verantwortung für Bildung liegt in Deutschland sowohl strukturell als auch inhaltlich bei den Ländern. Bei lange bestehenden Schulfächern wie Deutsch oder Mathematik sind die strukturellen Voraussetzungen wie der Gesamtumfang in den Stundentafeln bundeslandübergreifend ähnlich, während sich die Inhalte und die Schwerpunktsetzung teilweise deutlich unterscheiden. Für die gymnasiale Oberstufe haben die Länder über die Kultusministerkonferenz (KMK) mit der „Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung“ [KMK1972] eine strukturelle und mit den „Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA)“ [KMK1989] eine inhaltliche Harmonisierung vorgenommen.

Informatik als Schulfach wird in den gemeinsamen Beschlüssen berücksichtigt, aber sehr rudimentär, was schon am Datum der letzten Überarbeitung, 2004, für dieses sehr schnelllebige Fach ablesbar ist. Daher gibt es sehr heterogene Vorstellungen und resultierend auch Umsetzungen des Fachs Informatik in den Ländern.

Für die Ausbildung von Lehrpersonen haben sich die Länder in der Kultusministerkonferenz dagegen einen ausführlicheren gemeinsamen inhaltlichen Rahmen gegeben [KMK2008] und regelmäßig überarbeitet. Hier wird auch spezifiziert, welche grundlegenden Unterschiede zwischen den Phasen der Bildung von Lehrpersonen bestehen sollen.

Für die erste Phase, dem Studium an einer Universität, sind folgende allgemeine Kompetenzen vorgesehen:

„Studienabsolventinnen und -absolventen

- haben ein solides und strukturiertes Fachwissen (Verfügungswissen) zu den grundlegenden Gebieten ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen erworben; sie können darauf zurückgreifen und dieses Fachwissen ausbauen,
- verfügen aufgrund ihres Überblickswissens (Orientierungswissen) über den Zugang zu den aktuellen grundlegenden Fragestellungen ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen,

- verfügen über Kenntnisse, wo und wie digitale Technologien in der Wissenschaft, in ihren Fächern und in den jeweils einschlägigen Berufen den professionellen Alltag und Erkenntnisprozesse beeinflussen (technologisches Fachwissen),
- können reflektiertes Wissen über ihre Fächer bzw. Fachrichtungen (Metawissen) einsetzen und auf wichtige ideengeschichtliche und wissenschaftstheoretische Konzepte zurückgreifen. In den beruflichen Fachrichtungen werden diese durch reflektierte Erfahrungen aus der Berufspraxis ergänzt,
- können sich aufgrund ihres Einblicks in andere Disziplinen weiteres Fachwissen erschließen und damit fach- bzw. fachrichtungsübergreifende Qualifikationen entwickeln,
- sind mit den Erkenntnis- und Arbeitsmethoden und Medien ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen vertraut und verfügen über grundlegende Kenntnisse bezüglich der fachspezifischen analogen und digitalen Medien und Werkzeuge,
- sind in der Lage, diese Methoden und Medien in zentralen Bereichen ihrer Fächer bzw. Fachrichtungen adressaten- und sachgerecht anzuwenden,
- haben ein solides und strukturiertes Wissen über fachdidaktische Positionen und Strukturierungsansätze und können fachwissenschaftliche bzw. fachpraktische Inhalte auf ihre Bildungswirksamkeit hin und unter didaktischen Aspekten analysieren,
- sind in der Lage, komplexe Sachverhalte adressatengerecht, auch in einfacher Sprache, darzustellen,
- kennen und nutzen Ergebnisse fachdidaktischer und lernpsychologischer Forschung über das Lernen in ihren Fächern bzw. Fachrichtungen,
- kennen die Grundlagen fach- bzw. fachrichtungs- und anforderungsgerechter Leistungsbeurteilung,
- haben fundierte Kenntnisse über Merkmale von Schülerinnen und Schülern, die den Lernerfolg fördern oder hemmen können und darüber, wie daraus Lernumgebungen differenziert zu gestalten sind.“ [KMK2008]

Für die zweite Phase, den Vorbereitungsdienst, der mit dem zweiten Staatsexamen abschließt, sind folgende allgemeine Kompetenzen vorgesehen:

- „fachliches bzw. fachrichtungsspezifisches Lernen planen und gestalten,
- Komplexität unterrichtlicher Situationen bewältigen,
- Nachhaltigkeit von Lernen fördern,
- fach- bzw. fachrichtungsspezifische Leistungsbeurteilung beherrschen,
- Unterricht in heterogenen Lerngruppen planen, durchführen und analysieren,
- die Fähigkeit in multiprofessionellen Teams zu kooperieren,
- Unterricht und Lernprozesse mithilfe digitaler Technologien zu unterstützen und den Schulalltag zu organisieren.“ [KMK2008]

Prinzipiell wird damit formal für das Studium eine wissenschaftsorientierte, von der schulischen Praxis weitgehend unabhängige Herangehensweise vorgegeben. Tatsächlich bestehen jedoch an den lehramtsbildenden Universitäten relevante Verknüpfungen zur schulischen Praxis in der Umgebung:

Studierende der Lehrämter wählen deutlich häufiger eine Universität in der Nähe ihrer Wohnorte, haben sehr häufig auch „ihre alte Schule“ für die berufliche Zukunft im Blick. Schulpraktika bzw. Praxissemester finden selbstverständlich an Schulen in der Umgebung statt. Sie werden je nach Bundesland von den Universitäten oder von den Studienseminaren verantwortet, sind also inhaltlich unterschiedlich an der ersten oder zweiten Phase orientiert.

Einzelne Bundesländer haben zusätzlich zu den gemeinsamen KMK-Vorgaben Richtlinien für die Durchführung der ersten Phase der Bildung von Lehrpersonen. So gelten in Rheinland-Pfalz die „Curricularen Standards“ [RP2010]. Diese legen nicht nur Kompetenzen fest, sondern auch den strukturellen Aufbau der Studieninhalte, wie Titel und Umfang der Module. Auch andere Landesvorschriften wie das Lehrkräftebildungsgesetz in Hessen machen hier Festlegungen.

An den meisten Universitätsstandorten ist das Lehramtsstudium so organisiert, dass die Studierenden der Lehrämter die fachwissenschaftlichen Veranstaltungen gemeinsam mit den Studierenden der anderen Studiengänge (z. B. B./M. Sc) besuchen. Das ist einerseits ökonomisch, andererseits auch pädagogisch und didaktisch sinnvoll: Insbesondere in der gymnasialen Oberstufe werden die Schülerinnen und Schüler auf die allgemeine Hochschulreife vorbereitet und so sollten die Lehrpersonen auch Erfahrungen mit einem wissenschaftlichen Studium haben.

Die fachdidaktischen Lehrveranstaltungen sind weitgehend exklusiv für die Lehramtsstudierenden, wenn auch – wie in Mainz – teilweise als Wahlpflicht von den anderen Studierenden belegbar. Die Fachdidaktik sollte sich idealerweise zumindest teilweise auf die fachwissenschaftlichen Lehrveranstaltungen beziehen. Daher ergeben sich universitätsspezifische Themenbereiche und Schwerpunkte.

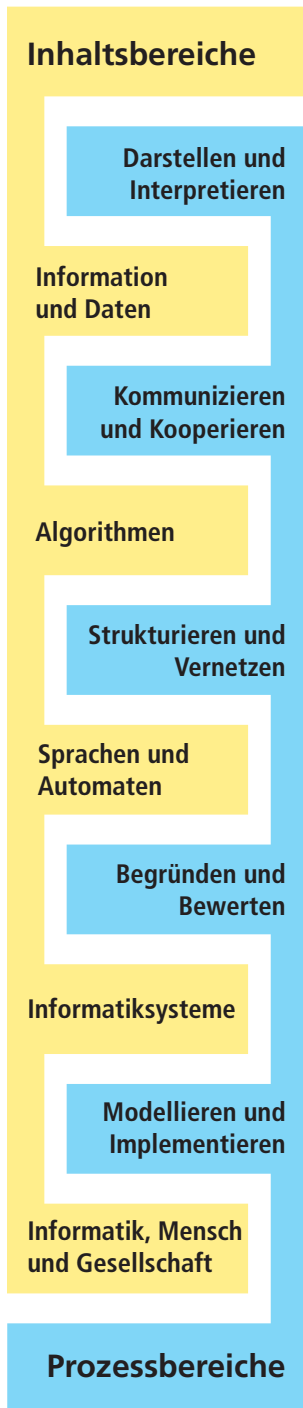
Zusammenfassend kann festgehalten werden, dass es aufgrund der genannten Voraussetzungen trotz einer recht spezifischen Vorgabe der KMK für die erste Phase der Bildung von Lehrpersonen nicht gelingt, auch nur die Fachdidaktik-Lehrveranstaltungen universitäts- oder sogar bundeslandübergreifend identisch zu definieren.

## **Kompetenzmodell mit Berücksichtigung gemeinsamer Lehre**

Um Lehre im beschriebenen heterogenen Kontext gemeinsam zu verantworten oder von einem Standort aus für mehrere Universitäten anzubieten, wird daher ein flexibles, hinreichend granulares Kompetenzmodell benötigt, das die inhaltlichen und strukturellen Vorgaben abbildet und eine nachvollziehbare, rechtssichere Übertragung auf die lokalen Vorgaben und Gegebenheiten ermöglicht. Es ist auch wünschenswert, wenn mehrere Lernzugangswege sichtbar gemacht werden, um eine individuelle Wahl der Studierenden oder lokalen Lehrenden zu erleichtern.

Auch wenn die KMK-Fächerprofile für die erste Phase der Bildung von Lehrpersonen das wissenschaftliche Studium ins Zentrum stellen, sind die für die Schule entwickelten Bildungsstandards der Gesellschaft für Informatik (GI) eventuell ein wichtiges Kompetenzmodell [GI2016], [GI2019], [GI2025].

Nach dem Vorbild der Bildungsstandards für Mathematik sind die GI-Bildungsstandards in die Dimensionen „Prozessbereiche“ und „Inhaltsbereiche“ gegliedert. Für die Sekundarstufe 2 kommen noch die „Anforderungsbereiche“ nach dem Vorbild der EPA [KMK1989] hinzu.



Diese Bildungsstandards nehmen erklärterweise möglichst die Perspektive der Schülerinnen und Schüler im Sinne der Allgemeinbildung ein. Das KMK-Konzept sieht demgegenüber vor, zunächst aus der Perspektive der Fachwissenschaft zu arbeiten und dann in der zweiten Phase einen Wechsel vorzunehmen. Dieser Perspektivwechsel hat didaktisch große Vorteile: Aufgabe der Lehrpersonen ist in der gymnasialen Oberstufe auch die Vorbereitung auf ein Studium und damit die Vorbereitung unter anderem auf genau einen entsprechenden Perspektivwechsel. Daher können die GI-Bildungsstandards durchaus Anhaltspunkte darstellen, etwa aus den Inhaltsbereichen, aber nicht Hauptgrundlage für ein Kompetenzmodell sein.

Das von Andreas Schwill auf die Informatik übertragene Modell der fundamentalen Idee hat dagegen eine sehr ausgeprägte fachwissenschaftliche Perspektive. Die fundamentalen Ideen spielen auch in der Systematisierung der Fachdidaktik eine große Rolle. Eine fundamentale Idee ist nach Schwill „ein Denk-, Handlungs-, Beschreibungs- oder Erklärungsschema, das in verschiedenen Bereichen (der Wissenschaft) vielfältig anwendbar oder erkennbar ist (Horizontalkriterium), auf jedem intellektuellen Niveau aufgezeigt und vermittelt werden kann (Vertikalkriterium), in der historischen Entwicklung (der Wissenschaft) deutlich wahrnehmbar ist und längerfristig relevant bleibt (Zeitkriterium), einen Bezug zu Sprache und Denken des Alltags und der Lebenswelt besitzt (Sinnkriterium).“ [SCH1993]

Insofern scheint eine gute Idee zu sein, Kompetenzen inhaltlich am Modell der fundamentalen Ideen zu orientieren. Einen Ausgangspunkt stellen sicherlich die Schwill'schen Masterideen „Strukturierte Zerlegung“, „Algorithmisierung“ und „Sprache“ dar, aber auch andere Kategorisierungen wie „Modellbildung“ und „Problemlösen“ sind in der Didaktik üblich und sinnvoll. In der Praxis hat sich gezeigt, dass sich eine Zuordnung recht gut aus der Konzeption der fachdidaktischen Lehreinheit und den damit verbundenen Lernzielen ergibt.

Die Anforderungsbereiche der EPA sind sehr spezifisch für das in der Schule etablierte Assessment ausgelegt. Sie sind auch immer sehr im Kontext des durchgeführten Unterrichts zu betrachten: So kann die Implementierung von Bubblesort etwa dem Anforderungsbereich I zugeordnet werden, falls diese im Unterricht bereits durchgeführt wurde. Anforderungsbereich II gilt, wenn ähnliche Algorithmen wie Gnomesort thematisiert wurden. Falls aber etwa lediglich das Prinzip des vergleichsbasierten Sortierens bekannt ist, kann die gleiche Aufgabenstellung auch dem Bereich III zugeordnet werden. Das ist für den Zweck des Werkzeugs im Rahmen der EPA durchaus sinnvoll und die kontextunabhängigere Verwendung lässt sich mit einer etwas anderen Interpretation erreichen: Betrachtet wird nicht konkret eine Aufgabe, sondern die Einschätzung, welche Aufgaben von Studierenden bewältigt werden können, wenn sie die betroffene Kompetenz erfolgreich erworben haben.

Eine entsprechende Problematik wurde auch bereits viel früher im Bereich der Fremdsprachen aufgegriffen: Auch hier möchte man eine Zertifizierung vornehmen, die die tatsächlichen sprachlichen Fertigkeiten und damit ihre praktische Anwendbarkeit abbildet, unabhängig von der für den Erwerb nötigen Leistung. Ein etabliertes Modell dafür ist der Gemeinsame Europäische Referenzrahmen (GER) [ER2013]. Es teilt sprachliche Niveaus in drei Kompetenzstufen: A: Elementare Sprachverwendung, B: Selbstständige Sprachverwendung, C: Kompetente Sprachverwendung. Die drei Stufen werden dann durch die Ziffern 1, 2 weiter differenziert.

Eine Arbeitsgruppe um Gerhard Röhner hat diesen sprachlichen Referenzrahmen 2020 erfolgreich auf die schulische Informatik bezogen [MNU2020] und dafür die Niveaustufen A und B

umgesetzt. Es liegt auf der Hand, diese Systematik für die universitäre Ausbildung um C ergänzt einzusetzen. Weiter unten wird dieses Thema detaillierter aufgegriffen.

Ein weiteres etabliertes Kompetenzmodell ist das von Anderson und Krathwohl [AND2001]. Es teilt in Prozessbereiche und Wissensbereiche ein, wobei für GeLb-DIng hauptsächlich die Wissensbereiche relevant sind. Hier kennen Anderson und Krathwohl die Kategorien „Faktenwissen“, „Konzeptwissen“, „Prozedurales Wissen“ und „Metakognitives Wissen“.

Für die in diesem Projekt entstandenen Module und Lehreinheiten wurde iterativ ein Modell aus allen erwähnten Quellen erstellt und verfeinert. Der Bezug zu den Kategorien I, II, III der EPA wird explizit gewünscht. Um jedoch deutlich zu machen, dass es eher um eine allgemeinere Zertifizierung als um Assessment geht, werden die Kategoriebezeichnungen A1, A2, B1, B2, C1, C2 des GER [ER2013] verwendet (nicht B1+ aus GeRRI).

Im Vergleich zu GER wird hier C2 etwas aufgewertet, denn laut Beschreibung ist dort C2 für Muttersprachler ein Automatismus. Effektiv wird das aber auch in der universitären Lehre der Sprachwissenschaften nicht so umgesetzt und ein Deutscher muss trotzdem die entsprechende Prüfung nachweisen, um formal das Referenzniveau C2 zugeteilt zu bekommen (auch wenn tatsächlich aufgrund EU-Recht für Lehrpersonen unter Umständen dieser Nachweis nicht nötig ist).

Als Beispiel werden im Folgenden unterschiedliche Ausprägungen der Kompetenz „Historisch-genetisch“ aufgeführt. Allgemein soll diese folgendermaßen spezifiziert sein:

Die Studierenden können Unterricht im Sinne des Wagenschein'schen genetischen Ansatz planen und durchführen sowie dabei besonders die historische Genese nach Köhnlein in den Mittelpunkt der didaktischen Betrachtungen stellen. [WAG1968] [MOE2001]

### **Niveau A1 – Anfänger**

Erwerb von Faktenwissen (deklaratives Wissen, passives Wissen)

Allgemein: Erinnern, Verstehen.

„Kognitive Phase“ nach Anderson [AND2001]: Deklaratives Wissen aneignen, Problemlösen nur langsam, Abruf von Wissen aus dem Gedächtnis zögerlich.

Beispiel-Aktivität der Studierenden: Haben die Artikel von Wagenschein und Köhnlein bzw. entsprechende Sekundärliteratur gelesen und ggf. eine entsprechende Online-Vorlesung durchgearbeitet, eventuell unter Beantwortung einiger Quizfragen.

Beispielkompetenz: Die Studierenden können die wesentlichen Aspekte des historisch-genetischen Unterrichts nennen sowie Vor- und ggf. Nachteile aufzählen, die von den Autoren vorgegeben wurden.

### **Niveau A2 – Grundlegende Kenntnisse**

Erwerb von Faktenwissen und Wissen um die Anwendung in ausgewählten Kontexten

Allgemein: Erinnern, Verstehen, in den Kontext setzen.

## **Anforderungsbereiche**

### **I Reproduktion**

### **II Reorganisation und Transfer**

### **III Reflexion und Problemlösung**

Kompetenzbereiche nach den GI-Bildungsstandards (auch linke Marginalie)

## **Sprachniveaus nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (GER)**

### *A1 – Anfänger*

Kann vertraute, alltägliche Ausdrücke und ganz einfache Sätze verstehen und verwenden, die auf die Befriedigung konkreter Bedürfnisse zielen. Kann sich und andere vorstellen und anderen Leuten Fragen zu ihrer Person stellen – z. B. wo sie wohnen, was für Leute sie kennen oder was für Dinge sie haben – und kann auf Fragen dieser Art Antwort geben. Kann sich auf einfache Art verständigen, wenn die Gesprächspartnerinnen oder Gesprächspartner langsam und deutlich sprechen und bereit sind zu helfen.

### *A2 – Grundlegende Kenntnisse*

Kann Sätze und häufig gebrauchte Ausdrücke verstehen, die mit Bereichen von ganz unmittelbarer Bedeutung zusammenhängen (z. B. Informationen zur Person und zur Familie, Einkaufen, Arbeit, nähere Umgebung). Kann sich in einfachen, routinemäßigen Situationen verständigen, in denen es um einen einfachen und direkten Austausch von Informationen über vertraute und geläufige Dinge geht. Kann mit einfachen Mitteln die eigene Herkunft und Ausbildung, die direkte Umgebung und Dinge im Zusammenhang mit unmittelbaren Bedürfnissen beschreiben.

### *B1 – Fortgeschrittene Sprachverwendung*

Kann die Hauptpunkte verstehen, wenn klare Standardsprache verwendet wird und wenn es um vertraute Dinge aus Arbeit, Schule, Freizeit usw. geht. Kann die meisten Situationen bewältigen, denen man auf Reisen im Sprachgebiet begegnet. Kann sich einfach und zusammenhängend über vertraute Themen und persönliche Interessengebiete äußern. Kann über Erfahrungen und Ereignisse berichten, Träume, Hoffnungen und Ziele beschreiben und zu Plänen und Ansichten kurze Begründungen oder Erklärungen geben.

„Kognitive Phase“ nach Anderson [AND2001]: Deklaratives Wissen aneignen, Problemlösen nur langsam, Abruf von Wissen aus dem Gedächtnis zögerlich, Kategorisierung nach vorgegebener Systematisierung.

Beispiel-Aktivität der Studierenden: Haben eine praktische Durchführung eines Unterrichts nach dem Prinzip der historischen Genese präsentiert bekommen (z. B. Arbeit mit dem Abakus und die historische Entwicklung von Rechenmaschinen) und dazu eine Übungsaufgabe bearbeitet (z. B. die Frage beantwortet, warum der Ansatz nach Wagenschein historisch-genetisch ist oder wie man den Unterricht gestalten muss, damit er historisch-genetisch wird).

Beispielkompetenz: Die Studierenden können den historisch-genetischen Ansatz in konkreten Beispielen erkennen und begründen, warum es sich um diesen handelt.

## **Niveau B1 – Fortgeschrittene Verwendung**

Erwerb von Konzeptwissen (Beziehungen zwischen Elementen werden klar)

Allgemein: Anwenden.

„Assoziative Phase“ nach Anderson [AND2001]: Reflexion der kognitiven Phase, Fehler korrigieren, Verknüpfung einzelner Operatoren zu Prozeduren.

Beispiel-Aktivität der Studierenden: Haben eine erste Übung mit Reflexion zum historisch-genetischen Ansatz gemacht und z. B. exemplarisch dem logisch-genetischen Ansatz gegenübergestellt sowie Unterschiede herausgearbeitet.

Beispielkompetenz: Die Studierenden können den historisch-genetischen Unterricht in den Kontext anderer Unterrichtsformen und –modelle einordnen und ihre Einordnung begründen.

## **Niveau B2 – Selbständige Verwendung**

Anwendung von Konzeptwissen (Beziehungen zwischen Elementen werden genutzt)

Allgemein: Anwenden in vorgegebenen Kontexten.

„Assoziative Phase“ nach Anderson: Reflexion der kognitiven Phase, Fehler korrigieren, Verknüpfung einzelner Operatoren zu Prozeduren, um konkrete Aufgabenstellungen zu lösen.

Beispiel-Aktivität der Studierenden: Hat eine vorgegebene Aktivität (z. B. „Strukturierte Zerlegung im Kontext von Stellenwertsystemen“) selbst recherchiert und lehrplankonform einen Unterrichtsentwurf nach dem Prinzip des historisch-genetischen Unterrichts dazu skizziert.

Beispielkompetenz: Die Studierenden können historisch-genetischen Unterricht im Kontext vorgegebener Kompetenzen planen und durchführen.

## **Niveau C1 – Fachkundige Kenntnisse**

Anwendung von metakognitivem Wissen (Reflexionsfähigkeit, Wissen um das eigene Wissen)

Allgemein: Reflektieren, Neues entwickeln.

„Autonome Phase“ nach Anderson [AND2001]: Prozeduren benötigen weniger Verarbeitungsressourcen, intuitive Anwendung, ohne darüber explizit nachzudenken.

Beispiel-Aktivität der Studierenden: Haben einen Unterrichtsentwurf nach dem Modell historisch-genetischen Unterrichts frei erstellt und durchgeführt (in Präsenz vor einer Schulklasse bzw. vor Mitstudierenden oder auch virtuell).

Beispielkompetenz: Die Studierenden können historisch-genetischen Unterricht frei planen und durchführen.

### **Niveau C2 – Reflektierte Kenntnisse**

Anwendung und Reflexion von metakognitivem Wissen (Reflexionsfähigkeit, Wissen um das eigene Wissen)

Allgemein: Reflektieren, Neues entwickeln, Hinterfragen.

„Autonome Phase“ nach Anderson [AND2001]: Prozeduren fallen leicht, Fokus liegt auf Fortentwicklung.

Beispiel-Aktivität der Studierenden: Haben für andere Studierende einen Vorlesungstermin oder eine Übung zum historisch-genetischen Unterricht konzipiert und durchgeführt.

Beispielkompetenz: Die Studierenden können historisch-genetischen Unterricht frei planen und durchführen sowie reflektieren und analysieren.

## **Umsetzung**

Für die Umsetzung des Kompetenzmodells im Kontext von Lernplattformen wie Moodle ist ein einheitlicher Namespace relevant: Moodle ist zum Beispiel nur in der Lage Kompetenzbezeichner im Rahmen der „competency frameworks“ global zu führen. So liegt es auf der Hand, für die unterschiedlichen Fachbereiche spezifische Domänen festzulegen und so eindeutige Namespaces zu schaffen.

Für GeLb-DiNg wurden sowohl für die Eingangs- als auch Ausgangskompetenzen eindeutige Identifizierer genutzt, die auf „-di“ als Domäne enden:

niveau-kompetenz-di

Beispielsweise:

a1-historisch-genetisch-di

c1-historisch-genetisch-di

a1-problemloesen-di

Für die Einteilung der Niveaus hat sich ergeben, dass die hier getroffenen Definitionen weitgehend, aber nicht komplett strikt eingehalten werden können. Sie dienen innerhalb eines Kompetenzbereichs zur Unterteilung aufeinander aufbauender Module und sollten dies den Lernenden transparent machen.

Die praktische Anwendung ist dem Kapitel „Inverted Classroom mit Micromodulen“ zu entnehmen.

### **Sprachniveaus nach dem Gemeinsamen Europäischen Referenzrahmen für Sprachen (GER)**

*B2 – Selbständige Sprachverwendung*  
Kann die Hauptinhalte komplexer Texte zu konkreten und abstrakten Themen verstehen; versteht im eigenen Spezialgebiet auch Fachdiskussionen. Kann sich so spontan und fließend verständigen, dass ein normales Gespräch mit Muttersprachlern ohne größere Anstrengung auf beiden Seiten gut möglich ist. Kann sich zu einem breiten Themenspektrum klar und detailliert ausdrücken, einen Standpunkt zu einer aktuellen Frage erläutern und die Vor- und Nachteile verschiedener Möglichkeiten angeben.

*C1 – Fachkundige Sprachkenntnisse*  
Kann ein breites Spektrum anspruchsvoller, längerer Texte verstehen und auch implizite Bedeutungen erfassen. Kann sich spontan und fließend ausdrücken, ohne öfter deutlich erkennbar nach Worten suchen zu müssen. Kann die Sprache im gesellschaftlichen und beruflichen Leben oder in Ausbildung und Studium wirksam und flexibel gebrauchen. Kann sich klar, strukturiert und ausführlich zu komplexen Sachverhalten äußern und dabei verschiedene Mittel zur Textverknüpfung angemessen verwenden.

*C2 – Annähernd muttersprachliche Kenntnisse*  
Kann praktisch alles, was er/sie liest oder hört, mühelos verstehen. Kann Informationen aus verschiedenen schriftlichen und mündlichen Quellen zusammenfassen und dabei Begründungen und Erklärungen in einer zusammenhängenden Darstellung wiedergeben. Kann sich spontan, sehr flüssig und genau ausdrücken und auch bei komplexeren Sachverhalten feinere Bedeutungsnuancen deutlich machen.

## Literatur

- [AND2001] Lorin Anderson, David Krathwohl (Eds.): A Taxonomy for learning, teaching and assessing: A Revision of Bloom's Educational Objectives, 2001, Ally and Bacon, Boston, Pearson Education
- [ER2013] Europarat: Gemeinsamer Europäischer Referenzrahmen für Sprachen(GER), <https://www.europaeischer-referenzrahmen.de/index.php>
- [GI2016] Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe II, Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V., Beilage zu LOG IN, 36. Jg. (2016), Heft Nr. 183/184
- [GI2019] Kompetenzen für informatische Bildung im Primarbereich, Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e. V., Beilage zu LOG IN, 39. Jahrgang (2019), Heft Nr. 191/192
- [GI2025] GI: Bildungsstandards Informatik für die Sekundarstufe I – Empfehlungen der Gesellschaft für Informatik e.V. (GI), 2025, doi: 10.18420/rec2025\_052, <https://informatikstandards.de>
- [KMK1972] Vereinbarung zur Gestaltung der gymnasialen Oberstufe und der Abiturprüfung, Beschluss der KMK vom 07.07.1972 i. d. F. vom 06.06.2024
- [KMK1989] Einheitliche Prüfungsanforderungen Informatik, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 01.12.1989 i.d.F. vom 05.02.2004
- [KMK2008] Ländergemeinsame inhaltliche Anforderungen für die Fachwissenschaften und Fachdidaktiken in der Lehrerbildung, Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.10.2008 i. d. F. vom 08.02.2024
- [MNU2020] Gemeinsamer Referenzrahmen Informatik (GeRRI), Mindeststandards für die auf Informatik bezogene Bildung, Empfehlungen des MNU - Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts, 1. Auflage 2020
- [MOE2001] Kornelia Möller: Genetisches Lehren und Lernen – Facetten eines Begriffs, in Diethard Cech, Bernd Feige et al [Hrsg.]: Die Aktualität der Pädagogik Martin Wagenscheins für den Sachunterricht. Walter Köhnlein zum 65. Geburtstag, Bad Heilbrunn, Klinkhardt, 2001, S. 15-30.
- [RP2010] Curriculare Standards der Studienfächer in lehramtsbezogenen Bachelor- und Masterstudiengängen, Verwaltungsvorschrift des Ministeriums für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur Rheinland Pfalz, 1. Oktober 2007 (9126 Tgb.-Nr. 318/07)
- [SCH1993] Andreas Schwill: Fundamentale Ideen der Informatik, Zentralblatt für Didaktik der Mathematik, 25(1):20–31, 1993
- [WAG1968] Martin Wagenschein: Verstehen lehren – Genetisch–Sokratisch–Exemplarisch, Beltz, Weinheim, 1968, ISBN 978-3-407-22022-6, 5. Auflage 2010





## 3 – Inverted Classroom mit Micromodulen

Moderne Lehre lässt sich weitgehend mit dem konstruktivistischen Modell verbinden: Der Kompetenzaufbau bei den Lernenden erfolgt aktiv und weitgehend individuell, abhängig von bereits vorhandenen Konzepten und Vorstellungen. Sowohl in der universitären als auch schulischen Lehre werden daher Wege beschritten, den Unterricht weniger lehrpersonenzentriert zu gestalten.

Ein sehr erfolgreicher Ansatz ist „Forschendes Lernen“ nach Ludwig Huber: „Forschendes Lernen zeichnet sich vor anderen Lernformen dadurch aus, dass die Lernenden den Prozess eines Forschungsvorhabens, das auf die Gewinnung von auch für Dritte interessanten Erkenntnissen gerichtet ist, in seinen wesentlichen Phasen – von der Entwicklung der Fragen und Hypothesen über die Wahl und Ausführung der Methoden bis zur Prüfung und Darstellung der Ergebnisse in selbstständiger Arbeit oder in aktiver Mitarbeit in einem übergreifenden Projekt – (mit) gestalten, erfahren und reflektieren.“ [HUB2009]

Die Studierenden nehmen also die Haltung von Forschenden ein und erwerben nötige Kompetenzen mit der Motivation, eine Forschungsfrage zu beantworten. Diese muss nicht unbedingt neuartig sein, wie dies für eine Dissertation nötig wäre. Sehr ähnlich ist das „Projektbasierte Lernen“, hier steht im Fokus nicht die Forschungsfrage sondern ein innovatives Produkt.

Die Rolle der Lehrenden ist im Idealfall während der Lernphasen hauptsächlich beratend und strukturierend. Die Lernenden wählen selbst ihre Methoden, gestalten die Prozesse und reflektieren ihren Fortschritt. Letztlich müssen Lehrenden allerdings trotzdem ihre hoheitliche Pflicht erfüllen und einerseits den Prozess im Sinne der Studierbarkeit professionell steuern, andererseits am Ende den Lernerfolg durch summatives Assessment begutachten und bewerten.

An Universitäten und Hochschulen wurde und wird forschungsbasiertes Lernen unter Bezeichnungen wie „Studium individuale“ oder „Studium generale“ mit sehr kleinen Kohorten von Studierenden erprobt und erweist sich als gut geeignet für hoch intrinsisch motivierte Lernende. Für den Regelfall ergeben sich jedoch strukturelle Hindernisse:

Der Bologna-Prozess hat das Studium durch Vergabe einheitlicher Leistungspunkte und Zuordnung von Zeitkontingenten einerseits verlässlicher und transparenter gemacht, andererseits den Raum für Individualität verkleinert. Zwischen den Lehrveranstaltungen gibt es eine deutliche „Kannibalisierung“: Extrem gedacht führt erwünschtes effizientes Studieren dazu, überall das Minimum zum Bestehen zu leisten (mit Blick auf die Abschlussprüfung oft studentisch als „vier gewinnt“ bezeichnet). Der erbrachte Arbeitsaufwand der Studierenden ist daher in vielen Fällen

eher von einem strikten Assessment durch die Lehrenden als von einer inhaltlich und organisatorisch attraktiven Lehrveranstaltung abgeleitet. Insofern ist universitäre Lehre oft eine Gratwanderung zwischen sehr lehrpersonenzentrierten Veranstaltungen wie der klassischen „Vorlesung“, die von Lernenden mehr oder weniger als Konsumenten absolviert wird und solchen Lernformen, die Verantwortung für den eigenen Lernerfolg fördern und gleichzeitig auch fordern, aber immer engmaschig durch die Lehrenden begleitet werden müssen. Methoden wie „Self Assessment“ können unterstützen, letztlich sind die Lehrenden aber insbesondere in den Lehramtsstudiengängen dafür verantwortlich, dass die Lernenden die von den KMK-Fächerprofilen, curricularen Standards und anderen Festlegungen vorgegebenen Kompetenzen auch im erforderlichen Maße erworben haben, um in der zweiten Phase der Lehrerbildung erfolgreich zu sein.

Eine inzwischen erprobte und etablierte Methode ist die des Inverted Classroom bzw. Flipped Classroom: Die Phasen einer klassischen Vorlesung – zunächst frontale, lehrendenzentrierte Wissensvermittlung und danach Erprobung des erworbenen Wissens in Übungen und Praktika – werden vertauscht. Die Lernenden eignen sich in der Inputphase bzw. Selbststudienphase neue Kompetenzen an. Das geschieht mit Hilfe unterschiedlicher Medien, zu denen auch klassische Screencasts gehören, aber auch Rechercheaufträge oder individuellere Impulse [HOC2019]. Wichtig ist, dass die Verantwortung für den Kompetenzerwerb bei den Lernenden liegt [BER2012] [HAN2012].

Die Ausprägung der Invertierung wird in der Praxis sehr unterschiedlich gehandhabt: Ideal für die Berücksichtigung des konstruktivistischen Lernmodells ist, wenn der Unterricht der auf das Selbstlernen folgenden Präsenzphase möglichst vollständig von den Lernenden gestaltet wird. In vielen Fällen manifestiert sich diese freie Gestaltung allerdings lediglich in einer begrenzten Auswahlmöglichkeit der Lernenden unter verschiedenen Aufgaben in der Selbstlernphase.

Im Rahmen des Projekts, aber auch zuvor beim coronabedingten Einsatz digitaler Lehre, wurden an der JGU etliche Ausprägungen des Ansatzes Inverted Classroom für die Fachdidaktik der Informatik erprobt. Unter anderem aufgrund der geringen Kohortengröße erfolgte keine empirische Auswertung, die hier geschilderten Sachverhalte sind anekdotisch zu verstehen.

Bei sehr freien Lehrformaten bespricht man in einem gemeinsamen Plenum in Präsenz die zu erwerbenden Kompetenzen und generelle Möglichkeiten, diese durch Literatur und andere Medien zu erwerben, sowie durch Entwicklung eigener Aufgabenstellungen zu festigen. Auch wenn sich immer wieder einzelne Studierende stark einbringen konnten, waren solche Formate für die Mehrzahl ungeeignet: An der anschließenden Präsenzphase beteiligten sich sehr wenige Studierende, oft fand dann doch eine klassische „Vorlesung“ zum Thema statt.

Die Studierenden zeigten sich von der offenen Vorgehensweise größtenteils sowohl inhaltlich als auch zeitlich überfordert. Sehr oft führten sie aus, dass sie den Ansatz interessant fänden, dies jedoch in keiner der anderen Lehrveranstaltungen gefördert würde und daher überfordere. Dies zeigt das Potential auf, universitäre Lehre insgesamt in Richtung von mehr Studierendenzentriertheit zu reformieren. Für einzelne Lehrveranstaltungen sind jedoch moderatere Vorgehensweisen sinnvoll.

# Inverted Classroom für die Fachdidaktik der Informatik

Für die Fachdidaktik der Informatik hat sich folgendes Schema des Inverted Classroom als gangbar und weitgehend akzeptiert herausgestellt. Im Rahmen des Projekts wurde dieses auch anhand von Evaluationen und Befragungen reflektiert und im entsprechenden Kapitel dieses Abschlussbands dokumentiert.

Die Veranstaltungen haben jeweils eine wöchentliche Präsenzphase von 2 akademischen Stunden (1:30 Zeitstunden). Einige Veranstaltungen haben zusätzlich eine Übung mit gleichem Umfang in Präsenz.

Jede Woche gibt es ein Schwerpunktthema („Plenarthema“). Hier wird der Ablauf anhand des Themas „Allgemeines Problemlöseschema“ dargestellt, das in Semesterwoche 2 bearbeitet wird.

- Präsenzphase Woche 1: Kurzer, lehrendenzentrierter, interaktiver Impuls (ca. 15 min) mit Motivation und Einführung in die Thematik. Kurze Besprechung der Arbeitsaufträge in Form von „Micromodulen“.
- Woche 1 bis Woche 2: Arbeitsphase. Studierende bearbeiten die Micromodule einzeln oder in Gruppen selbständig in von ihnen bestimmten Phasen. Die Bearbeitung sowie die erreichten Ergebnisse werden schriftlich dokumentiert.
- Falls eine Präsenzübung vorgesehen ist in Woche 2: Ein Micromodul wird mit besonderer Berücksichtigung schulpraktischer Erwägungen gemeinsam fortgeführt. Ergebnis ist möglichst eine Unterrichtsskizze für den praktischen Einsatz der erworbenen Kompetenzen.
- Präsenzphase Woche 2: Studierende gestalten das „Plenum“, indem zunächst besondere Herausforderungen der Bearbeitung, aber auch interessante Erkenntnisse geteilt werden. Lehrende fungieren als Moderatoren, beleben die Diskussion nötigenfalls durch Impulsfragen zu den Micromodulen immer wieder an. Gleichzeitig haben sie ein Augenmerk auf die Sicherung der erworbenen Kompetenzen durch Verknüpfung mit der fachdidaktischen Praxis, ggf. durch Provokation der Frage „Wofür brauchen wir das?“.
- Präsenzphase Woche 2: Impuls für das nächste Plenarthema.

Das Schema lässt sich recht gut in der universitären Praxis einsetzen, da in der ersten Woche ohnehin meistens etliche organisatorische Fragen zu klären sind und so noch kein „Plenum“ stattfindet. Für die üblichen 14 Wochen eines Semesters ergeben sich so 13 Plenarthemen.

Der Umfang der Micromodule bzw. der vorgesehene zeitliche Aufwand der Bearbeitung lässt sich mit dem vom Bologna-Prozess vorgesehenen Schema für Leistungspunkte umsetzen.

Für die Fachdidaktik der Informatik 1 sind dies an der JGU 6 LP. Das entspricht 1/5 des vorgesehenen Aufwands für ein Semester und insgesamt 180 (Zeit-)stunden Aufwand für durchschnittliche Studierende. Der Aufwand kann aufgeschlüsselt werden in

- 14 Vorlesungswochen x (1,5h Plenum + 1,5h Übung) Präsenz = 42h
- Blockveranstaltung GeLb-DIng = 8h
- 13 Plenarthemen x 5h = 65h Selbststudium während Vorlesungszeit
- 55h Selbststudium frei (Vorlesungszeit und/oder vorlesungsfreie Zeit)
- 10h Prüfungsvorbereitung

Damit entspricht der Aufwand während der Vorlesungszeit auch einem normalen Arbeitstag mit 8 Stunden, so wie es der Bologna-Prozess vorsieht.

## Portfolio als persönliche Dokumentation

Für die Dokumentation der Bearbeitung von Micromodulen wurden im Rahmen des Projektes verschiedene Ansätze erprobt. Zunächst wurden – in der Art klassischer Übungen – über verschiedene technische Implementierungen Abgaben terminiert und von den Lehrenden bewertet.

Zusammen mit dem eingeplanten Zeitaufwand von 5 Stunden pro Woche hat dies dazu geführt, dass etliche Studierende den Anschluss verloren, wenn sie aus unterschiedlichen Gründen wie Prüfungen oder Praktika in anderen Fächern, aber auch privaten Gegebenheiten, die Module für zwei Wochen oder länger nicht in der vorgesehenen Tiefe bearbeiten konnten. Die Evaluation ergab, dass sich auch die meisten Studierenden, die die Leistung wie vorgesehen erbrachten, ständig unter Druck fühlten.

In der Lehrerbildung ist bereits seit den 2010er-Jahren das Werkzeug des Portfolios in der Erprobung bzw. sogar in vielen Landesverordnungen und -gesetzen verpflichtend (z. B. §2(3) Hessisches Lehrerbildungsgesetz: „Während der gesamten Ausbildung und des Berufslebens ist ein fortlaufendes Portfolio zu führen. Unter einem fortlaufenden Portfolio ist eine individuelle und berufsrelevante Sammlung von Belegen zu verstehen. Ziel dieser Sammlung sind die Dokumentation und Reflexion der eigenen Kompetenzentwicklung der Studierenden, der Lehrkräfte im Vorbereitungsdienst und der Lehrkräfte im Berufsleben während der Lehrkräfteausbildung, Lehrkräftefortbildung und Lehrkräfteweiterbildung. [...]“)

Während es bisher auch für die Effekte der Portfolioarbeit eher anekdotische als empirische Belege gibt [FED2019], erscheint das Werkzeug als guter Kompromiss zwischen freiem Studium und verbindlicher Dokumentation des Kompetenzerwerbs während der Vorlesungszeit als geeignet. Gleichzeitig ist das Portfolio ein relevantes didaktisches Werkzeug, so dass mit der Führung eines solchen im Rahmen der Fachdidaktik auch entsprechender Kompetenzerwerb einhergeht.

Daher führen die Studierenden im Rahmen der Pilotierungen der letzten Jahre der Projektlaufzeit ein persönliches Portfolio, in dem die Vorgehensweisen und Ergebnisse beim Kompetenzerwerb dokumentiert werden. Das Portfolio wird als zusammenhängendes Dokument online geführt und ist in Bezug auf die Lerngruppe öffentlich: Alle in der gleichen Lehrveranstaltung angemeldeten Studierenden sowie die Lehrenden können die Portfolios einsehen und kommentieren. Ein solcher Kommentar ist für alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer auch verpflichtend.

Bei der Einführung wird viel Wert darauf gelegt, dass das Portfolio individuell und persönlich ist, daher in der Regel eine selbstgewählte Struktur und auch einen individuellen Umfang hat. Es ist ausdrücklich erlaubt, Materialien aus dem Plenum in das Portfolio zu übernehmen, um diese z. B. zu kommentieren. Erklärtes Ziel ist, eine Dokumentation zu erstellen, mit der sich die Lernenden auf die Prüfung vorbereiten, die aber auch wichtige Referenz für die zweite Phase ihrer Ausbildung und auch für die konkrete Unterrichtsvorbereitung in der Schule darstellt.

Daher werden die Portfolios auch nicht inhaltlich bewertet, sondern von den Lehrenden allenfalls die Vollständigkeit der Bearbeitung der Themen festgestellt. Die Studierenden können sich die

Zeit für die Bearbeitung und Vervollständigung ihres Portfolios frei einteilen: Es wird eine Woche vor der mündlichen Prüfung zur Veranstaltung von den Lehrenden als „final“ angesehen. Diese Prüfung findet in der Regel kurz vor der nächsten Vorlesungszeit statt, weshalb für die Finalisierung ein großer Teil der vorlesungsfreien Zeit zur Verfügung steht.

Die Studierenden dürfen dann ihr Portfolio mit in die mündliche Prüfung nehmen. Laut Aussage der Studierenden hat das vielfach die Prüfungsangst reduziert, selbst wenn das Portfolio letztlich gar nicht genutzt wurde. Für die meisten Studierenden sind die Prüfungen in Fachdidaktik die ersten, für manche die einzigen mündlichen Prüfungsereignisse während des Studiums.

Es hat sich gezeigt, dass die Portfolios für die Lehrenden auch während der Vorlesungszeit ein sinnvolles Instrument sind, um die Plenarsitzungen mit entsprechenden Impulsfragen vorzubereiten. Die im letzten Kapitel beschriebenen, eindeutigen Bezeichnungen für die erworbenen Kompetenzen sind als Pflicht in entsprechenden Abschnitten anzubringen und dienen bei der sonst freien Gestaltung als Wegweiser.

Studierende übernehmen mit der Gestaltung ihres Portfolios mehr Verantwortung für ihren Kompetenzerwerb als das mit klassischen Abgaben der Fall wäre, sowohl in Bezug auf die investierte Zeit als auch die inhaltliche Tiefe und Breite. Die Verantwortung für das Assessment wird geteilt: Die Lehrenden begutachten die Portfolios während der Vorlesungszeit stichprobenhaft, aber die Studierenden reflektieren die von ihnen beschriebenen Inhalte gegenseitig und durch aktive sowie passive Mitarbeit in den Plenarphasen. Die eindeutige Kennzeichnung der für die Prüfung relevanten Kompetenzen gibt eine größtmögliche Sicherheit in der anschließenden Prüfungsvorbereitung.

## Micromodule

Erste Versuche mit Inverted Classroom in der Fachdidaktik der Informatik liefen ab dem Wintersemester 2013/14, indem komplette Vorlesungen (mit der üblichen Länge von 90 Minuten) als Screencast aufgezeichnet wurden, um von den Studierenden vor der Präsenzphase angeschaut zu werden. Die Studierenden kritisierten vor allem zwei Punkte:

- Nicht jedes Thema lässt sich in gleicher Weise gut medial durch eine Vorlesung bzw. einen Screencast vermitteln. Insofern ist es sinnvoll, für Selbstlernphasen auch geeignete Medien zu verwenden statt an der „klassischen“ Vorlesung festzuhalten.
- Kleinere Einheiten lassen sich besser zeitlich unterbringen als ein klassischer 90-Minuten-Block.

Zusätzlich ist für GeLb-DIng zu beachten, dass an den Standorten unterschiedliche Schwerpunkte zu setzen sind.

Daher erschien es sinnvoll, die Selbstlernphasen in möglichst kleinen, aber zusammenhängenden Einheiten zu organisieren. Hierfür hat sich die Bezeichnung „Micromodul“ angeboten.

Jedes Micromodul hat definierte Eingangs- und Ausgangskompetenzen sowie eine vorgesehene Zeit des Selbststudiums. Micromodule sollen aktivierend sein und enthalten stets Arbeitsaufträge für die Lernenden. Diese sind jedoch sehr unterschiedlich ausgeprägt und weisen auch in Hinblick auf die Selbstständigkeit der Lernenden starke Unterschiede auf: Einige Micromodule beste-

hen hauptsächlich aus einem Screencast wie oben beschrieben, der z. B. durch ein interaktives Video mit Rückfragen angereichert wurde, um eine gewisse Selbstreflexion zu ermöglichen. Der Arbeitsauftrag anderer Micromodule besteht in der selbständigen Recherche nach Unterrichtsmethoden und Anwendung dieser in Form der Gestaltung eigener Aufgaben. Viele der zugrundeliegenden Ideen sind bereits in [SAL2011] für den Ansatz „Quest to Learn“ des MIT beschrieben und im Schulkontext erprobt.

Während klassische Übungen der Festigung erworbener Kompetenzen dienen, sollen Micromodule stets den Erwerb selbst ermöglichen. Kriterien für ein gutes Micromodul sind daher:

- Das Micromodul weist die zu erwerbende Kompetenz deutlich und für die Lernenden verständlich aus. Zusätzlich werden Eingangs- und Ausgangskompetenzen formal im beschriebenen Namespace angegeben.
- Das Micromodul enthält alle zum Erwerb der Kompetenz erforderlichen Informationen oder weist einen Weg zur Erlangung dieser Informationen aus. Dieser Weg kann explizit auch ein eigenes Experiment sein. In diesem Fall sind entweder innerhalb des Micromoduls oder im Kontext des folgenden Plenums Fehlkonzepte auszuschließen.
- Das Micromodul enthält Elemente, die eine Einschätzung über das Maß des eigenen Kompetenzerwerbs der Lernenden ermöglicht (Self-Assessment). Dieses Assessment kann auch für das dem Micromodul folgende Plenum vorgesehen sein. In diesem Fall sind entsprechende Impulsfragen für die Lehrenden vorgesehen.
- Das Micromodul bietet eine Abschätzung des erforderlichen Bearbeitungsaufwands in Form einer Zeitabschätzung (in Minuten), die sich auf den Durchschnitt der Studierenden bezieht. Dabei ist davon auszugehen, dass alle für die entsprechende Veranstaltung vorgesehenen Voraussetzungen erfüllt sind. Beispielsweise ist in der Zeitabschätzung für ein Modul über die Didaktik vergleichsbasierter Sortierverfahren in der Regel nicht zu berücksichtigen, dass sich die Studierenden formal mathematisch deren Aufwandsabschätzung aneignen müssen, wenn dies in der entsprechenden Fachvorlesung des Studiums bereits vorgesehen ist.
- Die Abschätzung des Arbeitsaufwands dient optional gleichzeitig als Punktzahl für eine Gamifizierung des persönlichen Fortschritts und kann den Studierenden im Vergleich untereinander als „Highscoreliste“ ausgegeben werden.

Im Rahmen des Projekts GeLb-DIng sind so insgesamt 161 Micromodule mit einem geschätzten Gesamtaufwand von 12435 Minuten Bearbeitungszeit entstanden, was etwa 210 Stunden oder einem Selbststudium im Umfang von 7 LP entspricht.

Diese Zahlen verraten allerdings auch, dass ein einzelnes Micromodul mit durchschnittlich 77 Minuten Bearbeitungszeit sehr groß ist. Der berechnete studentische Wunsch nach kleineren Modulen ist daher immer noch nicht komplett erfüllt und eine wichtige Aufgabe der näheren Zukunft wird sein, die Micromodule daraufhin zu überprüfen, ob sie sich sinnvoll weiter unterteilen lassen. Das kann dann einerseits für mehr Stringenz in der didaktischen Betrachtung führen, andererseits für eine noch höhere Flexibilität in der Zusammenstellung für die Fachdidaktik an unterschiedlichen Standorten.

## Fazit

Die in der Projektlaufzeit entwickelte, erfolgreich pilotierte Struktur aus Impuls – Selbststudium mit Micromodulen – Plenum hat sich als aktivierende und weitgehend motivierende Form des Kompetenzerwerbs herausgestellt. Sie hat sich über etliche Pilotierungen für standortübergreifende Lehre als sinnvoll herausgestellt, wie in den folgenden Kapiteln im Detail dargestellt wird.

## Literatur

[BER2012] J. Bergmann, A. Sams „Flip your classroom. Reach every student in every class every day.“ International Society for Technology in Education, Eugene, Or, Alexandria, Va, 2012.

[FED2019] Lina Feder, Colin Cramer, Thorsten Bohl, Kathrin Wenz „Portfolioarbeit in der Lehrerbildung. Potenziale – empirische Forschungslage – konzeptuelle Kontextualisierung.“ in Verzahnung von Theorie und Praxis im Lehramtsstudium. Erkenntnisse aus Projekten der Qualitätsoffensive Lehrerbildung, Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), 2019

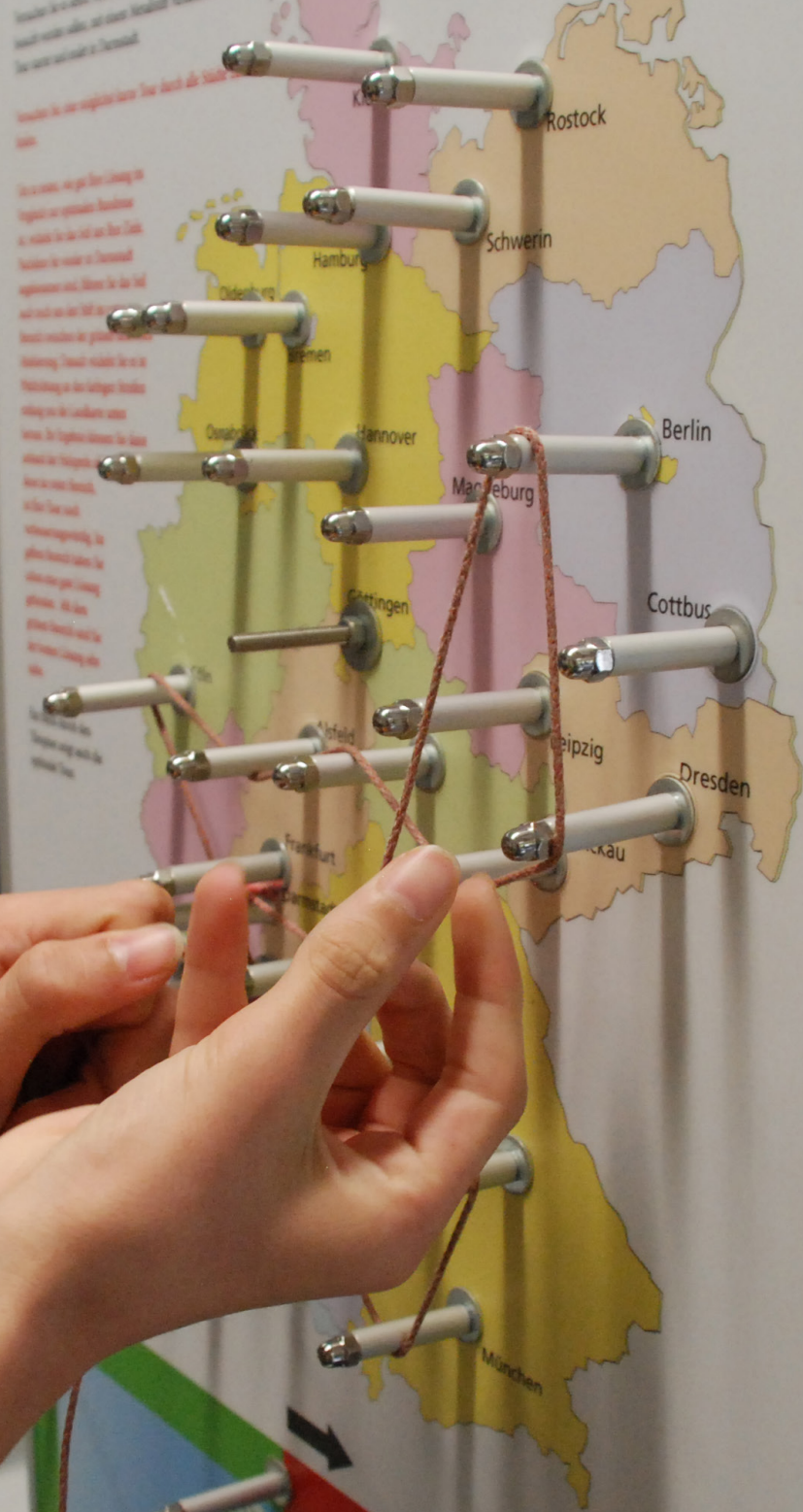
[HAN2012] Handke, J.; Sperl, A (Hrsg.) „Das Inverted Classroom Model“ Begleitband zur ersten deutschen ICM-Konferenz. De Gruyter, Berlin/Boston, 2012.

[HOC2019] Tamara Hochthurn, Jens Gallenbacher „Innovative Gestaltung und Einsatz von Erklärvideos im Informatikunterricht. Informatik für alle.“ DOI: 10.18420/infos2019-c7. Bonn: Gesellschaft für Informatik. PISSN: 1617-5468. ISBN: 978-3-88579-682-4. pp. 221-230. Dortmund. 16.–18. September 2019

[HUB2003] Ludwig Huber „Forschendes Lernen in Deutschen Hochschulen. Zum Stand der Diskussion.“ in Obolenski, A., Meyer, H. [Hrsg.]: Forschendes Lernen. Theorie und Praxis einer professionellen LehrerInnenausbildung. Bad Heilbrunn, S. 15-36, 2003

[HUB2009] Ludwig Huber, Julia Hellmer, Friederike Schneider (Hrsg.) „Forschendes Lernen im Studium“ Bielefeld, Universitätsverlag Weblar, S. 9-35, 2009

[SAL2011] Katie Salen, Robert Torres, Loretta Wolozin, Rebecca Rufo-Tepper, Arana Shapiro „Quest to Learn - Developing the School for Digital Kids“ The MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 2011



...wenn man sich in Deutschland bewegt, so ist es nicht nur die Straße, die man nimmt, sondern auch die Sprache, die man spricht.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.

Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt. Es ist ein Spiel, das man spielen kann, wenn man sich in Deutschland bewegt.



„Prof...



Es ist s...  
sich mi...  
Vorreit...  
Irland u...  
Handlun...  
betrachte...  
als auch i...  
Seitdem is...  
auch abgek...  
Mathemati...  
Dass sich a...  
eine möglic...  
Sie hier am T...

# Handl...

wie e...

und was er zu t...  
zu erhalten und ei...  
in seinen Geschä...

Be...

## 4 – Besondere Lehr- und Lernformate

Neben den im letzten Kapitel bereits beschriebenen Micromodulen mit bekannten Formaten sind im Rahmen des Projekts GeLb-DIng auch einige mit neuartigen Ideen und Ansätzen entstanden, die hier beschrieben werden sollen.

### Digitale Hospitation

Die Stärkung der Persönlichkeitsrechte durch ein gemeinsames, europäisches Recht in der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) war 2018 ein sehr wichtiger Schritt auch im Sinne einer allgemeinbildenden Informatik. Gleichsam wurden allerdings etliche „Schätze“ unbrauchbar gemacht, die bisher zur fachdidaktischen Ausbildung in ganz unterschiedlichen Fächern gebraucht wurden: Video-Aufzeichnungen echten Unterrichts.

Diese sind häufig in korrekter Weise innerhalb des zum Entstehungszeitpunkts gültigen gesetzlichen Rahmens entstanden. Für eine weitere Verwendung innerhalb der Richtlinien einer DSGVO ist dieser jedoch nicht ausreichend. Hier drei Beispiele:

Einer Verwendung muss nun explizit zugestimmt werden, es muss deutlich sein, dass eine Verweigerung dieser Zustimmung keine negativen Konsequenzen hat. In der Vergangenheit wurde jedoch oft eine Widerspruchsregelung angewandt (wer nicht widerspricht, hat implizit zugestimmt) und die Belehrung wurde nicht hinreichend dokumentiert.

Die Rechte von Minderjährigen im Sinne einer Datenmündigkeit wurden gestärkt, ab 16 Lebensjahren dürfen Eltern etwa Zustimmungen nicht stellvertretend abgeben, bei jüngeren ist in einigen Fällen deren Zustimmung sowie die der Eltern nötig.

Die aus der DSGVO resultierenden Rechte, insbesondere das Recht, gegebene Zustimmungen auch im Nachhinein zu widerrufen, müssen den zustimmenden Personen bekannt gemacht werden.

Im Rahmen von GeLb-DIng sind daher zwei Micromodule mit Digitaler Hospitation produziert worden.

Hierfür wurde in drei Klassen des Gymnasium Nackenheim jeweils eine Unterrichtsstunde mit dem Thema „Binärsystem“ und „Binäre Suche“ durchgeführt. Diese insgesamt sechs Unterrichtsstunden wurden mit Wissen und Billigung der Eltern und Schülerinnen und Schüler mitgefilmt.

Alle Mitschnitte wurden dann von studentischen Hilfskräften transskribiert. Aus den jeweils drei Transkripten für eine Unterrichtsstunde wurde dann ein Drehbuch mit fiktiven Namen von Schülerinnen und Schülern erstellt.

Für das Thema „Binärsystem“ ist ein einzelnes, lineares Drehbuch entstanden, in das die wichtigsten Interaktionen der drei Schülergruppen mit der Lehrperson eingearbeitet wurden.

Für „Binäre Suche“ wurden für alternative Vorgehensweisen und Schülerinteraktionen jeweils Sequenzen eingeplant, die man zu ganz unterschiedlichen Unterrichtsverläufen zusammensetzen kann.

**Abbildung 4.1**  
Szene aus „Binärsystem“



**Abbildung 4.2**  
Szene aus „Binäre Suche“



**Vertrag für Mitwirkende  
Einverständnis- und Verzichtserklärung****Vereinbarung zwischen**

Johannes Gutenberg-Universität Mainz  
vertreten durch  
Prof. Dr.-Ing. Jens Gallenbacher  
Staudingerweg 9, 55128 Mainz  
(Verantwortlicher im Sinne d. Art. 4 Nr. 7 DSGVO)  
- im Folgenden kurz „Produzent“ genannt -

**und**

Vorname Name : .....  
(Abgebildeter nach Art. 6 i a DSGVO)

Straße HN / PLZ Ort: .....

Geburtsdatum: .....

E-Mail: .....  
- im Folgenden kurz „Darsteller\*in“ genannt

**Vereinbarungsgegenstand**

Der Darsteller wird an folgender Produktion des Produzenten mitwirken:

- Mehrere Lehrfilme „unterrichtliche Situationen Informatikunterricht“
- Gesamtumfang etwa 300 Minuten
- Drehort Gymnasium Nackenheim
- 11. April bis 14. April 2022 in zwei Drehtagen
- Rolle „Schüler\*in“

Die Lehrfilme dienen der Ausbildung von Informatiklehrerinnen und -lehrern. Sie werden zu diesem Zweck in unterschiedlichen Medien veröffentlicht, auf die innerhalb und auch außerhalb von Institutionen der Lehrerbildung zugegriffen werden kann. Auch eine Veröffentlichung unter einer Creative Commons – Lizenzierung ist möglich (CC-BY-ND), also Bearbeitung nur durch den Produzenten).

**Rechtseinräumungen**

Hiermit erklärt der/die Darsteller\*in das ausdrückliche Einverständnis, im Rahmen der o. g. Produktion als Darsteller\*in teilzunehmen und ist damit einverstanden, dass diese zum genannten Zweck und wie aufgeführt veröffentlicht wird.

Dem Produzenten werden die durch die Tätigkeit entstehenden Urheber- (UrhG), Leistungsschutz-, Persönlichkeits-, Bearbeitungs-, Nutzungs- und sonstigen Rechte ausschließlich sowie zeitlich, räumlich, inhaltlich und in jeder sonstigen Hinsicht unbeschränkt auf den Produzenten übertrage. Die hiermit übertragenen Rechte sind unbeschränkt auf Dritte weiter übertragbar.

2

Dies gilt insbesondere für Verfahren, die es ermöglichen, Ton-, Foto- und Filmaufnahmen im Wege audiovisueller, mechanischer, elektronischer oder sonstiger Verfahren aufzuzeichnen, zu vervielfältigen und wiederzugeben sowie in allen Medien zu veröffentlichen.

Das Bearbeitungsrecht (§ 3 UrhG) umfasst insbesondere das Recht, das Material zu kürzen, neue oder abgeänderte Szenen, Dialoge, Filmmusik etc. hinzuzufügen oder die Handlungsabfolge umzustellen, zu synchronisieren, zu unterteilen oder zu übersetzen.

Der Produzent ist berechtigt, die Bearbeitung an Dritte zu beauftragen, die mit seinem Einverständnis handeln.

Rechtsgrundlage für die Verarbeitung der Daten der einwilligenden Darsteller\*in ist Art. 6 i a) DSGVO. Der/die Darsteller\*in ist gemäß Art. 15 DSGVO jederzeit berechtigt, um umfangreiche Auskunfterteilung zu den zu Ihrer Person gespeicherten Daten zu ersuchen. Sollten unrichtige personenbezogene Daten verarbeitet werden, steht das Recht auf Berichtigung gemäß Art. 16 DSGVO zu. Liegen die gesetzlichen Voraussetzungen vor, so kann die Löschung oder Einschränkung der Verarbeitung verlangt sowie Widerspruch gegen die Verarbeitung eingelegt (Art. 17, 18 & 21 DSGVO).

**Vergütung**

Die Mitwirkung erfolgt ohne Vergütung. Die Darsteller\*in wird an den Drehtagen am Drehort kostenfrei vergütet und erhält eine Aufwandsentschädigung von 50 EUR pro Drehtag. Darin ist die Aufwandsentschädigung für das Kennenlertreffen am 11. April enthalten.

**Der Produzent**

Prof. Dr.-Ing. Jens Gallenbacher

**Darsteller\*in**

Ich habe die Bedingungen einschließlich der Hinweise gemäß Art. 13 DSGVO gelesen und verstanden und bin damit einverstanden.

Name des Unterzeichnenden in Druckbuchstaben

Unterschrift

Bei minderjährigen Darstellern/Mitwirkenden, zusätzlich unterzeichnet durch die vertretungsberechtigten Eltern:

Name des/der Erziehungsberechtigten in Druckbuchstaben

Unterschrift

Name des/der Erziehungsberechtigten in Druckbuchstaben

Unterschrift

Die Drehbücher wurden zu Drehplänen aufgelöst und mit zwölf der Schülerinnen und Schüler aus Nackenheim Darstellerverträge geschlossen. In zwei Drehtagen wurden dann die beiden Unterrichtsstunden nachgestellt und aufgezeichnet.

Mit dem Micromodul „Binärsystem“ bereiten Studierende eine Hospitation vor und führen diese dann anhand des Videomaterials durch. Bei der „Binären Suche“ vergleichen sie darüber hinaus unterschiedliche Stundenverläufe und damit Interaktionen zwischen der Lehrperson und den Schülerinnen und Schülern. Sie stellen aus den Clips mit Stundenfragmenten eine aus ihrer Sicht gute Unterrichtsstunde zusammen und diskutieren ihre Wahl mit den anderen Studierenden.

Der Darstellervertrag ermöglicht eine zeitlich unbefristete Verwendung, die vom aktuellen gesetzlichen Rahmen gedeckt ist. Alle Darstellerinnen und Darsteller haben weiterhin das Recht, ihr Einverständnis im Nachhinein zu widerrufen. Da sie jedoch ein (wenn auch geringes) Honorar erhalten haben, müssen sie nach Meinung von Kundigen im Medienrecht alle durch den Widerruf entstehenden Kosten tragen, damit dieser rechtskräftig würde. In diesem Fall wäre das die Finanzierung einer kompletten Neuproduktion.

Beide Micromodule wurden sehr früh im Projektverlauf produziert und konnten so mit etlichen Studierenden aller beteiligten Standorte erprobt werden. Aus den Portfolios lässt sich eine sinnvolle Bearbeitung und individuelle Erkenntnisgewinnung schließen.

Die Kosten für die professionelle Produktion der Micromodule sind nicht zu vernachlässigen. Wenn man jedoch langlegige Themen auswählt und somit eine dauerhafte, standortunabhängige

Verwendung ermöglicht, relativieren sich diese Kosten. Die Vorgehensweise ist aus unserer Sicht daher durchaus auch für andere Fächer gangbar und sinnvoll, um einen konsistenten Faktor in die Einführung zur Schulpraxis zu bringen.

## Virtuelle Vorlesung

Für klassische Vorlesungen sieht man in der Regel zwei digitale Varianten: Einen Screencast, der ggf. durch das Bild des Dozenten angereichert wird und den Mitschnitt aus einem Hörsaal. Während der Screencast technisch meistens deutlich besser ist, da man die Bild- und Tonqualität im „Studio“ (meistens das Büro des Dozenten) besser beeinflussen kann, hat der Live-Mitschnitt eher die Charakteristik einer „erlebten“ Veranstaltung.

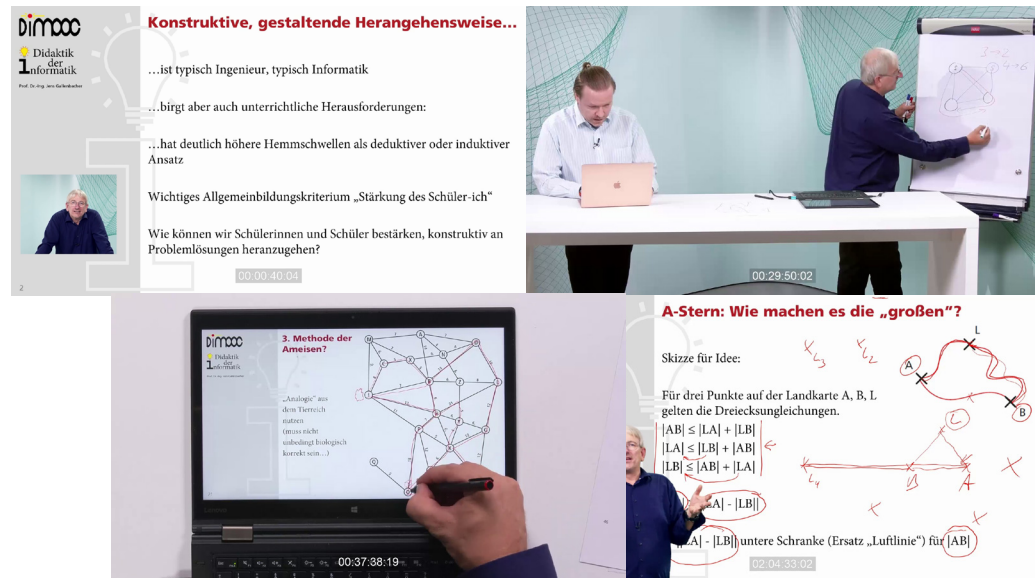
Um hier neue Wege zu erproben und damit auch Lehrpersonen in der Schule Anregungen zu geben, wie man ggf. Videos für den Unterricht produzieren könnte, haben wir für das Micromodul „Allgemeines Problemlöseschema“ eine virtuelle Vorlesung produziert.

Hierfür wurde die tatsächliche Vorlesung drei Mal vor unterschiedlichen Gruppen von Studierenden gehalten – in diesem Fall noch unter den Coronabedingungen über die digitale Plattform Zoom. Die Durchführungen wurden einschließlich der Interaktionen mit den Studierenden aufgezeichnet und anschließend transskribiert.

Aus den drei Transkripten ist dann ein Drehbuch entstanden, das auch studentische Reaktionen enthält. Dieses wurde in einen Drehplan aufgelöst, um im Studio die virtuelle Vorlesung zu produzieren.

Dabei wurde durchgehend ein Teleprompter verwendet, so dass für die Zuschauenden der Eindruck direkterer Ansprache entsteht. Es wurden etliche unterschiedliche Schnitttechniken verwendet, um Medien zu kombinieren. Diese Vielfalt würde man in der Regel nicht in einer ein-

**Abbildung 4.4**  
Unterschiedliche virtuelle  
Interaktionen der Vorlesung



zelen Produktion verwenden, da sie eher unruhig wirkt, aber in diesem Fall soll die virtuelle Vorlesung ja explizit unterschiedliche Möglichkeiten für die zukünftigen Lehrpersonen aufzeigen.

Auch das Micromodul mit der virtuellen Vorlesung sorgt für einen lebhaften Diskurs in den Pilotveranstaltungen. Es zeigt außerdem, dass im universitären Betrieb mindestens semiprofessionelle Produktionen mit überschaubarem Aufwand möglich sind.

## Experimente mit Artefakten

Im Rahmen des Projektes „Abenteuer Informatik“ sind gefördert von der Hopp Foundation Bastelbögen entstanden, die das Material für Experimente im Schulunterricht enthalten. Im Rahmen von GeLb-Ding sind nun etliche Micromodule entstanden, die das Material für die universitäre Ausbildung der Lehrpersonen nutzen. Die Micromodule sind:

Affenpuzzle, Affenpuzzle Kacheln, Agentur Starlet, Asymmetrischer Codierer, Binäre Magie, D-Flipflop, Erkennungsdienst, Flankensteuerung, Funktionsweise eines Neurons, Geheim Geheim, Mehr Rechnen mit Strom, Minischach, Modularisierung gestalten, Modularisierung mit Quadrologik, Quadrologik basteln, Rechnen mit Strom, Schaltwerke, Ver- und Entschlüsseln.

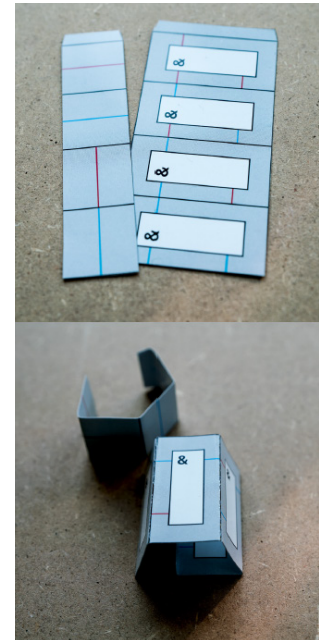
Die Verwendung einheitlichen Materials ermöglicht eine engere Kollaboration auch über digitale Plattformen. Eine Gruppe von Studierenden hat auf diese Weise etwa den Zaubertrick des Moduls „Binäre Magie“ kreativ modifiziert: Während dieser normalerweise vor Ort mit mindestens zwei Personen („Zauberkundiger“ und „Zuschauer“) durchgeführt werden muss, kann die entwickelte Version mit drei Personen auch über eine digitale Plattform wie Zoom vorgeführt werden, um Kompetenzen wie die Bewertung von Information, Herstellung von Datensicherheit und andere zu erwerben.

Trotzdem sind die aktuell verwendeten Versionen der Micromodule auf das studentische Feedback hin auch einzeln absolvierbar. Auf diese Weise haben die Studierenden die Wahl, ob sie in Gruppen vor Ort, in Gruppen online oder alleine arbeiten. Gerade für die Ausbildung von Lehrpersonen wäre es aus Sicht der Lehrenden wünschenswert, wenn es mehr Austausch und Kollaboration gäbe. Wird dieses durch restriktive Aufgabenstellungen aber erzwungen (und mit Kontrollen durchgesetzt), führt dies nach den Erfahrungen der Pilotierungen bei etlichen Studierenden dazu, dass sie die Module gar nicht bearbeiten – selbst wenn das zur Folge hat, dass sie die Lehrveranstaltung erneut besuchen müssen. Aufgrund der recht eindeutigen KMK-Vorgaben einer wissenschaftlich orientierten ersten Phase der Lehrerbildung haben wir uns für den geschilderten Kompromiss entschieden.

Etliche Studierende bearbeiten insbesondere die Micromodule mit Artefakten gemeinsam.

## Universitätsübergreifendes Blockseminar

Nicht in die Struktur der Micromodule fällt das Format des Blockseminars, das im Rahmen von GeLb-Ding jedes Semester mit den Studierenden aller drei beteiligten Standorte durchgeführt wurde. Diese Treffen fanden in Präsenz abwechselnd an den drei Standorten statt.



**Bastelbogen** für Quadrologik, mit dem Schülerinnen und Schüler insbesondere Kompetenzen um Modularisierung und Rechnertechnik erwerben können.

Auftrag war jeweils die gemeinsame Gestaltung eines Aspekts der fachdidaktischen Ausbildung. Dabei konnte jeweils von den spezifischen Stärken der unterschiedlichen Projektpartner profitiert werden.

Mit dem Thema „Inklusive Bildung & Lehre“ wurden die spezifischen Bedürfnisse sonderpädagogischer Förderung aufgezeigt und für die unterschiedlichen Schulformen nutzbar gemacht. So ist dies im Rahmen der Inklusion auch für das Gymnasiallehramt von besonderem Interesse. Die Studierenden haben hier die Kompetenz „Divide et Impera“ anhand der Äthiopischen Multiplikation fachlich auf den jeweiligen Niveaustufen für unterschiedliche Schulstufen und Förderbereiche aufbereitet und skizzenhaft Unterrichtsmaterial hergestellt, das wiederum Ausgangspunkt für die Lehrveranstaltungen ist.

Beim Schwerpunkt „Informations- und Kompetenzvermittlung – damals, heute, zukünftig“ drehte sich alles um die unterschiedlichen Interpretationsarten des Begriffs „Information“. Diese hat sich technologisch oder gesellschaftlich bedingt mehrfach verändert, etwa durch den in Mainz „erfundenen“ Buchdruck.

Noch relevanter als die konkreten Arbeitsergebnisse war jedoch das gegenseitige Kennenlernen, um dann im folgenden Semester die Lehrveranstaltungen dann ggf. nur über Werkzeuge wie Zoom gemeinsam zu absolvieren. Optimal wäre daher eine gemeinsame Blockveranstaltung zu Beginn jedes Semesters. Dies ist jedoch organisatorisch aufgrund der unterschiedlichen Startzeiten und aufgrund des benötigten Vorlaufes sehr schwierig.

Die ersten, auf Freiwilligkeit beruhenden Treffen wurden nur von sehr wenigen Studierenden besucht, die meistens an der gastgebenden Universität eingeschrieben waren. Das verwundert, da die Reisekosten für die Studierenden voll vom Projekt übernommen wurden. Dies hat sich jedoch erst geändert, nachdem wir die Teilnahme verpflichtend in den Modulen vorgeschrieben und die Termine auch im Campusmanagementsystem vermerkt hatten.

An dieser Stelle sei noch angemerkt, dass die Terminfindung hauptsächlich auf Grund der trotz geringer Kohortengrößen unzähligen Fächerkombinationen mit sehr unterschiedlichen Anwesenheitspflichten z. B. in Praktika sehr schwierig war. Die Treffen konnten daher nicht im ursprünglich vorgesehenen Umfang von einer ganzen Woche stattfinden, sondern waren in der Regel nur einen ganzen Tag lang mit einem Kennenlernabend davor und der Möglichkeit, erst am Tag danach abzureisen. Wenn ein solches Format strukturell verankert werden soll, muss daher ein entsprechendes Fenster im Studium vorgesehen werden. Möglich wäre etwa so etwas wie die an manchen Universitäten eingeführte „Lesewoche“, innerhalb der weder Vorlesungen noch Praktika stattfinden.

## Fazit

Das eingeführte Prinzip der Micromodule zusammen mit einem frei geführten Portfolio erlaubt den Lehrenden, neue Formate der Lehre zunächst in einem kleinen, überschaubaren Rahmen auszutesten – sowohl in Bezug auf den dafür zu erbringenden Aufwand als auch in Bezug auf die Auswirkungen des Scheiterns auf die Lehre. Im Rahmen von GeLb-DIng sind einige Lehrformate entstanden und konnten in mehreren Iterationen fortentwickelt werden, die auch für andere Fächer verwendbar sind. Die digitale Hospitation und virtuelle Vorlesung bieten produzierte und

damit datenrechtlich nachhaltige Formate. Artefakte erlauben die intensive gemeinsame Beschäftigung mit den Lehrinhalten auch über Entfernungen. Das gemeinsame Blockseminar schafft persönliche Beziehungen zwischen Lernenden, die dann auch für eine intensivere Zusammenarbeit im virtuellen Raum sorgen.



# 5 – Methodische Ansätze für gemeinsame Lehrveranstaltungen

Aufgrund der einheitlichen KMK-Anforderungen an die Kompetenzen, die während der ersten Phase der Bildung von Lehrpersonen zu erwerben sind, scheint es nicht nur zielführend, sondern praktisch obligatorisch zu sein, an den Universitäten die Lehrpersonen auszubilden, nahezu identische Lehrveranstaltungen anzubieten (vgl. Kapitel „Ein Kompetenzmodell für die Fachdidaktik der Informatik“).

Dies ist jedoch nicht der Fall – selbst bei Fächern mit einer deutlich längeren Tradition als Informatik: Die Lehre in den Fachwissenschaften wird zu allermeist gemeinsam mit den Science-Studierenden absolviert und daher stark von den lokalen wissenschaftlichen Schwerpunkten geprägt. Eine Professur für Fachdidaktik ist dagegen an vielen Standorten nicht vorhanden, weshalb die Lehre für Fachdidaktik dort nicht ausgeprägt ist, etwa von abgeordneten Lehrpersonen verantwortet wird, die eher schulpraktische Übungen durchführen.

Im Rahmen des Projekts GeLb-DIng konnte aus diesen Gründen keine Lehrveranstaltung stattfinden, bei der Studierenden aller drei Standorte unter symmetrischen strukturellen Bedingungen teilnahmen. Stattdessen wurden verschiedene Lehr-/Lernformate erprobt, um diese divergierenden Kohorten in unterschiedlichem Umfang gemeinsam Kompetenzen erwerben zu lassen. Diese Pilotierungen wurden im Rahmen der Qualitätssicherung durch qualitative sowie quantitative Befragungen begleitet. Die Studierenden konnten dabei ihre Erfahrungen und Eindrücke sowie wahrgenommene Vor- und Nachteile des entsprechenden Lehrkonzepts einbringen. Auf dieser Grundlage wurden die Formate fortlaufend angepasst, um die Studierenden der drei Standorte trotz räumlicher Trennung gemeinsam zu fördern. Im Folgenden wird das Konzept der hybriden Fachdidaktik vorgestellt, das den Rahmen für alle Pilotierungen bildete.

## **Konzeption universitätsübergreifender, hybrider Lehre in Fachdidaktik der Informatik**

Alle Pilotversuche basieren auf dem Inverted-Classroom-Ansatz (vgl. Kapitel „Inverted Classroom mit Micromodulen“) mit dem gemeinsamen Element eines Plenums. Hierfür sind die Studierenden in Präsenz in einem Raum an ihrer jeweiligen Universität anwesend. Die Präsenzzräume werden mittels Übertragungstechnologien in einem digitalen Setting synchron einander zugeschaltet. Somit können standortübergreifende, gemeinsame Interaktionen und Diskussionen stattfinden.

Beim **problembasierten Lernen (PBL)** bearbeiten Studierende komplexe, realitätsnahe Problemstellungen. Statt einer systematischen Vermittlung von Inhalten steht zu Beginn eine offene Fragestellung, die den Ausgangspunkt für selbstgesteuertes Lernen gründet. In kleinen Gruppen entwickeln Studierende durch gemeinsames Hinterfragen, Diskutieren und Reflektieren eigenständig Lösungsansätze. Unterstützt werden sie dabei durch die dozierende Person, die als Tutor/Tutorin fungiert. Neben dem Erwerb fachlicher Kompetenzen fördert PBL insbesondere kritisches Denken, Problemlösekompetenzen und Argumentationsfähigkeiten. [STR2016] [MUE2019]

**Peer Instruction** ist eine Lehrmethode, die ihre Ursprünge in der Physik hat und bereits seit den 1990er-Jahren etabliert ist. Dabei werden Lernende aktiv und kollaborativ in den Lehr-/Lernprozess eingebunden [KUR2017]. Voraussetzung ist, dass die Studierenden bereits vorbereitet zur Veranstaltung erscheinen, da die Veranstaltung nicht auf dem Ansatz der klassischen Reproduktion von Wissen basiert. Vielmehr setzt die dozierende Person kurze Impulse zu wesentlichen Konzepten und Kernbegriffen eines Themas, auf die ein sogenannter Concept-Test folgt. Die dozierende Person geht auf die Ergebnisse ein und korrigiert etwaige Missverständnisse. [KUR2017] [SCH2023]

Kooperative Lehr- und Lernformate gewinnen innerhalb und außerhalb der Bildung von Lehrpersonen zunehmend an Bedeutung. Formen des hybriden, adaptiven Lernens, wie bspw. das Lernen in Tandems, oder Mentoring-Systeme, bieten strukturierte Möglichkeiten zur aktiven Auseinandersetzung mit unterschiedlichen Perspektiven. Sie fördern Selbststeuerung und Kommunikationskompetenz und eröffnen zugleich Räume für gemeinsame Reflexion und persönliche Weiterentwicklung. Sie beruhen dabei auf Interaktion, Dialog und gemeinsam geteiltem Erfahrungswissen und tragen auf diese Weise zum Erwerb sowie der Weiterentwicklung professioneller, fachlicher und sozialer Kompetenzen bei.

Hybride Lehr-/Lern-Settings – auch als „Blended Learning“ bekannt – ermöglichen die Zusammenarbeit zwischen Studierenden unterschiedlicher Hochschulen und kombinieren dabei Präsenzveranstaltungen mit ergänzenden online- und offline-basierten Lernaktivitäten. Ziel ist es, die Vorteile beider Formate zu verbinden. Dabei werden die zeitliche und räumliche Flexibilität des eigenständigen, konstruktiven Kompetenzerwerbs mit sozialer Interaktion, unmittelbarer Unterstützung und fachlichem Diskurs im Präsenzunterricht kombiniert. Die in GeLb-DIng entwickelten Micromodule können als Anleitungen für einen solchen eigenständigen Kompetenzerwerb verstanden werden.

Besonders in der Lehrkräftebildung ermöglicht dies das Einbringen persönlicher Praxiserfahrungen und den Erwerb sowie die Weiterentwicklung fachlicher und methodischer Kompetenzen. Dabei können angehende Lehrpersonen von Materialien, Praxisbeispielen und Perspektiven unterschiedlicher Schulformen profitieren, auch solcher, die an der jeweils eigenen Hochschule in dieser Art nicht verfügbar wären. Sie fließen dadurch in die eigenständige Konzeption zukünftiger Lehrpraxis ein und bereichern diese.

Um die Kompetenzen der Studierenden gezielt zu fördern, werden verschiedene Lernmethoden in das hybride Format integriert. Zentrale Elemente sind das *problembasierte Lernen*, das *selbstgesteuertes Arbeiten* und *kooperative Problemlösung* in den Mittelpunkt stellt. Ergänzend kommt *Peer-Instruction* zum Einsatz, wobei Studierende zunächst während der Selbstlernphase des Inverted-Ansatzes individuelle Antworten auf spezifische Fragestellungen entwickeln und diese im Anschluss gemeinsam im Plenum diskutieren, um ihr Verständnis zu vertiefen und zu reflektieren.

Neben diesen Lernmethoden werden auch soziale Formate implementiert und erprobt. Das fördert, angepasst an persönliche Bedürfnisse und Voraussetzungen, den Austausch und die Reflexion in Bezug zu den erworbenen Kompetenzen. Im Projekt werden vor allem *Tandem-Lernen* und *Mentoring* eingesetzt, bei denen die Studierenden Rollen einnehmen, Verantwortung für den individuellen aber auch kollektiven Lernprozess übernehmen und individuell begleitet werden.

## Ergebnisse und Erkenntnisse

Aufbauend auf diesen unterschiedlichen methodischen Konzepten wurden die Pilotierungen an den beteiligten Standorten umgesetzt. Die folgenden Abschnitte beschreiben die Durchführung, Erfahrung und gewonnene Erkenntnis aus den beiden Erhebungsphasen.

## Erste Pilotierungsphase (WiSe 2021/22)

Im Wintersemester 2021/22 erfolgte eine erste Durchführung im Tandem-Lernen zwischen der UdS und der JGU Mainz. Dabei arbeiteten vier Studierende der JGU Mainz mit dem Fach Informatik, die sich in fortgeschrittenen Semestern befanden, zusammen mit acht Studierenden der UdS, die sich am Anfang ihres Studiums befanden. Dabei hatten die UdS-Studierende bis auf eine Person nicht Informatik als eines ihrer Fächer.

Die Zusammenarbeit wurde insgesamt als bereichernd, lehrreich und motivierend bewertet. Besonders der interdisziplinäre Austausch ermöglichte es, unterschiedliche Denk- und Herangehensweisen kennenzulernen. Das Tandem-Prinzip bot Gelegenheit, ihre fachlichen und didaktischen Kompetenzen praktisch zu erproben, während die heterogenen Perspektiven der Studierenden den Austausch zusätzlich bereicherten.

Die Pilotierung eröffnete neue Perspektiven für den Informatikunterricht an Schulen, insbesondere hinsichtlich der Binnendifferenzierung in der Primarstufe und dem spielerischen Einsatz verschiedener Lehr- und Lernmethoden. Die Studierenden gaben an, dass ihre Fähigkeiten im Umgang mit informatischen Themen und digitaler Lehre im Verlauf des Seminars gestärkt wurden und sie zahlreiche Anregungen für die eigene zukünftige Unterrichtsgestaltung mitnahmen.

Kritisch angemerkt wurde, dass die Kooperation stark durch die JGU dominiert wurde, was auf die divergierenden Vorkenntnisse der Studierenden zurückgeführt werden kann. Zudem wurde den Studierenden der UdS die veränderten Veranstaltungsanforderungen, nämlich die Kooperation mit Studierenden und Lehrpersonen der JGU, im Vorfeld nicht transparent genug kommuniziert, was zu Unklarheiten und Verunsicherung beitrug. Weitere Verbesserungsvorschläge umfassten eine stärkere Integration fachlicher Inhalte mit Bezug zur universitären Informatik und zur schulischen Praxis. Darüber hinaus wurde angeregt, die unterschiedlichen Strukturen und Verläufe des Lehramtsstudiums an den beteiligten Hochschulstandorten transparenter zu gestalten und systematisch in die Veranstaltung zu integrieren. Dies könnte das Verständnis für die jeweiligen Ausbildungswege fördern und den interinstitutionellen Austausch weiter vertiefen.

Nichtsdestotrotz wurde das Seminar insgesamt als gelungen empfunden. Die unbenotete Ausgestaltung trug zu einer entspannten Arbeitsatmosphäre bei, in der konstruktive Auseinandersetzung und eigenständiges Arbeiten gefördert wurde. Die Studierenden waren motiviert und engagiert. Insbesondere für die naturwissenschaftlichen Fächer wurde die Veranstaltungsform als methodisch und didaktisch sehr sinnvoll eingeschätzt, obwohl die inhaltliche Tiefe durch den eher einführenden Charakter der informatischen Themen begrenzt bleibt. Trotz der genannten Herausforderungen betonten die Studierende den persönlichen und fachlichen Gewinn, den sie aus der Veranstaltung für ihre zukünftige Lehrtätigkeit ziehen. Die Bereitschaft zur hochschulübergreifenden Kooperation war grundsätzlich hoch, eine intensivere Zusammenarbeit mit Lehramtsstudierenden anderer Hochschulen wurde ausdrücklich gewünscht.

## Zweite Pilotierungsphase (SoSe 2024)

Zum Sommersemester 2024 wurde die Umsetzung der gemeinsamen Fachdidaktik-Veranstaltung modifiziert, dabei kam anstelle der Tandems ein Mentoring-System zwischen der UdS und der JGU Mainz zum Einsatz. Dabei gründeten vier Studierende der JGU Mainz das Team der Mentorinnen und Mentoren, welche insgesamt acht Mentees der UdS begleiteten. Die Mentorinnen und Mentoren der JGU agierten dabei, je nach Bedarf der Mentees, im Hintergrund der

Beim **Tandem-Lernen** übernehmen Studierende gleichzeitig die Rolle des Lehrenden und Lernenden [CRU2023]. Sie gestalten den Lernprozess eigenverantwortlich und auf die Bedürfnisse des Gegenübers abgestimmt. Der Lernraum ist durch authentische Kommunikation, wechselseitige Unterstützung und gemeinsame Reflexion geprägt. Im Lehramtskontext fördert Tandem-Lernen den Austausch zwischen unterschiedlichen Fachrichtungen, Schulformen und Fächerkombinationen. Durch Perspektivwechsel und gemeinsame Aufgabenbearbeitung werden fachliche, methodische und soziale Kompetenzen gestärkt.

**Mentoring** beschreibt eine dyadische Beziehung zwischen einer „erfahrenen“ Person (Mentor/Mentorin) und einer „weniger erfahrenen“ Person (Mentee), gekennzeichnet durch Vertrauen, Empathie und Zielorientierung [FRI2019] [DRO2024] [GRA2013]. Im Lehramtsstudium unterstützt Mentoring die individuelle fachliche und berufliche Entwicklung und fördert den Austausch zwischen Studierenden verschiedener Studienphasen, Fächerkombinationen und Schulformen. Darüber hinaus ermöglicht Mentoring eine gemeinsame Reflexion über Schulstrukturen, Unterrichtskulturen und die zunehmende Heterogenität von Schülerinnen und Schülern.

Veranstaltung während die Lehrperson der JGU Mainz hybrid in den UdS-Veranstaltungsraum zugeschaltet wurde.

Im Rahmen von qualitativen Befragungen schilderten die Studierenden, dass die Kombination aus Präsenz- und Online-Elementen sowie Micromodulen und Portfolioarbeiten als didaktisch sinnvoll empfunden wurde. Insbesondere die Idee, dadurch aktives und selbstgesteuertes Lernen zu fördern, wurde positiv hervorgehoben. Die Studierenden erkannten dabei den Mehrwert interaktiver Lernformate sowie sich kollaborativ mit den Lehr- und Lerninhalten auseinandersetzen zu können und bei Bedarf auf die Unterstützung ihrer Mentorinnen und Mentoren zurückzugreifen.

Trotz dieser positiven Einstellung zeigten sich auch Herausforderungen in der Umsetzung des hybriden Setting. Die hybride Teilnahme der Lehrperson führte zu empfundener sozialer Distanz und erschwerte die Interaktion. Hinzu kommt die geringe Anzahl an Veranstaltungsteilnehmenden. Durch die überschaubare Größe resultiert auch eine hohe Sichtbarkeit der einzelnen Studierenden, wodurch Druck erzeugt wurde, konstant mitwirken zu müssen. Insbesondere bei unzureichender Vorbereitung sorgte dies für Unsicherheiten und letztendlich auch dafür, dass einige Studierende die Veranstaltung nicht mehr regelmäßig besuchten. Dem entgegengesetzt berichten die dozierenden Personen davon, dass die virtuelle Übertragung sich als herausfordernd erweise. Trotz der umfangreichen technischen Ausstattung war es kaum möglich, Studierende deutlich zu erkennen, wodurch Wortmeldungen durch eine im Raum anwesende Person moderiert werden mussten. Zudem fiel es schwer, die Anmerkungen, Diskussionen und Fragen der Studierenden akustisch klar zu verstehen, insbesondere dann, wenn mehrere Personen gleichzeitig sprachen.

Das Mentoring-System wurde zunächst als wöchentliche Session initiiert und von den Mentees in Anspruch genommen. Dabei wurde per E-Mail und Messenger-Dienste kommuniziert. Die Kommunikation und Zusammenarbeit wurde als freundlich, wertschätzend und auf Augenhöhe definiert. Die Mentees berichten jedoch, dass sie im Laufe der Veranstaltung keine weitere Hilfe mehr in Anspruch nahmen, da die Aufgabenstellungen und Inhalte selbsterklärend waren und keiner weiteren Unterstützung bedurften.

Der Einsatz eines Portfolios wird grundsätzlich als sinnvoll erachtet. Herausforderungen hinsichtlich der Zusammenarbeit in solch einem kollaborativen Dokument traten aber auf, da engagiertere Studierende häufig die Mehrheit der Arbeit übernahmen. Auch bestand Unbehagen darüber, die Arbeitsergebnisse öffentlich für Studierende anderer Universitäten zugänglich zu machen. Darüber hinaus wurde die Erstellung des Portfolios und die zeitgleiche Absolvierung der Mikromodule als zeitlich sehr hoher Aufwand eingestuft, insbesondere da die Veranstaltung für Studierende der UdS mit 3 ECTS definiert ist.

Vorgeschlagen wurde, die Strukturierung der Aufgaben und Sitzungen stringenter zu gestalten, mit klar definierten Abgabeterminen und Verpflichtungen. Zeitgleich wird auch mehr Flexibilität gewünscht, da der Bearbeitungsaufwand hoch ist und nicht immer im vollen Umfang erfüllt werden könne. Das Mentoring-System sollte ebenfalls modifiziert werden, so dass die Mentees nicht nur rein digital und proaktiv mit den Mentorinnen und Mentoren in Kontakt treten, da dies dazu verleitet, dass die Kommunikation nach einer Weile „einschläft“. Vorgeschlagen wird eine Art „Office Hour“, die einmal wöchentlich angeboten wird, in der die Mentorinnen und Mentoren, Mentees und (sofern zeitlich möglich) auch die dozierende Person virtuell zusammentreffen, um Fragen rund um die Micromodule, das Portfolio oder sonstige Anliegen, für die nicht ausreichend Zeit innerhalb der Sitzungen sind, besprochen werden können.

# Fazit

Die Erprobungen zeigen, dass standortübergreifende, hybride Fachdidaktik für das Lehramtsfach Informatik grundsätzlich funktioniert und großes Potenzial birgt. Jedoch bedarf es einer intensiven Vorarbeit in der Konzipierung und Gestaltung der Veranstaltung sowie einer stärkeren Flexibilisierung und Anpassung an die individuellen, standortabhängigen Bedürfnisse der Studierenden, um die Herausforderungen zu überwinden und die Ziele zu erreichen.

Im Zuge der Evaluation konnten zahlreiche positive Ergebnisse identifiziert werden, welche die innovative Konzeption der Lehrveranstaltung und deren Umsetzung in beiden Pilotierungsphasen unterstreichen:

- Zusammenarbeit zwischen Studierenden verschiedener Fachrichtungen und Universitäten ist bereichernd
- Erweiterung persönlicher, fachlicher und methodischer Kompetenzen
- Veranstaltung mit hohem Praxisbezug, hilfreich für zukünftige Unterrichtsgestaltung
- Hohe Motivation und aktives Mitwirken der Studierenden
- Mentoring und Tandem sind wertvoll und unterstützen Austausch, Reflexion und individuelle Lernerfolge

Die kritische Reflexion der Pilotierungen offenbart auch einige Herausforderungen und negative Erfahrungen, die wichtige Lektionen für die Weiterentwicklung der Lehrkräftebildung in Informatik liefern:

- Unklare Strukturen, fehlende Kommunikation im Vorfeld führte zu Unsicherheiten und erschwerten Kooperation zwischen den Standorten
- Ungleiche Vorkenntnisse verzerren Zusammenarbeit, einzelne Gruppen werden dominanter wahrgenommen
- Portfolio- und Micromodulbearbeitung wurden als sehr zeitintensiv empfunden, besonders im Verhältnis zum vorgesehenen Aufwand nach den ETCS des Moduls
- Kleine Gruppen erzeugen Druck und Unsicherheiten, insbesondere bei hybrider Übertragung entsteht Gefühl der permanenten Sichtbarkeit und Überwachung

Basierend auf den gesammelten Erfahrungen und Erkenntnissen können folgende Empfehlungen für die zukünftige Gestaltung von gemeinsamen, hybriden Lehrveranstaltungen abgeleitet werden:

- Klare Vorgaben im Vorfeld der Veranstaltung müssen allen Studierenden und Projektinvolvierten kommuniziert werden. Verbindliche Abläufe, und Anforderungen zu definieren hilft dabei, Unsicherheiten zu vermeiden und die Erwartungshaltung transparent zu vermitteln.
- Inhalte stärker an die Vorkenntnisse und Lerngeschwindigkeiten der Studierenden anpassen, um der Heterogenität der Kohorten gerecht zu werden.
- Neue Konzepte zur Übertragung der Veranstaltungsräume, indem das Gefühl der Überwachung behoben wird. Angenehmere Lernatmosphäre erzeugen, insbesondere für kleine Kohorten.

- Weiterentwicklung der kollaborativen Formate studentischer Zusammenarbeit: Aufgaben und Rollen stärker definieren, Regelmäßigen Austausch fordern und fördern sowie mehr Präsenztreffen zwischen den Studierenden arrangieren.

Insgesamt liefern die Erprobungen wertvolle Hinweise dafür, wie standortübergreifende Lehrkräftebildung nicht nur technisch, sondern auch organisatorisch und didaktisch nachhaltig und effektiv gestaltet werden kann. Die Erfahrungen zeigen, dass systematische Anpassungen und kontinuierliches Feedback essenziell sind, um Motivation, Beteiligung und Lernerfolg sicherzustellen.

Eine weitere Erprobung wurde initiiert, dabei flossen die Modifizierungsmaßnahmen Konzipierung ein. Diese fand im Sommersemester 2025 zwischen allen drei Universitäten, ebenfalls in einem hybriden Setting statt. Da eine umfangreiche Befragung aller Involvierten über den zeitlichen Rahmen der geplanten Publikation dieses Sammelbandes hinausgeht, können diese Ergebnisse nicht mehr mit einbezogen werden.

## Literatur

[ADL2021] Adl-Amini, K., & Völlinger, V. „Kooperatives Lernen im Unterricht“ in *Wirksamer Unterricht* (Bd. 4). Institut für Bildungsanalysen Baden-Württemberg (IBBW). IBBW\_WU4\_Kooperatives Lernen, 2021

[CRU2023] Cruz, J. (2023). Promoting learner autonomy through tandem learning in a Japanese ESL context. *International Journal on Social and Education Sciences (IJonSES)*, 5(1), 34-50. <https://doi.org/10.46328/ijonSES.424>

[DRO2024] Drozdowski, S., Stockkamp, M., & Frey, D. „Mentoring – ein Klassiker der Personalentwicklung: Basics und neue Perspektiven in einer digitalen Arbeitswelt“ in: Frey, D., Vilser, M. (eds) *Führung und Personalentwicklung an Hochschulen*. Springer Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-67652-3\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-662-67652-3_17), 2024

[FRI2019] Fritz, A., & Schmid, F. „Mentoring an Hochschulen“ Österreichisches Zentrum für Begabtenförderung und Begabungsforschung (ÖZBF). *mentoring-kern+cover.indd*, 2019

[GER2023] Germer, P. „Lernen im Tandem in der Lehramtsausbildung: Autonome Lernprozesse initiieren, unterstützen und erforschen“ Frank & Timme. <https://doi.org/10.57088/978-3-7329-9020-7>, 2023

[GRA2013] Graf, N., & Edelkraut, F. „Mentoring: Das Praxisbuch für Personalverantwortliche und Unternehmer“ (2. Aufl.). Springer Gabler. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-15109-6>, 2013

[KUR2017] Kurz G., & Harten, U. (Hrsg.) „Peer Instruction: Interaktive Lehre praktisch umgesetzt“ (E. Mazur). Springer Spektrum Berlin, Heidelberg. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-54377-1>, 2017

[MUE2019] Müller-Naendrup, B. „ ‚Ich denk‘ – ich tu‘ – WIR lösen was!‘. Problem-Based Learning in Hochschullernwerkstätten“ In Baar, R. (Hrsg.), Feindt, A. (Hrsg.), Trostmann, S. (Hrsg.): *Struktur und Handlung in Lernwerkstätten*. Hochschuldidaktische Räume zwischen

Einschränkung und Ermöglichung. Bad Heilbrunn : Verlag Julius Klinkhardt. <https://doi.org/10.25656/01:26469>, 2019

[ROT2021] Rottach, A., Riechert, T., Miller T., & Jung, M. „Tandem Teaching“ In P. Nick, & P. Pfeil (Hrsg.), Neue Wege an Hochschulen: Forschungsbefunde zur Qualifikation für die Jugendarbeit, 100-118. Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-658-33452-9\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-658-33452-9_5), 2021

[SCH2023] Schäfle, C., & Junker, E. „Just-in-Time Teaching mit Peer Instruction: agil, aktivierend, lernendenzentriert, wirksam“ in Proceedings des Workshops auf der Konferenz Inverted Classroom and beyond, 16.-17. Februar 2023, Fachhochschule Graubünden, Chur, Schweiz. Preprint. ICM2022, 2023

[STR2016] Strittmatter-Haubold, V. „Problem Based Learning. Eine Methode für wirksame Lernsettings in der wissenschaftlichen Weiterbildung?“ Hochschule und Weiterbildung, 1, 50-55. <https://doi.org/10.25656/01:14852>, 2016



## 6 – Lernmotivation und Workload

Durch den Bologna-Prozess wurde mit ECTS (European Credit Transfer System) ein Rahmen geschaffen, den studentischen Arbeitsaufwand für Lehrveranstaltungen transparenter zu gestalten [KMK2024]. Dieses System unterstützt die Planung und Durchführung von Kursen und Modulen, die sich anhand unterschiedlicher ECTS-Vergabe stärker und gerechter gewichten lassen. Dadurch wird auch die (internationale) Bildungsmobilität gefördert, da absolvierte Module und Qualifikationen leichter anerkannt werden können [EC2015].

### Das Konzept des Workloads und seine Berechnungsgrundlage

Die Grundannahme ist, dass die für Studieren aufgewendete Zeit ähnlich der für eine normale Arbeitsstelle sein soll. Ein Studienjahr entspricht in Europa in der Regel 60 ECTS. Im Mittel werden dafür 1800 Stunden Arbeitsaufwand pro Jahr definiert, was – Urlaub und Feiertage eingerechnet – etwa der Arbeitszeit von 40 Wochenstunden über circa 45 Wochen im Jahr verteilt entspricht. Dabei wird in Zeitstunden und nicht akademischen Stunden gerechnet. Pro Semester ergeben sich somit 900 Stunden, die auf 30 ECTS (oder auch Credit Points/CP, Leistungspunkte/LP) verteilt werden, die in etwa dem Umfang der belegten Lehrveranstaltungen entsprechen sollen. Damit ist für einen ECTS ein Arbeitsaufwand von 30 Stunden vorgesehen. Dieser umfasst neben der Präsenzzeit (Vorlesungen, Seminare) auch das Selbststudium (Vor- und Nachbereitung, Übungsaufgaben, Portfolio) und die Prüfungsleistung (Klausuren, Projekte, Hausarbeiten). Die Angabe von 30 Stunden pro ECTS-Punkt dient daher als Orientierungswert für einen durchschnittlich angenommen Aufwand. Durchschnittlich begabte Studierende sollten also die Lernziele des Moduls erreichen, sofern sie den definierten durchschnittlichen Workload investieren: Fachliche und methodische Kompetenz sowie überfachliche Kompetenzen, wie beispielsweise Problemlösefähigkeiten und kommunikative Fertigkeiten [EC2015].

Im Unterschied zu einer Erwerbstätigkeit, die durch klar definierte Aufgaben, zeitliche Vorgaben und Entgelte definiert ist, zielt das Studium primär auf den Erwerb von in den Modulhandbüchern festgelegten Kompetenzen ab. Die hierfür erforderliche zeitliche Investition variiert zwischen den Studierenden erheblich, da Lernprozesse individuell sind und darüber hinaus auch außeruniversitäre Faktoren, bspw. Nebentätigkeiten oder familiäre Verpflichtungen, eine immer größer werdende Rolle einnehmen. Auch suggerieren politische Diskurse vielmals, dass Studien-erfolg allein daran festzumachen sei, wie viel Zeit die Studierenden für ihr Studium aufwenden. Tatsächlich benötigt es aber weitaus mehr als das, um die Lernziele zu erreichen. Eine aktive Auseinandersetzung mit den Lerninhalten sowie die Fähigkeit, das erworbene Wissen zu verknüpfen

und anzuwenden sind somit weitere essenzielle Komponenten für eine erfolgreiche Absolvierung von Modulen. In welchem Umfang Studierende diesen Gesamtprozess gestalten und wie viel Zeit sie letztendlich investieren, bleibt ihrer individuellen Studienorganisation überlassen.

Hinzu kommt, dass das erfolgreiche Absolvieren der Lehrveranstaltung formal durch ein summatives Assessment festgestellt wird. Die konkrete Handhabung dafür fällt je nach Lehrenden stark unterschiedlich aus. In vielen Fällen wird so beispielsweise lediglich die Anwesenheit bei Präsenzterminen überprüft, um die Leistung bescheinigt zu bekommen. Aus Sicht der Lehrenden sollte eine universitäre Veranstaltung ausreichend Motivationspotenzial besitzen, dass Studierende auch die Selbstlernanteile gewissenhaft durcharbeiten. Aus Sicht der Studierenden steht oft der Druck anderer Lehrveranstaltungen mit höherer Prüfungsdichte im Vordergrund, so dass selbst bei anfänglich gutem Willen im Verlauf des Studiums mehr oder weniger nur noch die Kompetenzen angeeignet werden, die in einer Prüfung vermutet werden.

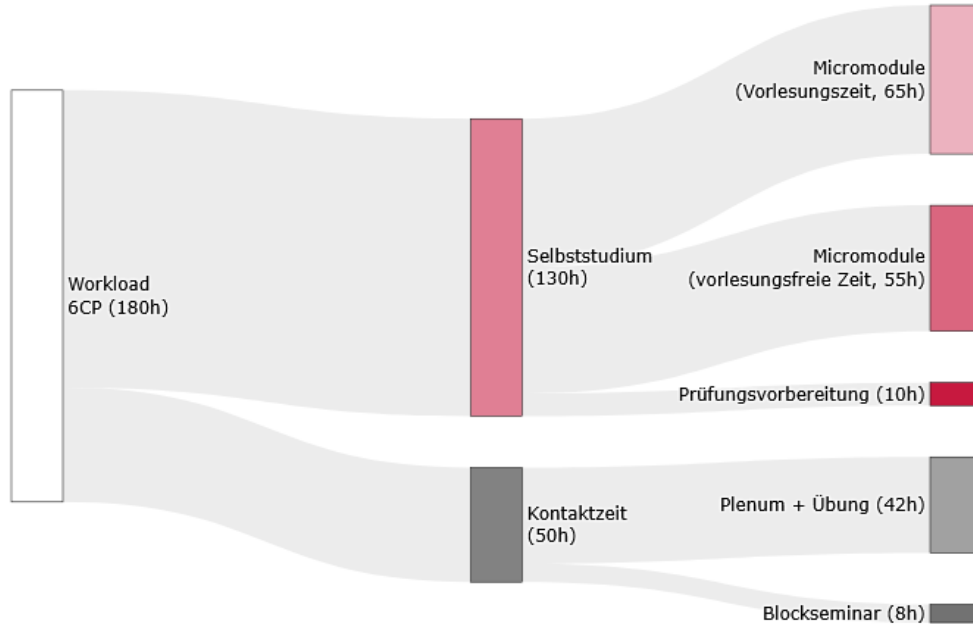
Auf diese Weise reduziert sich der tatsächliche Arbeitsaufwand für eine Veranstaltung mit 3CP auf die Präsenzzeit von zwei akademischen Stunden über 14 Wochen, also etwa 21 Stunden von 90, die für die 3 CP eigentlich angesetzt werden. Folglich kann dies dazu führen, dass Studierende einzelne Module nicht oder nur ausreichend bestehen oder gar wiederholen müssen, wodurch sich das Studium in seiner Gesamtzeit verlängert. Auch führt dies dazu, dass wesentliche Kompetenzen und fachliches Wissen, die durch die Module angeeignet werden sollen, nicht vollumfänglich ausgebaut werden können.

## **Berechnung des Workloads für die Fachdidaktik-Veranstaltungen der JGU Mainz**

Der Workload für Lehrveranstaltungen, die den Aufwand nach Bologna präziser abbilden, wird häufig als „viel zu hoch“ angesehen. Die Lehrenden können hier mit größtmöglicher Transparenz gegensteuern. In den Gelb-DIng-Fachdidaktik-Veranstaltungen wird daher der eingeforderte Arbeitsaufwand genauer aufgeschlüsselt und auf die Präsenzzeiten sowie das Selbststudium, in Form von Micromodulen, aber auch Prüfungsvorbereitung aufgeschlüsselt. Für die Fachdidaktik I an der JGU ist das zum Beispiel folgende Rechnung:

- 6 CP = 180 h = (MHB) ca. 52 h Kontaktzeit, 128 h Selbststudium
- 14 x 3 h (Plenum und Übung je 90 m) = 42 h
- Blockseminar Gelb-DIng = 8 h
- 13 x 5 h = 65 h Selbststudium (Micromodule) während Vorlesungszeit
- 55 h Selbststudium (Micromodule) in der vorlesungsfreien Zeit
- 10 h Prüfungsvorbereitung

## Zusammensetzung des studentischen Workloads für 6CP in der Fachdidaktik-Veranstaltung der JGU Mainz



**Abbildung 6.1**

Workload für die Veranstaltung „Fachdidaktik der Informatik“ an der JGU Mainz

**Wichtig** und vorgesehen: 6 CP entspricht 1/5 des empfohlenen Pensums für ein Semester. Es wird daher davon ausgegangen, dass sie während der 14 Wochen Vorlesung einen kompletten „Arbeitstag“ für Fachdidaktik I aufwenden und die gleiche Zeit dann nochmals in der vorlesungsfreien Periode. Da an der JGU Mainz die Prüfungsleistungen für Fachdidaktik der Informatik sehr spät im Semester erfolgen, meistens kurz vor Beginn der folgenden Vorlesungsperiode, ist die vorlesungsfreie Zeit – anders als die gebräuchliche Bezeichnung „Semesterferien“ deuten lässt – durch eine intensive Selbstlernphase und Prüfungsvorbereitung geprägt.

## Gamification von Micromodulen zur Motivationssteigerung

Um noch mehr Transparenz über den anstehenden Workload zu bieten, wurden die Micromodule, die im Zuge der Veranstaltung bearbeitet werden sollten, mit sogenannten „Erfahrungspunkten“ (XP) versehen. Diese sollen den Studierenden Orientierung und Kontrolle darüber geben, mit wie viel Aufwand ein Modul verbunden ist und wie weit sie in der Absolvierung der Lerninhalte bereits fortgeschritten sind. Des Weiteren bietet die Vergabe von XP die Möglichkeit, Blended- und E-Learning-Anteile motivierend, innovativ und zielgruppenorientiert zu konzipieren (Gamification). Der Einsatz von Punkten, Badges, Levels und Ranglisten regt sowohl intrinsische als auch extrinsische Motivation der Studierenden an [ALS2021].

Dieses spielerische Feedback kann das Belohnungssystem im Gehirn anregen und dazu führen, dass Studierende den Lernprozess als attraktiver wahrnehmen und somit mehr Zeit und Energie investieren. Auch dient diese Form der Rückmeldung der Überwachung des persönlichen

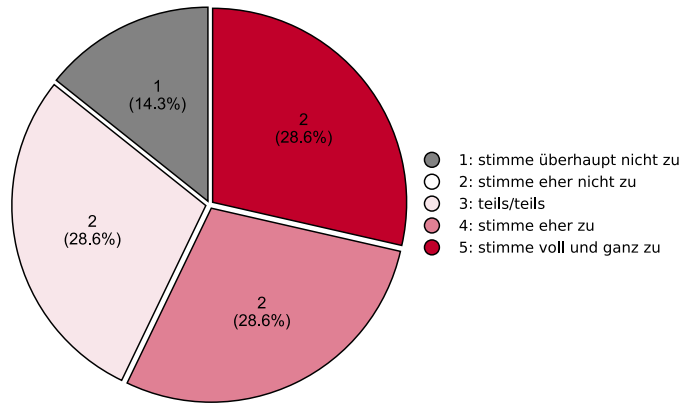
Lernfortschritts und kann somit zu einer stärkeren Selbststeuerung und Regulation des Lernens beitragen [RAI2016]. Die Anregung und Aktivierung der studentischen Beteiligung ermöglicht ein nachhaltigeres Verständnis von Lerninhalten, da die im Kontext von GeLb-DIng gestellten Herausforderungen teilweise nur durch kritisches Denken und durch praxisorientierte Anwendung des Erlernten lösbar sind. Dementsprechend werden auch essenzielle Schlüsselkompetenzen (weiter-)entwickelt, wie beispielsweise Problemlösen, Kreativität und – im Falle kooperativer und kompetitiver Elemente – auch soziale Kompetenzen [TOL2020]. Die Gamifizierung der Lerninhalte ermöglicht somit eine Visualisierung des studentischen Fortschritts und der Interessenschwerpunkte sowie des Engagements. Dies ermöglicht den Lehrenden wiederum, den studentischen Lernerfolg zu beobachten und bei Bedarf zu intervenieren, um Studierende, die weniger motiviert sind, Micromodule zu bearbeiten, wieder stärker in den Prozess einzubinden [ALS2021].

## Ergebnisse der Workload-Erhebung und Erprobung der Gamification

Konkretisiert wurde dieser Ansatz durch die Einführung des XP-Systems mit Hilfe des Moodle-Plugins „LevelUp“. Dabei wurde zunächst im Vorfeld ein Punktesystem definiert, um den Aufstieg in höhere Level bei Erreichung spezifischer Schwellenwerte zu ermöglichen (Vgl. Kapitel „Technische Umsetzung der gemeinsamen Lehrveranstaltungen“). Ein Erfahrungspunkt entspricht hierbei einem geschätzten Arbeitsaufwand von einer Minute. Während der Vorlesungen wird vor Woche zu Woche die Bearbeitung von etwa 300 XP erwartet. Für die vorlesungsfreie Zeit werden zur Bearbeitung bis zur Prüfung zusätzlich Module für etwa 1800 XP ausgewiesen. Das entspricht etwas weniger als der Hälfte der dann für das Selbststudium vorgesehenen Zeit. Die andere Hälfte steht der Nachbearbeitung und Strukturierung des Portfolios zur Verfügung.

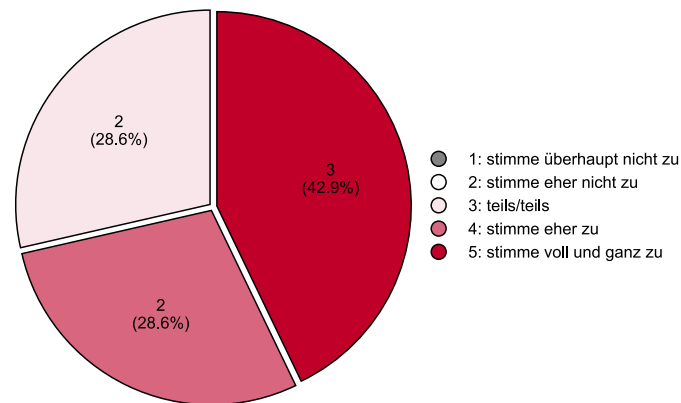
Im Wintersemester 2022/23 wurde eine quantitative Erhebung zum Thema Workload mit den Teilnehmenden an der Veranstaltung Fachdidaktik I durchgeführt. Die Fragen bezogen sich einerseits auf den Aufbau und die Strukturierung der Micromodule und andererseits die Gamification sowie den dazugehörigen Workload. Ursprünglich war angedacht, die Veranstaltung im Rahmen der Pilotierung des GeLb-DIng-Vorhabens gemeinsam mit Studierenden der UdS durchzuführen. Aufgrund organisatorischer Herausforderungen durch noch geltende Corona-Beschränkungen, zusammen mit Kompatibilitätsanpassungen der Modulhandbücher und ECTS-Vergaben zwischen den beiden Standorten, wurde die Veranstaltung letztendlich dann nur unter Studierenden der JGU durchgeführt. Dementsprechend beläuft sich aufgrund der kleinen Kohorten die Ergebnispräsentation auf eine Gesamtfallzahl von sieben Personen. Die Erhebung dient dementsprechend einer rein summativen, nicht signifikanten Wiedergabe studentischen Feedbacks. Dieses Feedback floss wiederum in den Ausbau und die Weiterentwicklung der Konzipierung einer universitätsübergreifenden, hybriden Fachdidaktik-Veranstaltung (Vgl. Kapitel „Methodische Ansätze für gemeinsame Lehrveranstaltungen“).

Insgesamt gaben fünf der sieben Studierenden an, dass der Kurs ihnen dabei helfe, die zukünftigen, persönlichen Ziele im Rahmen der Lehramtsausbildung zu erreichen. Zwei Personen bewerteten dies als teilweise zutreffend. Das studentische Feedback zeigt auch, dass mehr als die Hälfte der Studierenden zustimmt, dass der Einsatz der Gamification die Motivation zur Absolvierung



**Abbildung 6.2**

Visualisierung der Ergebnisse des Items „Level-Up, die Badges und XP-Anzeigen unterstützen mich dabei, die Kursaufgaben motiviert zu erledigen“ (N=7)



**Abbildung 6.3**

Visualisierung der Ergebnisse des Items „Durch die Bearbeitung der Micromodule fällt mir das Verstehen und Erlernen der Kursinhalte leichter“ (N=7)

der Micromodule positiv beeinflusste. Zwei Befragte konnten dies zumindest in Teilen bestätigen. Eine Person gab allerdings an, dass die Gamifizierung keinen positiven Effekt auf die Motivation und Aufgabenbearbeitung hatte.

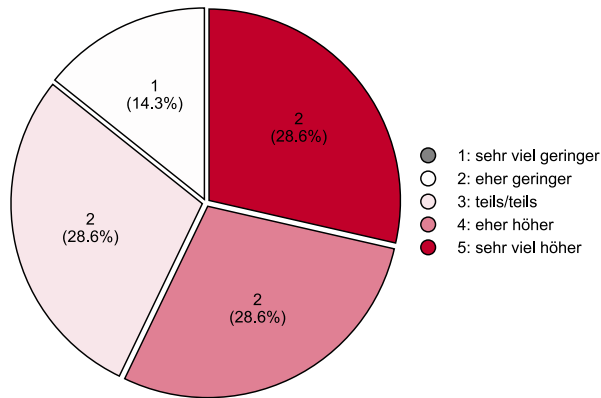
Die Frage, ob die Studierenden anhand der Badges und Level-Up Ranglisten ihre persönlichen Fortschritte in Verhältnis zu den Fortschritten der anderen Kursteilnehmenden setzen, verneinten vier der Befragten, zwei stimmten dem in Teilen zu, eine Person stimmte dem kompetitiven Verhalten zu. Ob sie neidisch auf die Leistungen der anderen Kursteilnehmenden seien, verneinten insgesamt sechs Studierende, lediglich eine Person gab an, teilweise solch eine Emotion zu empfinden.

Die Bearbeitung der Micromodule wird unterschiedlich bewertet. Dass die Module sinnvoll in die jeweiligen Veranstaltungssitzungen eingebettet sind, befürworteten vier Personen, während drei dem nur teilweise zustimmen. Dass die Micromodule dabei unterstützen, die Kursinhalte leichter zu verstehen und zu erlernen, wurde von fünf Befragten bejaht, zwei Studierende bestätigten dies teilweise.

Die Micromodule mit den Aktivitäten Unterrichtsplanung, Vorbereitung von Unterrichtsmaterialien, Quiz, Rätselaufgaben sowie Diskussion gefielen den Studierenden am besten.

#### Abbildung 6.4

Visualisierung der Ergebnisse des Items „Durch die Bearbeitung der Micromodule ist mein Lernerfolg \_\_\_ als in anderen Veranstaltungen“ (N=7)



Insgesamt bewerten vier Studierende den Lernerfolg in der Veranstaltung Fachdidaktik Informatik höher als in anderen vergleichbaren Didaktik-Veranstaltungen des Lehramtsstudiums. Zwei Personen empfinden ihn als gleichwertig zu anderen Kursen und eine befragte Person empfindet den Lernerfolg eher geringer.

Den Aufwand zur Vor- und Nachbereitung der Sitzungen sowie der Bearbeitung der Micromodule wurde von sechs Personen als viel zu hoch empfunden, eine Person bewertet dies als teilweise zu hoch. Anhand der Frage, auf welche Micromodul-Elemente und Themen die Studierenden am ehesten verzichten könnten, wurden hilfreiche Angaben getätigt. Im Folgenden werden zwei Aussagen beispielhaft dargestellt, welche in einem Freifeldkommentar getätigt wurden:

*„Generell sollte auf zu umfangreiche Textdokumente verzichtet werden [...] Auch sollten Videos nicht über 25-30min gehen und ansonsten ein 1,5h Mitschnitt lieber in Teile zerlegt werden, da diese am Stück sehr zeitfressend sind und ich sie lieber in Teilen anschau und bearbeite.“*

*„Meiner Meinung nach könnte man auf Micromodule, wie zum Beispiel die Bildungsstandards und Lehrpläne für die Primarschule verzichten. Ich sehe den Sinn dahinter auch ein Blick auf diese Themen zu richten, allerdings ist der Aufwand der Veranstaltung viel zu hoch und durch eine Reduzierung solcher ‚Randthemen‘ könnte der Aufwand verringert werden.“*

Der ausgewiesene Zeitaufwand wurde dementsprechend an unterschiedlichen Stellen geprüft, gegebenenfalls modifiziert und angepasst. Zu beachten ist jedoch auch, dass manche Studierende aufgrund anderer zeitlicher Implikationen mit dem Bearbeiten der Micromodule nicht nachgekommen seien und quasi den Anschluss verloren. Eine Person schilderte dies wie folgt als freiwilligen Kommentar in der Befragung:

*„Aufgrund anderer Veranstaltungen kann ich meist erst donnerstags mit den Micromodulen beginnen, normalerweise reicht die verbleibende Zeit dennoch locker aus. Wenn allerdings anderweitige Termine [...] oder untypisch hoher Aufwand in anderen Veranstaltungen dazwischenkommen, sind die Micromodule nicht mehr schaffbar.“*

Auch wurde kritisiert, dass das in den ersten beiden Phasen verwendete System Moodle (einmal mit Modulen in Moodle selbst, einmal mit der technischen Umsetzung als SCORM, nähere Informationen hierzu im Kapitel „Technische Umsetzung der gemeinsamen Lehrveranstaltungen“) sehr strikte Abgabezeiten fordert, so dass eine nachträgliche Bearbeitung nicht mehr gut möglich

ist. Gleichzeitig stellte dies auch für die Mitarbeitenden eine Herausforderung dar, da enge Abgabefenster auch ein zeitnahes Feedback implizieren.

## Einführung von Portfolios

Aus diesem und weiteren Gründen, wurde auf das Führen eines Portfolios umgestellt. Dies wird von den Studierenden in selbstgewählter Zeit und Vollständigkeit geführt und kann jederzeit bis zur Prüfung nachgearbeitet werden. Die Vorgabe der Veranstalter ist dabei, dass von den Mitarbeitenden standardmäßig inhaltliches Feedback nur gegeben wird, wenn der Eintrag für das entsprechende Micromodul mit maximal einer Woche Verspätung erfolgt. Sonst müssen die Studierenden um dediziertes Feedback für ein bestimmtes verspätet bearbeitetes Micromodul bitten. Weiterhin sollte das komplette Portfolio bis eine Woche vor der mündlichen Prüfung fertig gestellt sein. Diese Version kann dann auch auf Wunsch in der Prüfung verwendet werden. Das Portfolio ist als Hilfestellung und persönliches Werkzeug für die Studierenden ausgewiesen und wird somit nicht bewertet wie Abgaben, die Feedbacks sind hierbei als Hinweise zu verstehen. Bewertungsrelevant ist in der Veranstaltung „Fachdidaktik der Informatik I“ die Leistung in der mündlichen Abschlussprüfung, wobei das sorgfältige und vollständige Führen des Portfolios im Allgemeinen zu einer höheren Erfolgswahrscheinlichkeit beiträgt. Für die Veranstaltung „Informatik und Gesellschaft“ ist die Vollständigkeit des Portfolios sowie der gewissenhafte Umgang mit Feedback Grundlage für die Studienleistung, nicht jedoch die inhaltliche Korrektheit oder die Einhaltung formaler Vorgaben.

Im Zuge der Einführung der Portfolios als begleitende Studienleistung konnten anhand diverser Erhebung dessen Vorteile, Potenziale aber auch Herausforderungen eruiert werden. Dabei wurde eine quantitative Erhebung im Sommersemester 2023 im Rahmen der Veranstaltung „Informatik und Gesellschaft“ durchgeführt.

Die Erstellung des Portfolios wurde dabei von sieben Personen als zufriedenstellend bewertet. Angemerkt wurde, dass die Anforderungen an die Erstellung nicht rechtzeitig vermittelt wurden, insbesondere Informationen zu den Formalia und den erwarteten Umfang eines solchen Dokuments. Dies führte zu Unsicherheiten unter den Studierenden, ob der geleistete Workload den Anforderungen entspreche. Diese Kritikpunkte flossen in die Ausgestaltung der Veranstaltungen in den darauffolgenden Semestern ein.

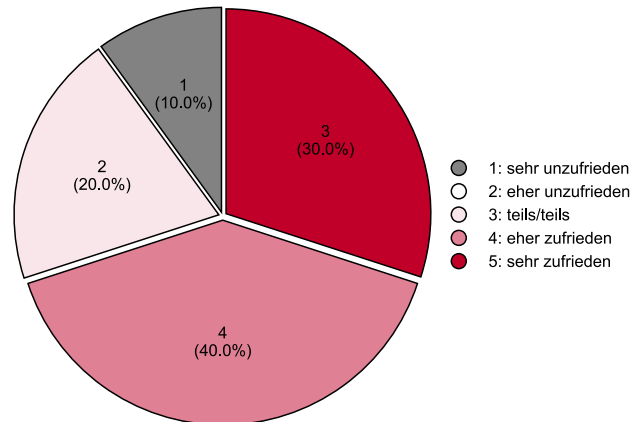
*„Eine Rückmeldung nach der Hälfte des Semesters zur groben Orientierung wäre wünschenswert, die Kommentare, die bisher abgegeben wurden, waren keine große Rückmeldung, sondern eher Hinweise. Ob das jetzt heißt, dass mein Portfolio dadurch schlecht ist, lässt sich nicht sagen.“*

Des Weiteren gaben zusätzlich qualitative Interviews Einblicke zum Portfolio, diese wurden im Rahmen der Fachdidaktik II Veranstaltung mit Master-Studierenden im Sommersemester 2023 durchgeführt. Darüber hinaus gelang es, im Zuge der Pilotierung einer gemeinsamen, hybriden Fachdidaktik auch qualitative Interviews mit Studierenden der UdS durchzuführen. Dies ermöglichte eine umfangreiche, diversifizierte Perspektive auf die Vor- und Nachteile der Portfolio-Erstellung.

*„[...] an sich finde ich das [Portfolio] eine gute Idee, gerade weil es diesen Druck wegnimmt, zum Ende des Semesters, jetzt steht irgendeine Prüfung an und ich muss irgendwas vorbereiten, oder ich*

### Abbildung 6.5

Visualisierung der Ergebnisse des Items „Wie zufrieden sind Sie mit der Erstellung des Portfolios“ (N=10)



*muss irgendwie eine Präsentation vorbereiten. Was ja dann auch meistens nur Arbeit ist, die sich auf ja drei, vier Wochen beschränkt. Deshalb finde ich das Erstellen des Portfolios über das ganze Semester hinweg schon sehr angenehm.“ [Interview vom 24.08.2023, Zeile 216]*

*„Vor allem dieses Portfolio finde ich auch unglaublich gut. Das kann ich jetzt zum Beispiel auch für die Vorbereitung, Prüfungsvorbereitung nutzen und dann später auch vervollständigen. Immer wieder was reinschreiben, das kann ich nutzen, das bleibt, finde ich sehr gut.“ [Interview vom 26.09.2023, Zeile 219]*

Die Portfolios der Studierenden weisen einen hohen Grad an Individualität auf. Diese Freiheit wird gerne angenommen und erhöht nach Aussage der Studierenden die Motivation. Insgesamt wird die Lernbereitschaft nach Einführung des Portfolios statt wöchentlicher Abgaben als höher eingeschätzt. Aus Sicht einer Lehrperson kann jedoch bezüglich des Anteils „vorbereiteter Studierender“ im anschließenden Plenum keine signifikante Änderung gegenüber dem vorhergehenden Modus festgestellt werden. Es gab aber stets eine „kritische Masse“ für das Führen sinnvoller Diskussionen. In den nachgearbeiteten Portfolios finden sich die Ergebnisse dieser Diskussionen auch häufig, so dass davon auszugehen ist, dass das Plenum selbst dann sinnvoll verfolgt werden kann, wenn es aus Zeitgründen einigen Studierenden nicht möglich war, alle Micromodule sowie das Portfolio zu bearbeiten.

## Fazit

Die Analyse des studentischen Workloads zeigt, dass die präzise Gliederung von Präsenzzeiten und Selbststudium innerhalb der Fachdidaktik-Veranstaltung eine realistische Einschätzung der Arbeitsbelastung ermöglicht. Verdeutlicht wird hierbei zudem, dass Studierende trotz der definierten Stunden pro ECTS-Punkt individuelle Variationen innerhalb ihrer Lernzeiten aufweisen, abhängig von der Belastung in anderen Veranstaltungen, wie auch außeruniversitärer Verpflichtungen und Einflüsse.

Die Erprobung der Micromodule sowie der Anwendung des XP-Systems zeigt, dass Gamification-Elemente sich positiv auf die Motivation und das Verständnis der Kursinhalte auswirken

können und somit den hohen Workload zumindest ansatzweise annehmbar zu gestalten. Mit der Einführung des Portfolios konnte zudem die Lernbereitschaft über das Semester hinweg gestärkt werden, da Studierende die Flexibilität und Eigenverantwortung schätzen.

Insgesamt lieferten die Ergebnisse wichtige Hinweise für Optimierungspotenziale der Lehrveranstaltung und Inhalte. Durch weitere Erhebungen (Vgl. Kapitel 5) kann somit kontinuierlich auf die Bedürfnisse der Studierenden eingegangen und die Qualität der Veranstaltung, insbesondere als hybrides, universitätsübergreifendes Setting, nachhaltig aufrechterhalten werden.

## Literatur

[ALS2021] Alsaleh, A., Kube, D. & Schneider, J. „Learning analytics supported gamification. The case study of AR4STEAM for class application“ DIPP | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation. <https://doi.org/10.25656/01:23327>, 2021

[KMK2024] Kultusministerkonferenz & Bundesministerium für Bildung und Forschung „Die Umsetzung der Ziele des Bologna-Prozesses 2021–2024: Nationaler Bericht“ Mitwirkung: HRK, DAAD, Akkreditierungsrat, fzs, DSW, GEW und BDA. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2024/2024\\_02\\_08-Nationaler-Bologna-Bericht-2021-2024.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_02_08-Nationaler-Bologna-Bericht-2021-2024.pdf), 8. Februar 2024

[EC2015] European Commission „ECTS Users’ Guide. Publications Office of the European Union“ [https://ehea.info/media.ehea.info/file/ECTS\\_Guide/00/0/ects-users-guide-2015\\_614000.pdf](https://ehea.info/media.ehea.info/file/ECTS_Guide/00/0/ects-users-guide-2015_614000.pdf), 2015

[RAI2016] Raichle, N. „Quests, Raids. Level Up ... Game Over?! Erfolgsfaktoren von Gamification in der Hochschullehre“ Waxmann. <https://doi.org/10.25656/01:18901>, 2016

[TOL2020] Tolks, D., Lampert, C., Dadaczynski, K., Maslon, E., Paulus, P. & Sailer, M. „Spielerische Ansätze in Prävention und Gesundheitsförderung: Serious Games und Gamification [Game-based approaches to prevention and health promotion: serious games and gamification]“ Bundesgesundheitsblatt, Gesundheitsforschung, Gesundheitsschutz, 63(6), 698–707. <https://doi.org/10.1007/s00103-020-03156-1>, 2020



# 7 – Technische Umsetzung der gemeinsamen Lehrveranstaltungen

Im Rahmen des Projekts wurden Lehr- und Lernmethoden erprobt, die einer modernen und nachhaltigen Hochschulausbildung genügen. Aus der standortübergreifenden Vorgehensweise hat sich ein breites Anforderungsprofil für die technische Umsetzung ergeben. Als Schwerpunkte haben sich die digitale Bereitstellung von Materialien und Inhalten für das Selbststudium, sowie die Notwendigkeit, Lehrveranstaltungen synchron oder asynchron auch remote zugänglich zu machen, herausgebildet. Um den Anforderungen gerecht zu werden, war nicht nur die Anwendung bestehender Lösungsansätze notwendig, sondern auch die Entwicklung spezifischer Technologien im direkten Einsatz. Entstandene Produkte sind eine Website, die speziell für den kompetenzbasierten Unterricht mit Micromodulstruktur erstellt wurde, sowie ein flexibel einsetzbarer Multimedia-Wagen, der hybride Lehrveranstaltungen hürdenlos möglich macht.

## Einleitung

Im Projekt GeLb-DiNG werden verschiedene didaktische Konzepte pilotiert und erprobt. Diese wurden in vorausgehenden Kapiteln bereits erörtert. In diesem Kapitel werden technische Werkzeuge zur Unterstützung hybrider Lehre mit Inverted Classroom vorgestellt sowie diesbezügliche grundlegende Herausforderungen in der Praxis sowie Blaupausen zur Weiterentwicklung. Darüber hinaus werden Formate für den hochschulübergreifenden studentischen Austausch sowie alternative Prüfungsformate erörtert.

Im Kontext hybrider Lehre und Inverted Classroom wird die Vorbereitung der für die Veranstaltung relevanten Themen im Selbststudium mittels angeleiteter Übungsaufgaben durchgeführt. Ein Impulsvortrag motiviert die Studierenden, die jeweiligen Schwerpunkte im Selbststudium zu bearbeiten und sie in der folgenden Veranstaltung im Plenum ausführlich zu diskutieren. Die fachdidaktischen Inhalte wurden dafür kompetenzorientiert neu aufbereitet und in kompakte Lerneinheiten, sogenannte Micromodule, aufgeteilt. Hierfür kamen unterschiedliche Aufgabentypen und Darstellungsformen zum Einsatz, um den Kompetenzerwerb abwechslungsreich und nachhaltig zu unterstützen. So wurden mehr als 150 Lerneinheiten entwickelt, die den Studierenden und Lehrenden der Partneruniversitäten auch über die Projektlaufzeit hinaus zur Verfügung stehen. Die Bearbeitung nehmen die Studierenden in einem persönlichen Portfolio vor, genauere Hintergründe sind im Kapitel „Inverted Classroom mit Micromodulen“ zu finden.

## Hybride Lehre

Die hybride Lehre wird zwischen den beteiligten Hochschulen JGU, UdS und der UzK umgesetzt. Dabei soll eine Lerngruppe an einer Hochschule vollständig sichtbar und hörbar in den jeweiligen anderen Veranstaltungsräumen sein. Zusätzlich muss die Möglichkeit bestehen, Präsentationsfolien zu übertragen. Teilnehmende, die nicht vor Ort sein können, sollen außerdem vollständig remote teilnehmen können. Zur Realisierung gibt es verschiedene Möglichkeiten. Die naheliegende Lösung ist die Erweiterung des Standard-Setups der Dozierenden. Dieses besteht in der Regel aus einem Laptop und einem im Raum befestigten Beamer. Dieser Rahmen kann genutzt werden, um ein Videokonferenzsystem zu starten und externe Teilnehmer anderer Hochschulen in die Lehrveranstaltung zu integrieren. Dazu wird der Bildschirm des Laptops geteilt und das Mikrofon sowie die Lautsprecher werden aktiviert. Als Kamera wird die Laptopkamera verwendet. Nachteile der einfachen Dozierenden-Laptop-Lösung sind:

- Die Kamera ist in der Regel nur auf den Dozierenden gerichtet. Eine Integration aller Teilnehmenden im Kamerabild über alle Standorte hinweg ist schwer möglich.
- Lautsprecher und Mikrofon sind nicht für Lehrveranstaltungsräume geeignet, da die Leistung zu gering ist. Dadurch werden die hybrid zugeschalteten Personen nicht gehört und die Sprache der im Raum verbliebenen Personen nicht vom Mikrofon aufgezeichnet.
- Der einzelne Bildschirm des Laptops ist in der Regel zum Beamer gespiegelt und zeigt daher die Präsentation zur Veranstaltung. Das lässt keinen Platz für die Darstellung der extern hinzugeschalteten Personen.

Im Projekt wurde ein speziell ausgestatteten Medienwagen und die dazugehörigen Videokonferenzsoftware genutzt, um Fernlehre ohne die beschriebenen Nachteile durchzuführen.

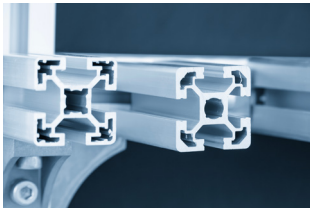
### Medienwagen

Für die Realisierung hybrider Lehrveranstaltungen wurde ein speziell konzipierter Medienwagen entwickelt. Das System zielt darauf ab, die Durchführung standortübergreifender Veranstaltungen zu erleichtern und die interaktive Teilhabe von remote zugeschalteten Studierenden sicherzustellen.

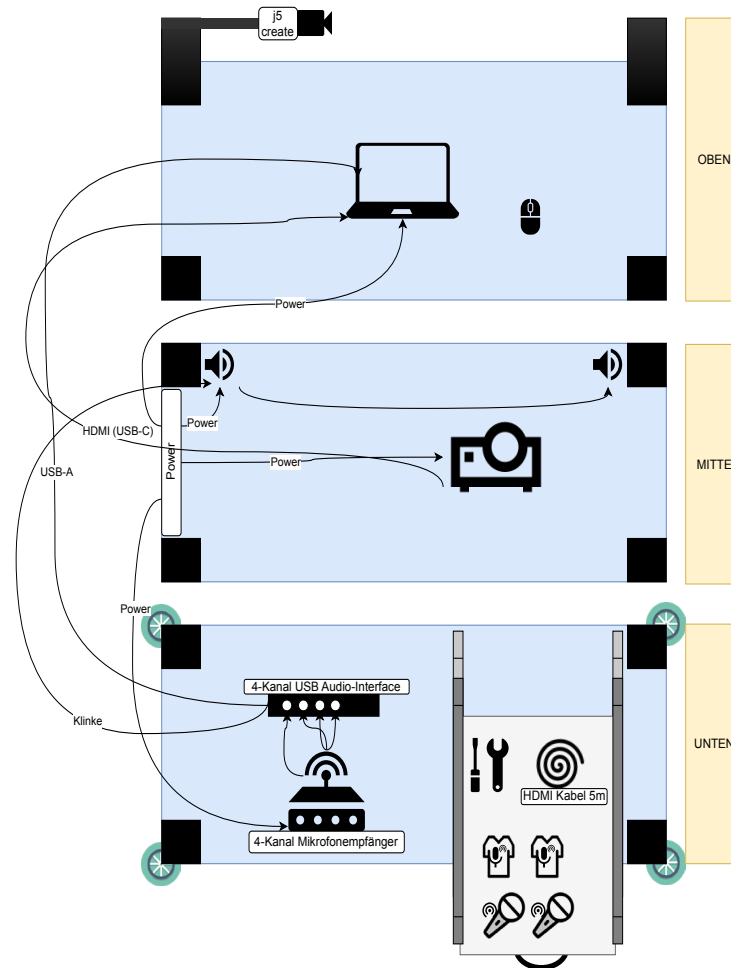
Der Wagen wurde mit Aluminiumkonstruktionsprofilen konstruiert, um eine einfache Erweiterbarkeit und feste Platzierung aller Komponenten zu gewährleisten. Für den Betrieb sind ein Stromanschluss und Netzwerk per WLAN oder kabelgebundenes LAN erforderlich.

Der Wagen verfügt über drei Etagen und eine 19-Zoll-Schublade (vgl. Abbildungen 7.1 und 7.2). Seine Stellfläche beträgt  $120 \times 75 \text{ cm}^2$ . Für hohe Stabilität werden  $80 \times 80 \text{ mm}^2$  große Aluminiumprofile als Stützen verwendet. Die beiden hinteren Profile sind 150 cm, die beiden vorderen 100 cm lang. In die Bretter sind Aussparungen gesägt, sodass sie von zwei Seiten an den Stützen befestigt werden können. Die obere Arbeitsplatte liegt auf den kürzeren Stützen auf, um die Fläche besser nutzen zu können. An den langen Stützen wird die Überkopfaufhängung der Kamera befestigt.

Der Medienwagen ist modular aufgebaut und integriert mehrere Schlüsselkomponenten, um eine hürdenlose Umsetzung hybrider Lehre zu gewährleisten.



**Konstruktionsprofil** aus Aluminium.



**Abbildung 7.1**  
Übersichtsbild zum Aufbau  
des Wagens und der Unterbringung  
der einzelnen  
Komponenten.

- **Laptop:** Der Laptop dient als zentrale Steuereinheit zur Kontrolle der Videokonferenzsoftware, zur Wiedergabe von Präsentationen und Medieninhalten, zur Anzeige der Remote-Teilnehmenden sowie zur Aufzeichnung der Veranstaltung. Er benötigt genügend Kapazitäten, um zwei Beamer (einen für Veranstaltungsfolien, einen für die Zuschaltung der externen Studierenden), den Laptop-Bildschirm und gegebenenfalls das Grafiktablett ansteuern zu können. Hier wird die Präsentation abgespielt, die Konferenzsoftware gestartet sowie die Kamera und das Audio-Interface angeschlossen. Insbesondere die Grafikleistung des Laptops ist zu beachten, da handelsübliche Consumer-Geräte nicht mehrere Beamer und weitere externe Displays gleichzeitig hinreichend performant ansteuern können. Daher ist eine dedizierte Grafikkarte mit entsprechender Leistung zwingend erforderlich.
- **360°-Videokamera:** Eine integrierte 360°-Kamera (im Projekt die JVCU360 von j5Create) erfasst den gesamten Veranstaltungsraum und alle physisch anwesenden Teilnehmenden. Dies erhöht die Immersion der aus der Ferne zugeschalteten Studierenden und fördert die Interaktion. Einerseits wird das 360°-Bild gezeigt, andererseits zwei Fokusbereiche, die auf die Ta-

fel und die Beamer-Präsentation an der Wand gerichtet sind. Die Kamera wird kopfüber am Wagen befestigt, um eine bessere Raumabdeckung zu gewährleisten. Wichtig bei der Kamera Auswahl ist die 360° Funktionalität ohne zusätzlichen treiberseitigen Rechenaufwand. Dies führte nämlich zu höheren Latenzen und überforderte die Hardware beim Live-Gespräch.

- Lautsprecher: Ein zusätzliches Lautsprechersystem (im Projekt: Trust GXT 608 2.0, kabelgebundene PC-Lautsprecher mit 38 W) ist im Wagen integriert, um eine adäquate Beschallung des Raumes mit Sprechbeiträgen der Online-Teilnehmenden oder Medieninhalten zu gewährleisten. Für die Audio-Ausgabe sind Lautsprecher mit eigenem Powermanagement, wie beispielsweise Bluetooth-Lautsprecher, nicht empfehlenswert. Diese schalten sich bei Nichtbenutzung in den Stand-by-Modus und aktivieren sich erst bei einer Audioausgabe, was zu einer Verzögerung führt und der Redebeitrag ggf. nicht mehr verständlich ist.
- Mikrofone: Auch wenn die 360°-Kamera über ein integriertes Rummikrofon verfügt, das für Konferenzen ausgelegt ist, haben unsere Pilotveranstaltungen gezeigt, dass sich ein dediziertes Audio-Setup mit Funkmikrofonen bewährt. Damit wird die übermittelte Sprache deutlich verständlicher. Für die Tonaufnahme stehen insgesamt vier Mikrofone zur Verfügung: zwei Handmikrofone und zwei Ansteckmikrofone (Lavaliermikrofone), die beide über Funkübertragung verfügen. Konkret wird das McGrey UHF-2V2I Quad Funkmikrofonset eingesetzt, welches eine Reichweite von 50 Metern bietet. Obwohl dieses Set einen Mix-Out-Ausgang bereitstellt, produziert dieser ein Hintergrundrauschen. Um dem entgegenzuwirken und eine Einzelabnahme aller Mikrofone zu ermöglichen, wird ein zusätzliches Audio-Interface verwendet. Hierfür kommt ein U-Phoria UMC404HD zum Einsatz, das die Weiterleitung der Audiosignale per USB an den Laptop übernimmt. Somit ist jedes Mikrofon individuell in der Lautstärke regelbar. Die Nutzung von Handmikrofonen kann für Teilnehmende zunächst eine Anfangshürde darstellen, jedoch ist eine schnelle Gewöhnung festzustellen. Ein wesentlicher Vorteil dieser Lösung ist die gleichbleibende Soundqualität bei unterschiedlichen Raumgrößen, da der Abstand zum Mikrofon konstant bleibt. Zudem werden Hintergrundgeräusche effektiv minimiert.
- Beamer: Der im Wagen integrierte Beamer dient dazu, die visuelle Präsenz der Remote-Teilnehmenden für die physisch anwesenden Studierenden darzustellen, indem ihr Bild auf eine Wand oder Leinwand projiziert wird. Zusätzlich wird der fest installierte Deckenbeamer verwendet, um die Vortragsfolien zu präsentieren.
- Zubehör am Wagen: HDMI-Kabel (5 m), Ethernet-Kabel (5 m), Stromkabel (5 m), Ersatzbatterien AA für Mikrofone.
- Um mit einem Stift direkt in der Präsentationen zu arbeiten, wird ein zusätzliches Grafiktablett, wie beispielsweise das Huion Kamvas Pro 16 Plus (4K), verwendet.

Falls sich keine geeignete Wand für die Darstellung der Konferenzteilnehmer zur aktiven Teilnahme in der Videokonferenz finden lässt, kann eine zusätzliche Leinwand verwendet werden. Alternativ zur Kombination aus Beamer und Leinwand ist ein am Wagen befestigter Bildschirm denkbar, falls die Beamer-Lösung nicht umgesetzt werden kann. Damit bleiben Chat- oder Sprechfragen sichtbar und können weiterhin direkt in die Veranstaltung integriert werden. Zu beachten ist jedoch, dass dann die Sicht zwischen Teilnehmenden und Dozierenden erschwert ist, wenn der Dozierende am Wagen steht und den Laptop bedient. Der Vorteil von Leinwand bzw. Bildschirm ist die verringerte Ortsgebundenheit.



**Abbildung 7.2**

Medienwagen mit 3 Ebenen: Am Ausleger oben 360°-Kamera, oberste Ebene: Laptop; mittlere Ebene: Stromversorgung, Beamer, 1 Ansteck-Mikrofon, 2 Handmikrofone, 2 Lautsprecher; unterste Ebene: Audio-interface, Mikrofon-Funkempfänger, Schub-lade.

Eine erste Version des Wagens wurde mit einem Krauss-PC-Pult KR-703 erstellt. Allerdings zeigte sich, dass dieses zu klein war, um alle Bestandteile unterzubringen.

## Videokonferenz

Der zweite Teil des hybriden Setups umfasst die Softwareausstattung. Ihr Kern ist das Videokonferenzsystem. In diesem Projekt wird Zoom Workplace (Zoom Communications, Inc., Version 6.5.5 [ZOO2025]) verwendet. Neben den Kernbestandteilen eines Multi-User-Videokonferenzmeetings bietet die Software die Bildschirmfreigabe sowie die Auswahl verschiedener Kameras und Audio-Ein- bzw. -Ausgabehardware. Im Gegensatz zu anderen Softwarelösungen bietet Zoom einen Dual-Window-Modus: Dabei werden bei aktiver Bildschirmfreigabe alle Teilnehmer der Konferenz weiterhin in einem separaten Vollbildfenster angezeigt, das in unserem Setting mit dem Beamer des Medienwagens an eine Wand projiziert wird. Somit sind alle remote Gäste im Veranstaltungsraum visuell in adäquater Größe präsent. Da die verwendete Kamera als Standkamera konzipiert ist, in unserem Szenario jedoch über Kopf hängt, muss das Bild gedreht werden. Dazu wird der Videostream mit OBS Studio (Open Broadcaster Software, Version 31.0.4 [OBS2025]) konvertiert und als Virtual Camera an Zoom weitergeleitet. Mit OBS Studio wären auch weitere Möglichkeiten der Bildveränderung möglich, z. B. das Wechseln auf eine Fokuskamera, um kleine Experimente auf einem Tisch zu zeigen, die von der normalen Kamera nicht erfasst werden. Zusätzlich zum Bild kann in OBS auch der Ton weitergeleitet werden. Hierfür ist ein spezieller Audio-Treiber nötig (Virtual Audio Cable, VB AUDIO, Version 10/07/2024, 3.3.1.7 [BUR]). Dieser ist jedoch nicht intuitiv einzurichten, weswegen das Sound-Interface in Zoom direkt angesprochen wird. Dazu werden in Zoom alle Mikrofonkanäle (1–4) als Input und die

Lautsprecherboxen als Output gewählt. Für den korrekten Betrieb des Sound-Interfaces unter Windows ist ein spezieller Herstellertreiber erforderlich (Behringer, Empower Tribe, UMC USB Audio Driver, Version 5.72.0 (Windows 10/11), 19.02.2025). Dieser muss einmalig im System installiert werden.

## Digitale Werkzeuge und Methoden

Neben der Ermöglichung synchroner Teilnahmeformen ist die Bereitstellung digitaler Lerninhalte ein zentraler Aspekt der technischen Umsetzung, um studentische Teilhabe zu gewährleisten. Insbesondere die strukturierte Verwaltung und die dauerhafte Verfügbarkeit der Micromodule stellen eine Herausforderung dar, da etablierte Systeme wie Moodle hier an ihre funktionalen Grenzen stießen.

### Micromodule

Aus technischer Perspektive setzen sich Micromodule aus drei Komponenten zusammen: Texte, Dateien und Metadaten. Ihr Aufbau ist weitgehend standardisiert (vgl. Kapitel „Inverted Classroom mit Micromodulen“) und umfasst eine kurze Einleitung mit thematischen Grundlagen sowie ein oder mehrere Aufgabenformate zum Selbststudium. Die Realisierung erfolgt mittels verschiedener Materialien wie PDF-Dokumenten, Bildern oder Videos. Letztere sind zum Teil interaktiv gestaltet.

Die Metadaten umfassen Informationen über das Modul selbst, insbesondere die eindeutige Bezeichnung der dem Micromodul zugeschriebenen Ausgangskompetenz (vg. Kapitel „Ein Kompetenzmodell für die Fachdidaktik der Informatik“). Diese Metainformationen sind in jedem Micromodul hinterlegt, beispielsweise im <head> einer HTML-Datei wie in folgendem beispielhaften Code zu sehen ist.

```
<head>
  <title>
    Informatik im Alltag
  </title>
  <meta charset="utf-8">
  <meta content="width=device-width, initial-scale=1.0" name="viewport">
  <link href="../../assets/css/custom.css" rel="stylesheet" type="text/css">
  <link href="../../assets/images/favicon.ico" rel="icon" type="image/x-icon">
  <meta content="a1-automatenmodelle-di" name="micromodule-id">
  <meta content="Informatik im Alltag" name="micromodule-title">
  <meta content="/" name="micromodule-Eingangskompetenzen">
  <meta content="a1-automatenmodelle-di" name="micromodule-Ausgangskompetenzen">
  <meta content="90" name="micromodule-XP">
  <meta content="1" name="micromodule-Level">
  <meta content="Informatik ist aus unserem Alltag nicht mehr wegzudenken, auch wenn
    man das nicht auf den ersten Blick sieht." name="micromodule-Beschreibung">
</head>
```

Dem Modul wurde beispielsweise die Bezeichnung der Ausgangskompetenz „a1-automatenmodelle-di“ zugeordnet. Ggf. werden hier auch Eingangskompetenzen hinterlegt, die die Voraussetzung für eine sinnvolle Bearbeitung darstellen.

Aus studentischer Perspektive dienen diese Informationen einerseits als Orientierungshilfe, um den individuellen Lernstand zu evaluieren, und andererseits dazu, ein Micromodul hinsichtlich seiner Thematik und seines Schwierigkeitsgrads einzuordnen.

Für Lehrende erfüllen sie eine ähnliche Funktion bei der Auswahl geeigneter Micromodule für Veranstaltungen oder Lerngruppen. Zusätzlich werden weitere Metadaten wie die Kurzbeschreibung, das Level und die XP aufgeführt.

Für die Visualisierung möglicher Lernpfade sind die Micromodule in eine Halbordnung zu bringen, die die Abhängigkeiten darstellt. Da die Micromodule nicht immer alle innerhalb einer einzigen Veranstaltung verwendet werden, sondern je nach Niveau eines Kurses oder einzelner Studierender flexibel ausgewählt werden können, ist eine zentrale Sammelstelle erforderlich, in der diese Informationen zu finden sind.

Dies ist insbesondere im Hinblick auf die hochschulübergreifende Kooperation von großer Bedeutung, da so auch Externe Zugang zum Material erhalten.

Das Anforderungsprofil ergibt sich somit aus der Erfüllung der folgenden Bedingungen:

- Texte können digital dargestellt werden.
- Es gibt eine Funktion zur Dateiverwaltung.
- Metainformationen können gespeichert und angezeigt werden.
- Es ist möglich, zwischen den Modulen einen Zusammenhang aufzubauen.
- Alle Module sind jederzeit zugänglich.

## LMS

Lernmanagementsysteme (LMS) wie Moodle [DOU2003], ILIAS [ILI2021] oder OLAT [TEA2021] bilden die technische Basis für die digitale Organisation von Lehrveranstaltungen. Es werden Funktionen für die Bereitstellung von Inhalten, die Kommunikation, das Management von Aufgaben und die Bewertung angeboten [BIL2024]. Für die Interoperabilität und Wiederverwendbarkeit von Lerninhalten sind Standards wie SCORM oder xAPI etabliert, die eine systemübergreifende Nutzung und Analyse ermöglichen. Moderne Plattformarchitekturen fokussieren sich auf die Prinzipien der Modularität, Erweiterbarkeit und Schnittstellenstandards wie Learning Tools Interoperability (LTI), um eine nahtlose Integration externer Tools zu gewährleisten. Aspekte wie Skalierbarkeit, Sicherheit und Barrierefreiheit sind dabei zentrale Qualitätskriterien. Darüber hinaus dienen Lernmanagementsysteme zunehmend nicht nur als organisatorische Infrastruktur, sondern auch als didaktische Entwicklungsumgebung, in der adaptive Lernpfade, formative Assessments und kollaborative Szenarien abgebildet werden können.

An der JGU wird für die Verwaltung von Kursen in der Regel das LMS Moodle eingesetzt. Die Software weist laut [MOO2924] im deutschen Raum eine signifikante Prävalenz sowohl in der akademischen Lehre als auch in wissenschaftlichen Institutionen auf. Neben den grundlegenden Verwaltungsfunktionen umfasst sie eine Vielzahl von Optionen für Automatisierungen, wie Übungsabgaben oder die terminierte Freigabe von Inhalten. Darüber hinaus ist eine Erweiterung um spezifische Plugins möglich [MOO2025b]. Für jede Veranstaltung wird ein dedizierter Moodle-Kurs eingerichtet. Das Moodle der JGU bietet die Möglichkeit, Studierende und Lehrende anderer Bildungseinrichtungen über Gastzugänge hinzuzufügen.

## **Micromodule in Moodle**

Die erste pilotmäßige Implementierung der Micromodulstruktur erfolgte im Rahmen der Bachelor-Vorlesung auf Moodle. Moodle stellt grundsätzlich alle funktionalen Grundlagen für die Abbildung der Micromodulstruktur bereit. Die Anforderungen an die digitale Textdarstellung und Dateiverwaltung sind ohne Weiteres erfüllbar; auch die Metainformationen können systematisch hinterlegt werden.

Die Plattform verfügt bereits über die Möglichkeit, Kompetenzen systematisch abzubilden und deren Erwerb durch Lernende nachvollziehbar zu machen [MOO2025]. Die Lehrenden haben die Möglichkeit, individuelle Kompetenzbezeichnungen anzulegen, diese Lernaktivitäten oder Materialien zuzuweisen und anschließend zu evaluieren, ob einzelne Studierende die entsprechende Kompetenz erreicht haben. Der aktuelle Stand der erworbenen Kompetenzen wird auf der Profilseite der Lernenden angezeigt. Dies ermöglicht eine strukturierte, kompetenzorientierte Planung und Reflexion des Lernfortschritts. Bis auf die Dokumentation des Fortschritts des kompetenzerwerbs sind weitere Funktionen nicht vorgesehen, etwa eine Zugriffsbeschränkung auf Basis der Kompetenzen.

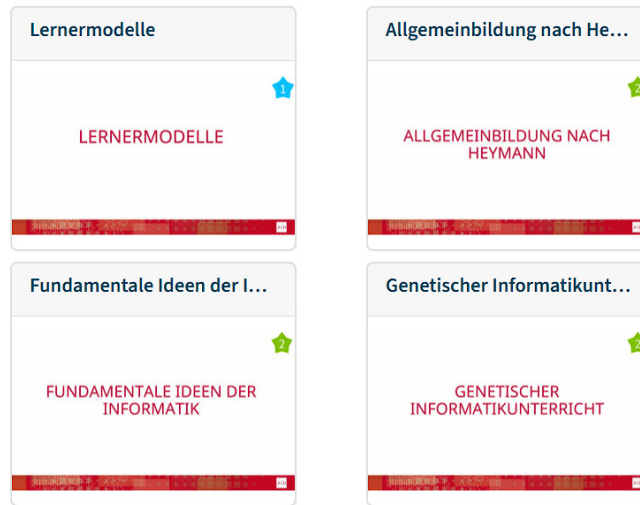
Zur zusätzlichen Motivation und Strukturierung wurde das Moodle-Plugin LevelUp [MOO2025a] eingesetzt. Es erlaubt die Definition eines Punktesystems, bei dem Lernende durch das Bearbeiten von Aktivitäten XP sammeln. Das Erreichen bestimmter Punkteschwellen ist die Voraussetzung für den Aufstieg in höhere Level. Die Allokation von Punkten kann an spezifische Aktivitäten gekoppelt oder manuell durch Lehrende erfolgen. LevelUp visualisiert den Fortschritt in einer sichtbaren Leiste oder Rangliste des Kurses und ermöglicht eine spielerische Herangehensweise an Lerninhalte. Rückmeldungen der Studierenden deuten darauf hin, dass die Sichtbarkeit des eigenen Fortschritts als motivierende Ergänzung wahrgenommen wurde, ohne nennenswerte kompetitive Effekte innerhalb der Kohorte auszulösen. Abbildung 7.3 zeigt einen Ausschnitt der Übersichtsseite, wo auf den Titeln Karten auch das entsprechende Level als bunter Stern gekennzeichnet ist. Ein Beispiel für die Einbindung in den konkreten Kurs ist in Abbildung 7.4 zu sehen.

Zur besseren Wiederverwendbarkeit und Zugriffsverwaltung der Micromodule wurden diese in einen separaten Kurs ausgelagert und in den jeweiligen Veranstaltungskursen Moodle-intern verlinkt.

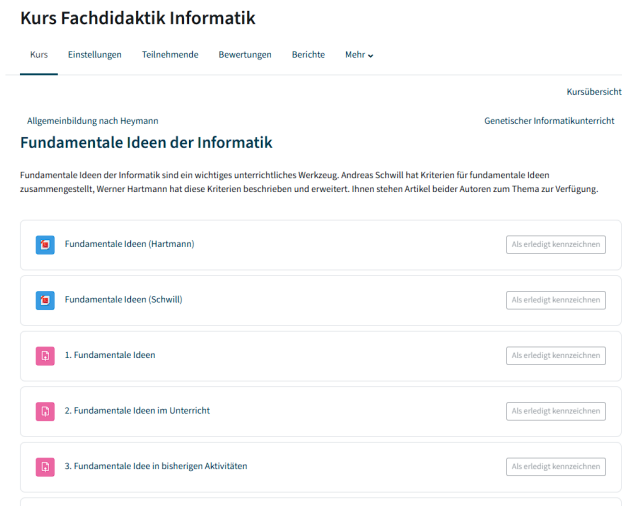
## **Probleme bei der Umsetzung mit Moodle**

Die Implementierung der Micromodule wurde früh von zwei zentralen Einschränkungen behindert. Die Anzahl der Micromodule beträgt mehr als 150, was zu einem Anzeigeproblem in Moodle führt. Die einzelnen Module wurden jeweils als eigenständige Kursabschnitte konzipiert. Ursprünglich wurde dieser Mechanismus für eine überschaubare Gliederung der Inhalte in Themen- oder Wochenabschnitte entwickelt. In typischen Szenarien überschreitet die Anzahl der benötigten Abschnitte selten 52, wenn für ein ganzes Jahr geplant wird.

Zwar besteht die Möglichkeit, das globale Limit über die administrativen Einstellungen zu erhöhen, jedoch ist bei einer zunehmenden Anzahl von Abschnitten eine signifikante Verschlechterung der Übersichtlichkeit des Kurses festzustellen. Moodle bietet standardmäßig keine Möglichkeit, Abschnitte hierarchisch zu gruppieren oder zusammenzufassen. Auch alternative Darstellungsoptionen, etwa durch den Einsatz des Plugins Tiles [MOO2025c], konnten das Problem der Unübersichtlichkeit durch die große Menge der Abschnitte nicht zufriedenstellend lösen.



**Abbildung 7.3**  
Ausschnitt Übersichtsseite  
Micromodule auf Moodle mit  
Titelkarten im Tilesformat



**Abbildung 7.4**  
Beispielmodul umgesetzt auf  
Moodle

Dies resultiert in einer deutlichen Beeinträchtigung der Navigation und Nutzung der Micromodulsammlung.

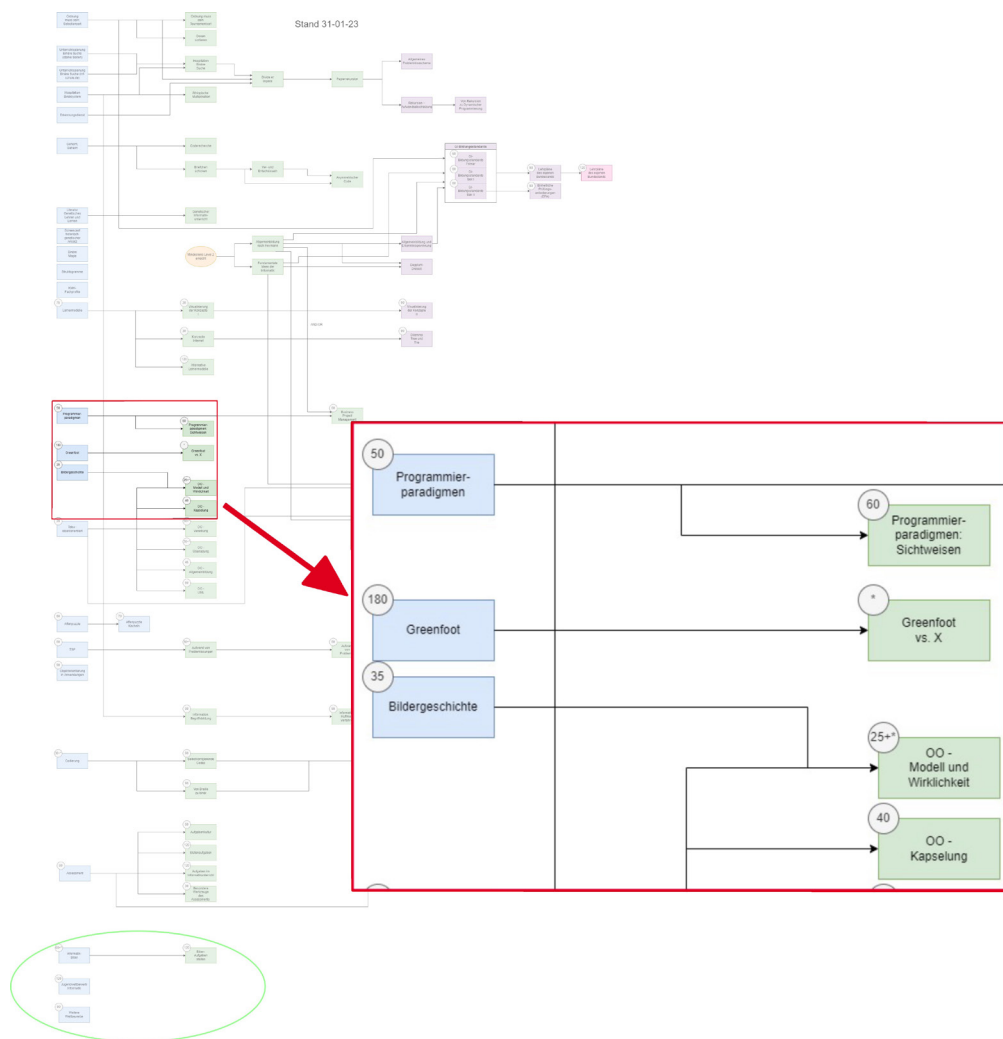
Die Kompetenzstruktur lässt in Moodle keine Zugriffssteuerung auf verschiedene Medien und Abschnitte zu. Dies konterkariert jedoch die intendierte Nutzung der Kompetenzen. Demnach besteht keine Möglichkeit, ein Micromodul automatisch nur dann freizugeben, wenn eine bestimmte Kompetenz zuvor erworben wurde. Als Workaround bleibt entweder eine manuelle Kontrolle durch Lehrende oder der Einsatz alternativer Zugriffskriterien, etwa der Abschluss bestimmter Einzelaktivitäten, wie z.B. der Beantwortung eines Quiz. Allerdings wird durch diese Vorgehensweise die semantische Trennung zwischen Lernnachweis und Kompetenz umgangen. Für eine konsistente, kompetenzbasierte Steuerung von Micromodulen über Kursgrenzen hinweg stellt dies eine erhebliche Einschränkung dar, die den Aufbau flexibler, wissenstandsgestützter

Lernpfade erschwert. Alternativ wurden Lernpfade manuell in einer Übersichtskarte in Abbildung 7.5 visualisiert, was jedoch aufgrund der Komplexität und der nicht integrierbaren Zugriffssteuerung nicht hilfreich war.

Externe Studierende und Lehrende müssen über Gastzugänge Zugriff erhalten. Das ist aufgrund administrativer Vorgaben nicht an jeder Hochschule möglich, sodass nach alternativen Lösungen gesucht werden muss.

Aus Sicht der Lehrenden konnte zudem die Bewertung von Leistungen innerhalb von Moodle nicht zufriedenstellend abgebildet werden. Moodle bietet nur sehr strikte Systeme zur Leistungsbewertung an, etwa durch Punkte- oder Notenskalen, was es erschwert, konstruktives Feedback an die Lernenden zu geben. Mit dem später beschriebenen Portfoliosystem lässt sich eine alter-

**Abbildung 7.5**  
Zur verbesserten Übersichtlichkeit wurde die Moodlestruktur manuell als Karte dargestellt.



native Prüfungsform umsetzen, die große Gestaltungsmöglichkeiten in der Bearbeitung, beim Feedback und auch in der Umsetzung eines summativen Assessments bietet.

### **Umsetzung der Micromodule mit SCORM**

Der international etablierte E-Learning-Standard SCORM wird für die Paketierung, Auslieferung und Nachverfolgung digitaler Lerninhalte genutzt. Im Rahmen der Advanced Distributed Learning Initiative (ADL) des US-Verteidigungsministeriums wurde er ab 1999 entwickelt. Das Ziel dieser Initiative besteht in der Schaffung von Inhalten, die auf verschiedenen Plattformen genutzt werden können. Die Konzeption von SCORM-kompatiblen Lernobjekten erfolgt derart, dass eine Funktionsfähigkeit in diversen Learning Management Systems ohne technische Anpassungen gewährleistet ist.

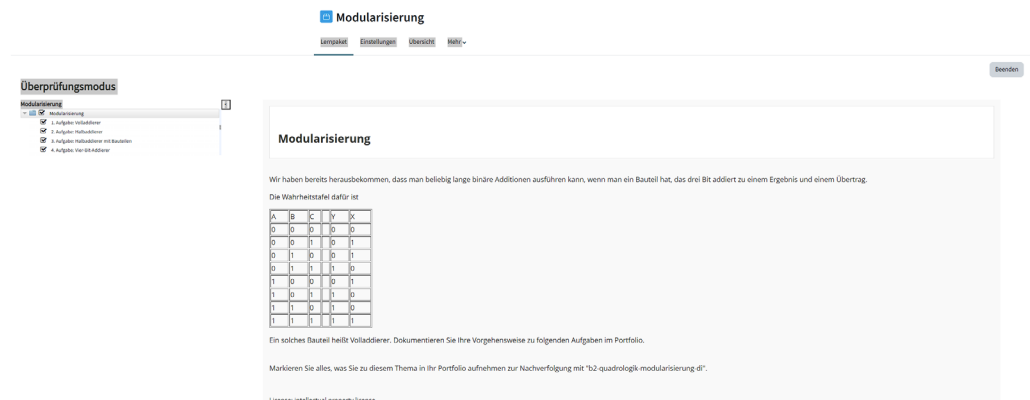
Technisch definiert SCORM sowohl ein standardisiertes Dateiformat, das als ZIP-Paket mit Manifest im XML-Format vorliegt, als auch eine Laufzeitumgebung, die auf HTML, JavaScript und einem sogenannten API Wrapper basiert. Die vorliegende Komponente erlaubt die Kommunikation mit dem LMS vonseiten des Clients. Dies umfasst die Übergabe von Bearbeitungszeit, Testergebnissen sowie Abschlussstatus.

SCORM zeichnet sich durch eine Reihe von Vorteilen aus. Die Interoperabilität des Systems gewährleistet die Verwendung von Inhalten auf sämtlichen SCORM-kompatiblen Systemen, unabhängig von der Plattform. Der Standard bietet die Möglichkeit des Trackings und der systematischen Dokumentation des Fortschritts, der erzielten Ergebnisse sowie der Bearbeitungszeiten. Das System zeichnet sich durch seine Modularität aus, wodurch es möglich ist, die Lerninhalte abzukapseln und unabhängig vom Kurssystem zu verwalten. In Kombination mit der ZIP-basierten Struktur wird so auch die Portabilität erleichtert, was den Austausch zwischen Institutionen begünstigt.

Die derzeit am weitesten verbreitete Version ist SCORM 1.2, da viele LMS, darunter auch Moodle, SCORM 2004 nur eingeschränkt oder gar nicht vollständig unterstützen. Zwar erlaubt SCORM 2004 eine komplexere Sequenzierung und die Gestaltung von Lernpfaden, doch die mangelhafte Implementierung sowie Kompatibilitätsprobleme haben seine praktische Relevanz eingeschränkt. SCORM 1.2 ist noch de-facto-Standard, aber technisch veraltet und z.B. nicht für Mobile Learning konzipiert [MIS2021]. Es werden keine responsive Ansichten für geringe Bildschirmbreiten unterstützt, sodass es zu ungewollten Überlappungen kommt. Im Bereich der digitalen Bildung wird der Standard SCORM zunehmend durch modernere Standards wie xAPI (Tin Can API) oder cmi5 ergänzt oder abgelöst. Diese bieten erheblich erweiterte Möglichkeiten des Trackings und der Analyse [RUS2025], erfordern jedoch eine komplexe Infrastruktur (xAPI benötigt zwingend einen externen Learning Record Store und spezialisiertes Setup [ZAI2023]) und sind in erster Linie auf große Lernendenkohorten und kommerzielle Anwendungsfelder ausgerichtet. Für die überschaubaren Gruppengrößen im Projektkontext waren diese Lösungen daher wenig attraktiv.

Die Kommunikation basiert vollständig auf clientseitigem JavaScript und ist störanfällig. In der Regel werden Inhalte in einem LMS als „black box“ bezeichnet. Dies hat zur Folge, dass eine tiefe didaktische Integration, wie sie beispielsweise mit Moodle-Kompetenzen realisiert werden könnte, nicht möglich ist. Für die Bearbeitung ist der Einsatz spezifischer Tools wie eXeLearning erforderlich, was für Lehrende ohne technisches Vorwissen eine Herausforderung darstellen kann. Designanpassungen erweisen sich als erschwert, da die im LMS eingebetteten CSS-Regeln

**Abbildung 7.6**  
Ein SCORM-Micromodul in  
Moodle eingebunden



die Inhalte der eingebetteten Objekte häufig überschreiben. Entsprechend wirken die in Moodle eingebundenen Micromodule auf Nutzer wenig ansprechend, wie man in Abbildung 7.6 erkennen kann.

### Pilotierung mit SCORM im Projektkontext

Zur besseren Strukturierung und übergreifenden Nutzung wurden im Projekt sämtliche aktuell vorhandenen Micromodule zusätzlich als SCORM-Pakete umgesetzt. Diese Vorgehensweise ermöglicht eine übersichtliche Einbindung in Moodle, da eine Organisation der Inhalte als eigenständige Objekte außerhalb der linearen Abschnittsstruktur möglich ist.

Für die Umsetzung wurde die Open-Source-Software eXeLearning [EXE2025] verwendet, die sich aufgrund ihrer leichten Erlernbarkeit und SCORM-Exportfunktion als praktikabel erwies. Die Stärke des Tools liegt in der einfachen Erzeugung textorientierter Module. Allerdings wurden auch Schwächen bei der Integration interaktiver Inhalte (beispielsweise H5P-Videos) sowie in der eingeschränkten Designanpassung festgestellt.

Die technische Integration der SCORM-Module in Moodle, beispielsweise hinsichtlich Navigation, Bewertung und Fortschrittsanzeige, erweist sich als fehleranfällig und wenig intuitiv. Die Anbindung an das Plugin LevelUp funktioniert zuverlässig, sodass eine Integration in das Gamification-Konzept des Projekts möglich ist.

Ein signifikanter Vorteil der SCORM-Implementierung besteht in der hochschulübergreifenden Verwendbarkeit: Die Micromodule können als ZIP-Dateien exportiert und ohne technische Anpassungen in andere SCORM-kompatible LMS importiert werden. Die Wiederverwendbarkeit der Inhalte kann mit minimalem Aufwand realisiert werden.

Im praktischen Einsatz zeigten sich deutliche Limitierungen. Die Menüführung innerhalb der SCORM Pakete erwies sich als unübersichtlich und wenig intuitiv. Ein besonders gravierendes Problem betraf die Dateigrößen: Interaktive Videos und andere Medien werden beim Export vollständig in das ZIP Paket eingebunden. Dadurch entstehen sehr große Dateien, die bei der Integration in ein LMS an die Uploadgrenzen stoßen. Ein weiteres gravierendes Defizit besteht darin, dass SCORM-Pakete in den LMS häufig wie eine "Black Box" wirken. Die Ergebnisse einzelner Unteraktivitäten können nicht transparent ausgewertet werden. Dadurch bleibt die Integration in systemweite Kompetenzverwaltungen oder feinere Auswertungen stark eingeschränkt.

Neuere Standards wie xAPI oder cmi5 bieten zwar erheblich erweiterte Möglichkeiten des Trackings und der Analyse, erfordern jedoch eine komplexe Infrastruktur. xAPI benötigt so zwingend einen externen Learning Record Store und spezialisiertes Setup und ist in erster Linie auf große Lernendenkohorten und kommerzielle Anwendungsfelder ausgerichtet. Im Hinblick auf eine einfache Handhabung und Wartbarkeit haben wir uns gegen solche Umsetzungen entschieden.

## Umsetzung einer dedizierten Website

Mithilfe eines Python-Skripts wurden die SCORM-Pakete automatisiert in statische HTML-Dateien konvertiert. Dabei wurden die Inhalte aus den HTML-Dateien extrahiert und die Metadaten aus den XML-Dateien übernommen. Diese Metainformationen (Kompetenzen, Eingangsvoraussetzungen, Beschreibung, Level, XP) wurden im <head>-Bereich der HTML-Dateien abgelegt, wie bereits weiter oben dargestellt. Damit war die Grundlage für die spätere Website geschaffen, die eine institutionell unabhängige, offene und zugleich datensparsame Nutzung erlaubte.

Im Zuge der Implementierung der Micromodulplattform wurde bewusst eine Lösung ausgewählt, die sich durch eine schlanke, übersichtliche und wartungsarme Struktur auszeichnet. Die Seite wurde ausschließlich unter Verwendung der Skriptsprache HTML, der JavaScript-Bibliothek und der CSS-Stylesheet-Technik entwickelt, wobei auf Komponenten wie Backend, Datenbank oder serverseitige Verarbeitung verzichtet wurde. Das vorliegende statische Setup gewährleistet eine hohe Performanz, einfache Wartbarkeit und Unabhängigkeit von komplexen Frameworks oder LMS-Anbindungen.

Die Einstiegsseite der Plattform präsentiert alle Micromodule in Form einer visuellen Kartenansicht. Jede Karte enthält den Modultitel, eine Kurzbeschreibung, Angaben zum geschätzten Umfang, die zugeordneten Kompetenzen sowie etwaige empfohlene Eingangskompetenzen. Es besteht die Möglichkeit, eine Suche nach spezifischen Schlagworten durchzuführen und die Karten anhand von festgelegten Kriterien wie dem Kompetenzniveau oder der Bearbeitungsdauer zu sortieren. Dies erleichtert sowohl den thematischen als auch den niveaubasierten Zugang zu den Modulen. Wie aus Abbildung 7.7 ersichtlich, werden bereits abgeschlossene Module mit einem grünen Rand markiert.

The screenshot shows the 'Micromodulkatalog' website. At the top, there is a navigation bar with 'Start', 'Fortschritt', 'Für Lehrende', 'Titel', 'Level', 'XP', and 'Vorlesung' filters. A search bar is on the right. Below the navigation, there are four course cards:

- Affenpuzzle**: Description: 'Mit dem Affenpuzzle lassen sich spielerisch die Grenzen von Computern austesten.' Level: 1, XP: 60. Competency tags: a1-affenpuzzle-di, a2-affenpuzzle-di, a2-komplexitaet-di.
- Affenpuzzle Kacheln**: Description: 'Auch im zweiten Teil geht es bei dem Affenpuzzle um die Grenzen der Technik. Kann der Mensch den Computer noch schlagen?' Level: 1, XP: 70. Competency tags: a1-affenpuzzle-di, a2-affenpuzzle-di, a2-berechenbarkeit-di.
- Agentur Starlet**: Description: 'Die Agentur „Starlet“ ist ein Spiel, das mit dem Material zu „Erkennungsdienst“ in der Klasse gespielt werden kann, um Kompetenzen im Bereich „Machine Learning“ zu festigen.' Level: 2, XP: 60. Competency tags: a1-erkennungsdienst-di, b1-machinelearning-di.
- Allgemeinbildung nach Heymann**: Description: 'Hans Werner Heymann modelliert in seiner Habilitation „Allgemeinbildung und Mathematik“ die allgemeinbildenden Aufgaben der Schule recht greifbar.' Level: 2, XP: 60. Competency tags: b1-allgemeinbildungsinformatikunterricht-di.

Each card has a 'Modul öffnen' button at the bottom. The cards for 'Affenpuzzle Kacheln' and 'Agentur Starlet' have a green border, indicating they are completed.

**Abbildung 7.7**  
Startseite mit dem Katalog aller Module und ihren Kurzbeschreibungen

Die Micromodule selbst sind jeweils als eigene HTML-Seite realisiert. An dieser Stelle werden alle relevanten Inhalte zur Verfügung gestellt. Zunächst erfolgt eine Einführung in die Thematik, anschließend werden Aufgabenstellungen dargelegt. Bei Bedarf können zudem eingebundene Medien, wie beispielsweise Videos oder interaktive Elemente, sowie Download-Materialien hinzugefügt werden. Zusätzlich enthält jedes Modul Verweise auf thematisch oder kompetenzbezogen verbundene Module, sowohl auf solche, die als Voraussetzung dienen, als auch auf solche, die darauf aufbauen. Die vorliegenden Beziehungen ergeben sich aus den Metadaten der Micromodule und bieten Studierenden eine transparente Navigation durch potenzielle Lernpfade. Ein Beispiel ist in Abbildung 7.8 dargestellt.

Für die lokale Fortschrittsverfolgung wird durch Betätigung des Buttons im lokalen Speicher des Browsers (LocalStorage) ein JSON-Dokument mit dem aktuellen Fortschrittsstatus aktualisiert. Auf der Übersichtsseite werden abgeschlossene Module durch eine grüne Umrandung visuell hervorgehoben, was eine schnelle Orientierung über den eigenen Lernstand ermöglicht.

Zusätzlich steht eine dedizierte Fortschrittsseite mit einer prozentualen Gesamtübersicht, den kumulierten XP, einer geschätzten Lernzeit sowie eine Darstellung der abgeschlossenen und offenen Module bereit, vgl. Abbildung 7.9.

Das Design zeichnet sich durch eine Funktionalität und Datensparsamkeit aus, wobei die Plattformunabhängigkeit, die Benutzerfreundlichkeit und die Datensicherheit gewährleistet werden. Die Fortschrittsanzeige erfolgt lokal und kann jederzeit zurückgesetzt oder exportiert werden. Dadurch bleibt die Plattform für externe Nutzung und zukünftige Erweiterungen offen, ohne dabei die einfache Handhabbarkeit zu gefährden.

**Abbildung 7.8**  
Beispielmodul auf der dedizierten Website

**Didaktik der Informatik** **Die geheimnisvolle Box** Fachdidaktik der Informatik  
Institut für Informatik

Start Eingangskompetenzen Weiterführende Module Modul abschließen

**Modulbeschreibung**

Erstellen Sie ein Rollenspiel zur asymmetrischen Verschlüsselung mit folgendem Material:

- Schatzkiste mit Überwurf-Falle („Überfalle“)
- Drei unterschiedliche Vorhängeschlösser mit je mindestens zwei Schlüsseln
- „Geheimtext“

Als Hintergrund und Einführung können Sie diese Quellen oder beliebige andere nutzen.

[Hauptvortrag – Prof. Dr. Thomas Wilke "Alice, Bob und Celine!"](#)

[Abenteuer Informatik - Kapitel 12: Mit Sicherheit](#)

<https://www.cryptool.org/de/>

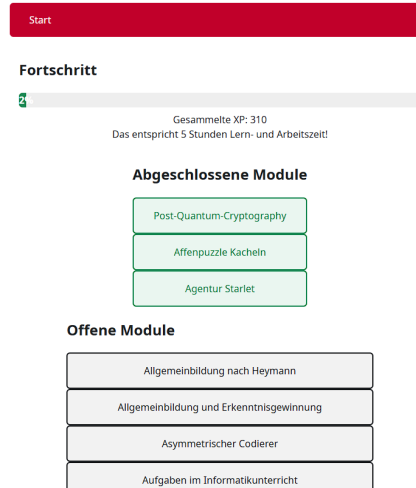
Markieren Sie alles, was Sie zu diesem Thema in Ihr Portfolio aufnehmen zur Nachverfolgung mit "c1-asymmetrischeverschlueselung-di".

**1. Aufgabe: Konzept**

Planen Sie das Rollenspiel und erstellen Sie das Arbeitsblatt für die Schülerinnen und Schüler. Dokumentieren Sie darüber hinaus die damit verbundenen Unterrichtsziele.

**2. Aufgabe: Fehlvorstellungen**

Formulieren Sie eine Liste von Fehlvorstellungen im Zusammenhang mit asymmetrischer Verschlüsselung, die Sie bei Ihren Schülerinnen und Schülern erwarten und priorisieren Sie diese Liste nach der Wichtigkeit des Aufgreifens und Korrigierens.



### Technische Umsetzung digitaler Portfolios

Die bisherigen Bearbeitungs- und Feedbackfunktionen integrierter Plattformen haben einen hohen Standardisierungsgrad und lassen bei frei zu beantwortenden Aufgaben nur wenig Spielraum für eine eigene Gestaltung. Mit digitalen Portfolios lässt sich dieses Problem lösen. Die Teilnehmenden erhalten mehr Möglichkeiten zur Antwortgestaltung und die Dozierenden eine flexible Feedbackmöglichkeit. Darüber hinaus kann das Portfolio dynamisch in Individualprüfungen eingesetzt werden. Die inhaltliche Auseinandersetzung ist näher in Kapitel „Inverted Classroom mit Micromodulen“ beschrieben.

Die technische Umsetzung der Portfolios orientiert sich an verschiedenen Leitlinien. Dabei sind die zentralen Merkmale die einfache Umsetzbarkeit, Wartung (inkl. Hosting) und Bedienung. Zusätzlich soll es eine einfache Möglichkeit zur Zweitverwendung der Inhalte durch die Teilnehmenden geben, z. B. durch eine Offline-/Exportfunktion, damit diese im späteren Beruf einfach genutzt werden können. Darüber hinaus ist eine Kollaborationsmöglichkeit zum Austausch unter den Teilnehmenden sowie als Feedbackmethode wünschenswert.

Für die Umsetzung digitaler Portfolios existieren unterschiedliche spezialisierte Werkzeuge wie etwa Mahara [MAH2025] und Notion [NOT2025]. Systeme wie Mahara überzeugen nicht, da sie in der Wartung und Bedienung komplex sind und wie bei Notion zusätzliche Abhängigkeiten von externen Anbietern bestehen.

Eine Möglichkeit für eine niedrigschwellige Bearbeitung und Kollaboration ist die Nutzung von Online-Textverarbeitungsprogrammen. Diese Systeme lassen sich in Kombination mit einem File-Sharing-System auf einem gängigen Webhosting-System betreiben. An der JGU wird bereits die Cloud-Plattform Seafile [SEA2025] mit OnlyOffice angeboten.

Bei der gewählten Lösung erhält eine Kohorte Zugriff auf einen Seafile-Ordner, in dem sich für jeden Teilnehmenden ein Word-Dokument (docx) befindet. Mit OnlyOffice kann das Dokument online frei bearbeitet werden.

Alle Teilnehmenden und Dozierenden haben Zugriff auf alle Portfolios. Um unberechtigte Änderungen zu verhindern, aktiviert jeder Teilnehmende für sein eigenes Portfoliodokument die Funktion „Änderungen nachverfolgen“ und schützt diese mit einem Passwort. Dadurch ist es anderen Personen möglich, das Dokument zu lesen, Änderungen vorzuschlagen und zu kommentieren. Dies gilt sowohl für den studentischen Diskurs als auch für das Feedback der Lehrenden. Diese Lösung zeichnet sich durch eine ausgewogene Kombination aus Selbstverantwortung und strukturierter Begleitung aus.

Sie fördert den informellen Austausch sowie die Reflexion über Zwischenergebnisse und Ideen. Im Vergleich zu spezialisierten Portfoliosystemen wie Mahara, das eine detaillierte Rechtevergabe, Bewertungsfunktionen und Kompetenzraster bietet, erweist sich die auf Seafile basierende Lösung als deutlich intuitiver, ressourcenschonender und funktional ausreichend.

Zur systematischen Zuordnung der Antworten zu den Mikromodulen werden die einzelnen Beiträge im Portfolio mit den jeweils zugehörigen Kompetenzkennzeichnungen versehen. Dadurch ist die Nachvollziehbarkeit der abgedeckten Lerninhalte und Kompetenzen gewährleistet.

## Fazit

Die Implementierung des Projekts zur Entwicklung und Bereitstellung von Micromodulen für eine zeitgemäße, nachhaltige Hochschulausbildung hat die Effektivität der Kombination aus hybrider Lehre, Inverted Classroom und kompetenzbasiertem Lernen demonstriert. Die Entwicklung eines Medienwagens sowie einer dedizierten Website für Micromodule hat die notwendige Flexibilität und Zugänglichkeit für Studierende verschiedener Hochschulen gewährleistet. Die Implementierung von Portfolios als innovative Prüfungsform hat zudem die Autonomie und Reflexion der Lernenden gefördert.

Die technische Umsetzung des Projekts hat gezeigt, dass die Wahl einer schlanken, plattformunabhängigen Technologie für die Micromodul-Website von Erfolg gekrönt sein kann. Diese Entscheidung hat die Zukunftsfähigkeit und Anpassungsfähigkeit des Projekts gestärkt, da sie eine hohe Leistungsfähigkeit, einfache Wartbarkeit und Unabhängigkeit von komplexen Systemen bietet. Im Bereich des kompetenzbasierten Lernens hat sich die Einführung von Kompetenzkennzeichnungen und Voraussetzungen für Micromodule als unterstützend für die Strukturierung von Lernpfaden erwiesen. Es wurde jedoch ersichtlich, dass die automatisierte Verknüpfung mit Zugriffskontrollen in LMS weiterentwickelt werden muss, um das volle Potenzial kompetenzbasierter Lernpfade ausschöpfen zu können.

Die Erfahrungen mit der Portfolioarbeit haben gezeigt, dass einfache, niedrigschwellige Lösungen erfolgreich sein können, sofern sie die notwendige Flexibilität und Gestaltungsfreiheit bieten. Im Rahmen der hybriden Lehre und des Medienwagens wurde ersichtlich, dass eine Optimierung der technischen Ausstattung erforderlich ist, um eine optimale Lernerfahrung zu gewährleisten. Für zukünftige Projekte besteht die Möglichkeit, die konzipierte Technik den Gegebenheiten anzupassen und zu erweitern.

## Zukunftsperspektive

Für die Weiterentwicklung der Micromodul-Plattform sind mehrere zentrale Handlungsfelder vorgesehen, die auf eine nachhaltige Etablierung als innovatives Instrument der Hochschullehre abzielen.

Ein wesentlicher Schwerpunkt liegt auf der Implementierung eines verbindlichen Kompetenzrahmens, der sich an den KMK-Fachprofilen (Kultusministerkonferenz 2008) orientiert. Das Ziel besteht darin, eine transparente und nachvollziehbare Zuordnung einzelner Micromodule zu spezifischen Kompetenzbereichen zu ermöglichen. Dies soll Studierenden, Lehrenden und potenziellen Arbeitgebern eine differenzierte Einschätzung und Vergleichbarkeit der erworbenen Kompetenzen erlauben.

Darüber hinaus ist die Realisierung einer standardisierten Exportfunktion für erlangte Kompetenzen vorgesehen. Als mögliche Formate sind digitale Zertifikate oder Kompetenztranskripte zu nennen, da diese eine strukturierte und institutionell anerkannte Dokumentation individueller Lernfortschritte ermöglichen. Die vorliegende Maßnahme zielt darauf ab, die externe Verwertbarkeit zu erhöhen, beispielsweise im Kontext von Bewerbungsprozessen oder Weiterbildungsmaßnahmen. Darüber hinaus wird angestrebt, die intrinsische Motivation der Lernenden zu fördern, indem ihre Fortschritte für sie sichtbar und wertgeschätzt werden.

Im Sinne einer langfristigen Entwicklung wird angestrebt, die Plattform zu einer anerkannten Ressource für kompetenzorientiertes Lernen an Hochschulen auszubauen. Der Fokus liegt auf dem nachhaltigen Nutzen für alle Beteiligten. Für die Studierenden resultiert dieser aus einer erhöhten Bildungsqualität und einer optimierten Berufsorientierung, für die Lehrenden aus einer strukturierten Gestaltung der Lehrangebote und für die Gesellschaft sowie die Arbeitswelt aus besser vorbereiteten Absolventinnen und Absolventen.

## Literatur

[BIL2024] Bildungsserver „Lernplattformen für E-Learning in der Erwachsenenbildung“ <https://www.bildungsserver.de/lernplattformen-fuer-e-learning-9788-de.html>, 2024

[DOU2003] Dougiamas, Martin „Moodle: A Learning Management System for the Web“ <https://moodle.org/>, 2003

[EXE2025] eXeLearning Team „eXeLearning – Free and Open Source Authoring Tool“ <https://exelearning.net>, 2025

[ILI2003] ILIAS „ILIAS - Open Source Learning Management System“ <https://www.ilias.de/>, 2021

[MAH2025] Mahara Project „Mahara – Open Source ePortfolio Platform“ <https://mahara.org>, 2025

[MIS2021] Misiejuk, K. \*et al.\* „eLearning Standards 101: SCORM, xAPI, Cmi5, ...“ <https://elearningindustry.com/elearning-standards-scorm-aicc-xapi-cmi5-ims-cartridge>, 2021

[MOO2025a] Moodle Community „Level up! – Moodle Plugins Directory“ [https://moodle.org/plugins/block\\_xp](https://moodle.org/plugins/block_xp), 2025

- [MOO2025b] Moodle Community „Moodle Plugins Directory” <https://moodle.org/plugins/>, 2025
- [MOO2025c] Moodle Community „Tiles format – Moodle Plugins Directory” [https://moodle.org/plugins/format\\_tiles](https://moodle.org/plugins/format_tiles), 2025
- [MOO2025d] Moodle Documentation „Competencies – Moodle Documentation” <https://docs.moodle.org/402/en/Competencies>, 2025
- [MOO2024] Moodle-Dokumentation „Moodle an Hochschulen” [https://docs.moodle.org/405/de/Moodle\\_an\\_Hochschulen](https://docs.moodle.org/405/de/Moodle_an_Hochschulen), 2024
- [NOT2025] Notion Labs Inc. „Notion – One workspace. Every team” <https://www.notion.so>, 2025
- [RUS2025] Rustici Software „xAPI.com – The Experience API (xAPI) Standard” <https://xapi.com>, 2025
- [SEA2025] Seafile Ltd. „Seafile – Professionelle Open-Source-Dateisynchronisation und -freigabe” <https://de.seafile.com>, 2025
- [TEA2021] Team OLAT „OLAT - Open Learning and Training Platform.” <https://www.olat.org/>, 2021
- [ZAI2023] Zaineab, Asma „SCORM Vs. xAPI Vs. Cmi5: Which eLearning Standard Works for Your l&d Strategy?” <https://www.commlabindia.com/blog/scorm-vs-xapi-cmi5-elearning-standards>, 2023





## 8 – Studierendeninteressen im Lehramt Informatik

Immer mehr Bundesländer führen Informatik als Pflichtfach an den Schulen ein, jedoch ist der Lehrkräftemangel gerade in den MINT-Lehramtsfächern stark wahrzunehmen. Ein zentrales Problem besteht darin, dass das Lehramtsstudium für Studierende der MINT-Fächer – und somit auch für Informatikstudierende – wenig attraktiv erscheint. Dies ist unter anderem auf die beruflichen Alternativen außerhalb des Bildungsbereichs zurückzuführen. Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Motive Studierende dennoch zur Wahl eines Lehramtsstudiums in Informatik bewegen und welche Faktoren zu einer nachhaltigen Steigerung der Attraktivität dieser Studiengänge beitragen können. Erste Antworten liefern qualitative Untersuchungen, die im Rahmen des Projekts „GeLb-DIng“ durchgeführt wurden.

### **Motivlagen von Lehramtsstudierenden – Differenzierung zwischen intrinsischen und extrinsischen Beweggründen**

Die Entscheidung für ein Lehramtsstudium wird von einer Vielzahl individueller Beweggründe beeinflusst. Diese setzen sich einerseits aus persönlichen Interessen, bisherigen schulischen und persönlichen Erfahrungen und äußeren Rahmenbedingungen zusammen [SAV2021][CAR2024]. Häufig stehen dabei intrinsische Motive im Vordergrund, wie beispielsweise die Freude an der Arbeit mit (jungen) Menschen, das Interesse an der Mitwirkung an gesellschaftlichen Bildungsprozessen oder der Wunsch, erlerntes Wissen weiterzugeben. Gleichzeitig spielen auch extrinsische Faktoren eine wichtige Rolle in der Berufswahlorientierung. Die Aussicht auf einen sicheren Arbeitsplatz, verlässliche Einkommensperspektiven und/oder die Vereinbarkeit von Beruf und Familie sind dabei ausschlaggebend [DOE2019].

Insbesondere im Fach Informatik, das immer stärker an gesellschaftlicher Bedeutung zunimmt, jedoch gleichzeitig einen akuten Lehrkräftemangel verzeichnet, ist es wichtig, die konkreten Beweggründe von Studieninteressierten stärker zu beleuchten. Dadurch lassen sich sowohl berufliche Intentionen als auch Handlungsmotive ableiten. Dadurch können wiederum Rückschlüsse auf Chancen und Potenziale in der nachhaltigen Attraktivierungssteigerung der Lehramtsausbildung gezogen werden.

Die Digitalisierung durchdringt nahezu alle alltäglichen Lebensbereiche und stellt dementsprechend auch das Bildungssystem vor neue Herausforderungen. Um Schülerinnen und Schüler adäquat auf eine kontinuierlich zunehmende digitalisierte Welt vorzubereiten, rückt das Fach Informatik im Kontext schulischer Bildung immer stärker in den Vordergrund [WIS2020]. In insgesamt neun Bundesländern ist Informatik bereits als verpflichtendes Fach an allen Schulen der Sekundarstufe I verankert [GI2024]. Die übrigen Bundesländer haben größtenteils Konzepte entwickelt, um eine obligatorische Einführung in den kommenden Schuljahren umzusetzen. Dementsprechend ist auch die Nachfrage nach qualifizierten Lehrkräften deutlich gestiegen. Gleichzeitig ist die Anzahl der Studierenden im Lehramt Informatik aber nach wie vor gering [KMK2025].

Vor diesem Hintergrund stellt sich die Frage, welche Motive Studieninteressierte unterliegen, sich bewusst für ein Lehramtsstudium mit dem Schulfach Informatik zu entscheiden.

Die vorliegende qualitative Untersuchung geht dieser Frage nach, um praxisrelevante Erkenntnisse für die prospektive Lehrkräfteausbildung sowie für die entsprechende Studienberatung zu gewinnen. Zur Generierung und anschließenden Analyse der Daten wurde die Selbstbestimmungstheorie von Ryan und Deci [DEC1985][RYA2000] herangezogen. Sie dient nicht der Überprüfung konkreter Hypothesen, sondern als strukturierender Rahmen zur Erstellung des Interview-Leitfadens sowie der anschließenden Einordnung der Aussagen der Befragten entlang diverser Motivationsformen. So lassen sich sowohl individuelle Beweggründe als auch typische Muster im Entscheidungsprozess nachvollziehen und Ansatzpunkte für die gezielte Förderung von Studieninteressierten im Fach Informatik ableiten.

## Die Selbstbestimmungstheorie

Die Selbstbestimmungstheorie (SDT) von Ryan und Deci [DEC1985][RYA2000] bietet einen theoretisch konzeptionellen Rahmen zur Analyse motivationaler Prozesse und berücksichtigt dabei insbesondere den Grad der Selbstbestimmtheit. Im Sinne der SDT lässt sich die Entscheidung für ein Lehramtsstudium als Ausdruck eines Prozesses verstehen, der durch die Erfüllung der folgenden psychologischen Grundbedürfnisse geprägt ist:

- Autonomie (Wunsch nach eigenverantwortlichem, pädagogischem Handeln)
- Kompetenz (Einsatz und Ausbau fachlicher und didaktischer Fähigkeiten)
- soziale Eingebundenheit (Bedürfnis nach sinnstiftendem Beruf und zwischenmenschlicher Interaktion)

Die Genugtuung dieser Bedürfnisse gilt als zentrale Voraussetzung für die Entwicklung selbstbestimmter Motivation. Zudem unterscheidet die SDT zwischen verschiedenen Regulationsformen entlang einer Skala von kontrollierter zu autonomer Motivation. Externale Regulation ist beispielsweise durch extrinsische Anreize wie Arbeitsplatzsicherheit gekennzeichnet, während identifizierte oder integrierte Regulationen auf eine Internalisierung beruflicher Werte verweisen. Intrinsische Motivation stellt die selbstbestimmteste Form dar und basiert auf wahrhaftigem Interesse an pädagogischen Aufgaben oder Fachinhalten.

**Tabelle 8.1**  
Übersicht der Motivations-Determinanten nach Deci & Ryan (2017) (eigene Darstellung)

Extrinsische Motivation				Intrinsische Motivation
external	introjiert	identifiziert	integriert	intrinsisch
Erwartete Belohnung oder Sanktion	Innerer Druck durch Schuldgefühl oder Selbstwertschutz	Überzeugung mit persönlichen Werten	Integration der Handlung in Selbstbild und Werte Authentizität	Ausführung durch Interesse und Freude an der Aktion selbst
fremdbestimmt, kontrolliert		(eher) selbstbestimmt, autonom		

Empirische Studien belegen, dass ein hoher Selbstbestimmungsgrad mit stärkerer beruflicher Identifikation, höherem Engagement sowie langfristiger Zufriedenheit und Persistenz im Beruf korreliert [WAT2008]. Die SDT ermöglicht somit die differenzierte Erfassung motivationaler Beweggründe für die Studienwahl und deren prognostische Relevanz für die spätere Berufsbiografie.

## Methodische Vorgehensweise

Um besseres Verständnis für die motivationalen Beweggründe angehender Informatiklehrkräfte zu generieren, wurde ein qualitativ-exploratives Forschungsdesign gewählt. Während quantitative Studien häufig allgemeine Faktoren der Berufswahl untersuchen, ermöglicht die qualitative Analyse individueller Bildungsbiografien differenzierte Einblicke in persönliche Entscheidungs- und Handlungsprozesse.

Die Datenerhebungen erfolgten im Verlauf der Förderphase des Projekts GeLb-DIng (2021-2025) mittels teilnarrativer Einzel- und Gruppeninterviews. Insgesamt konnten 17 Personen zwischen dem Wintersemester 2021/22 und dem Wintersemester 2024/25 befragt werden. Die Zielgruppe umfasste Lehramtsstudierende der Johannes Gutenberg-Universität Mainz, der Universität des Saarlandes sowie der Universität zu Köln. Dabei waren unterschiedliche Lehramtsstudiengänge vertreten, so dass Perspektiven aus den Schulformen Sekundarstufe I und II, Gymnasium, sonderpädagogische Förderung sowie der beruflichen Bildung einbezogen werden konnten. Ergänzend nahmen auch abgeordnete Lehrkräfte aus den drei Verbundstandorten an den Interviews teil. Ihre retrospektiven Ausführungen zur Berufswahlmotivation für das Lehramt im Fach Informatik erweiterten die Daten um die Perspektive bereits im Schuldienst tätiger Personen.

Es wurden sowohl Einzel- als auch Gruppeninterviews durchgeführt. Das Gruppeninterview fand dabei im Rahmen einer Präsenz-Tagung des Projekts GeLb-DIng im Dezember 2023 statt. Die weiteren Interviews wurden im Kontext der Pilotierung universitätsübergreifender Lehrveranstaltungen zur Fachdidaktik Informatik jeweils im Wintersemester 2021/22 und 2024/25 sowie im Sommersemester 2023 und 2024 erhoben. Diese fanden in digitalen Settings statt und wurden gleichzeitig zur formativen Evaluation des Projektvorhabens genutzt. Dies ermöglichte es darüber hinaus auch die bestehenden Herausforderungen und Probleme in der Attraktivitätssteigerung des Lehramtsberufes kontinuierlich zu eruieren und daraus potenzielle Lösungsansätze und Handlungsmöglichkeiten abzuleiten. Die entsprechenden Ergebnisse werden in diesem Beitrag ebenfalls dargelegt.

Die erhobenen Interviewdaten wurden mittels qualitativer Inhaltsanalyse nach Mayring [MAY2015] ausgewertet. Das Ziel bestand darin, zentrale Kategorien und wiederkehrende Muster in den Aussagen der Studierenden induktiv zu identifizieren. Dazu wurden die Transkripte systematisch codiert und relevante Textpassagen thematisch geclustert. Anschließend wurden Kategorien entlang wiederkehrender Aspekte wie beispielsweise „fachliche Motivation“, „persönliche Erfahrungen“ oder „pädagogische Arbeit“ gebildet und in Clustern unterteilt. Diese Strukturierung ermöglicht sowohl individuelle Beweggründe als auch kollektive Motive sichtbar zu machen und die Heterogenität der Bildungsbiografien analytisch zu eruieren. Im Sinne der Selbstbestimmungstheorie [RYA2000] wurde dabei besonders auf die Faktoren der Erfüllung psychologischer Grundbedürfnisse (Autonomie, Kompetenz, soziale Eingebundenheit) eingegangen.

## Ergebnisse der Berufswahlmotivation

Am häufigsten wurden ein ausgeprägtes Interesse an Wissensvermittlung ( $n = 13$ ) und dem Fachgebiet Informatik im Allgemeinen ( $n = 10$ ) als zentrale Motive für die bewusste Lehramtsentscheidung genannt. Die Berichte reichen dabei von früh erlernten Programmiererfahrungen bis hin zum Wunsch, in einem technologisch zukunftsweisenden Fach tätig zu sein. Diese fachliche Begeisterung gründet einen Indikator für das Bedürfnis nach Kompetenz und kann als intrinsische Motivation interpretiert werden.

Einige der befragten Studierenden haben zunächst ein Fachstudium der Informatik begonnen, welches später in ein Lehramtsstudium überführt wurde ( $n = 9$ ). Diese Phase der Umorientierung kann als Ausdruck des Bedürfnisses nach Autonomie verstanden werden, da die Studierenden sich hier bewusst mit der eigenen Studien- und Berufswahl auseinandersetzen. In diesen Fällen erscheint der Wechsel zum Lehramt als zunehmend identitätsstiftend, da neue Ziele und Perspektiven als persönlich sinnvoll erkannt und angenommen werden. Auch das Motiv des gesellschaftlichen Engagements sowie der Wunsch nach einer sozial relevanten Tätigkeit spiegeln das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit und Kompetenz wider und sind vielfach mit einer integrierten oder intrinsischen Regulation verknüpft.

Bei einigen Studierenden ergab sich die Entscheidung für das Lehramtsstudium aus negativen Schulerfahrungen im Informatik-Unterricht ( $n = 4$ ). Diese stärkten im Rückblick den Wunsch, pädagogisch „etwas besser machen“ zu wollen. Diese kritisch-reflektierte Auseinandersetzung mit der eigenen Schulzeit lässt sich als Ausdruck integrierter Motivation verstehen, bei der persönliche Erlebnisse in ein stimmiges Selbstkonzept eingebettet werden. Im Vordergrund steht dabei das Bedürfnis nach Kompetenz und Autonomie, da durch die selbstbestimmte Gestaltung von Lehr- und Lernsettings anderen die Möglichkeit geboten wird, eine bessere Erfahrung im Informatik-Unterricht zu erhalten. Gleichzeitig zeigen sich auch positive Erfahrungen im schulischen Informatikunterricht als einflussreich für die spätere Studienwahl ( $n = 6$ ). Positive Erlebnisse können die Entwicklung intrinsischer Motivation bestärken, da sie reale Einblicke in den Lehrberuf bieten, während negative Erfahrungen eine kritisch-reflektierte, potenziell integriert regulierte Entscheidung begünstigen.

Darüber hinaus spielen pädagogische Aspekte eine zentrale Rolle. Frühzeitige Erfahrungen in den Bereichen Nachhilfe ( $n = 6$ ), Jugendarbeit ( $n = 4$ ) oder schulische Betreuung ( $n = 2$ ) führten zur Einsicht, dass der Umgang mit Lernenden als erfüllend und sinnstiftend erlebt wird. Dies spricht

sowohl für das Bedürfnis nach sozialer Eingebundenheit als auch nach Autonomie im Sinne selbstwirksamen pädagogischen Handelns. In Verbindung mit der Freude an der Wissensvermittlung ( $n = 13$ ) deutet dies zugleich auf eine intrinsisch motivierte Entscheidung hin. Schließlich wurden auch familiäre Einflüsse und persönliche Lebensumstände ( $n = 4$ ) genannt. Diese Aspekte deuten zum Teil auf introjizierte Regulation hin. Sofern familiäre Erwartungen im Sinne der Vereinbarkeit von Beruf und Lebensplanung eine Rolle spielen, können sie aber auch in identifizierte Regulationsprozesse münden, wenn sie mit dem individuellen Bedürfnis nach Autonomie und Lebensgestaltung kompatibel sind. Hervorzuheben ist auch das Vorkommen pragmatischer Überlegungen ( $n = 3$ ), insbesondere im Zusammenhang mit dem akuten Lehrkräftemangel und der kontinuierlichen Einführung des Pflichtfachs Informatik an Schulen. Einige Befragte gaben an, Informatik gezielt als Drittfach zu wählen, um sich beruflich breiter aufzustellen oder sich gegen mögliche prospektive Anforderungen, mit Bezug zur Informatik, abzusichern.

Insgesamt verdeutlicht die Auswertung, dass das Lehramtsstudium im Fach Informatik nicht durch eine einzige spezifische Motivation, sondern durch ein Zusammenspiel unterschiedlicher Faktoren und Bedürfnisse angestoßen wird. Besonders bedeutsam sind dabei neben dem fachlichen Interesse auch pädagogische Erfahrungen sowie pragmatische Entscheidungen im Kontext aktueller bildungspolitischer Entwicklungen. Intrinsische und integrierte Formen der Regulation sind dabei insbesondere mit langfristiger beruflicher Zufriedenheit, Engagement und Persistenz assoziiert. Die Ergebnisse legen nahe, dass eine frühzeitige und qualitativ hochwertige informatische Bildung in der Schule sowie praxisnahe Erfahrungen im Studium wesentliche Einflussfaktoren für eine langfristige Bindung an das Lehramt darstellen. Im Folgenden wird näher beleuchtet, inwiefern bestehende Herausforderungen und Hürden das Interesse an einer Lehramtsausbildung im Fach Informatik hemmen können. Ergänzt werden diese dann um potenzielle Lösungsansätze zur nachhaltigen Steigerung der Attraktivität des Lehrberufs (insbesondere in den MINT-Fächern).

## Ergebnisse der subjektiven Einschätzung zu den Herausforderungen in der Lehramtsausbildung

Die Auswertung der gesammelten Aussagen zu den Herausforderungen in der Lehramtsausbildung (Informatik) ergibt ein vielschichtiges Bild. Insgesamt lassen sich die Aussagen in vier thematische Cluster einteilen, die jeweils bestimmte Problembereiche beleuchten. Die Häufigkeitsanalyse verdeutlicht, welche Aspekte besonders oft diskutiert und somit als besonders relevant eingestuft werden:

### 1. Strukturelle und bildungspolitische Herausforderungen ( $n = 11$ )

Gleichauf mit den gesellschaftlichen Problemen stehen strukturelle Defizite im Bildungssystem. Hierzu zählen das bisherige Verbot bestimmter Fächerkombinationen im Lehramtsstudium, welches potenziell hemmend auf die Studienwahl wirkt sowie der fehlende flächendeckende Informatikunterricht an Schulen. Dadurch fehlt vielen Schülerinnen und Schülern die Grundlage für eine spätere Studienentscheidung. Das Studium selbst ist mit spezifischen Herausforderungen verbunden. Eine davon ist die Gleichstellung von Lehramts- und Fachstudierenden in Prüfungen, was abschreckend wirken kann.

Auch strukturelle Belastungen wie unterbesetzte Schulleitungen und Kollegium und ein überfordertes Schulsystem (z. B. große Klassen aufgrund von Lehrkräftemangel) sind zentrale Punkte. Die Corona-Pandemie hat zudem gezeigt, wie stark Bildungseinrichtungen mit zusätzlichen Erziehungs- und Betreuungsaufgaben belastet wurden.

## **2. Gesellschaftliche Wahrnehmung und Imageprobleme (n= 8)**

Ein zentrales Problem ist das gesellschaftliche Image des Lehramts und des Fachs Informatik. So wird das Lehramtsstudium im Fach Informatik von vielen Studieninteressierten nicht als „vollwertiges“ Studium wahrgenommen. Darüber hinaus mangelt es generell an gesellschaftlicher Wertschätzung für den Beruf von Lehrerinnen und Lehrern. Dies äußert sich unter anderem in Vorurteilen wie „Lehrkräfte haben häufig frei“.

Auch das Fach Informatik im Allgemeinen ist mit Stereotypen behaftet, beispielsweise der Annahme, Informatik sei nur etwas für „Nerds“ oder Jungen. Ein gesellschaftliches Grundproblem besteht in der weitverbreiteten Einstellung „Ich könnte nicht mit so vielen Kindern umgehen“, die nicht nur potenzielle Lehrkräfte, sondern auch Schülerinnen und Schüler bereits früh in ihrer Berufswahl negativ framen. Hinzu kommt die geringe Sichtbarkeit des Lehrberufs im schulischen Kontext. Dort wird meist auf die Bereiche Wissenschaft oder Wirtschaft verweisen, wenn es um potenzielle Karrierewege geht. Berufsmessen präsentieren zudem häufig ein einseitig positives Bild des Lehrerberufs. Dies kann wiederum bei einer realen Konfrontation mit den tatsächlichen Herausforderungen abschreckend wirken.

## **3. Persönliche Motivation und Berufsethos (n = 5)**

Einige Aussagen beziehen sich auf die persönlichen Voraussetzungen und die intrinsische Motivation, die für Lehrpersonen erforderlich sind. So muss beispielsweise Freude an der Arbeit mit Kindern und Jugendlichen vorhanden sein, damit sich ein echtes Berufsethos entwickelt. Zwar bringen viele Studieninteressierte ein starkes Interesse an Informatik mit, schrecken jedoch vor der pädagogischen Verantwortung sowie der komplexen Gestaltung und Umsetzung von Unterricht zurück. Zudem verlieren MINT-Fächer in den Schulen im Verlauf der Klassenstufen oft an Attraktivität, wenn ihre Inhalte als zu komplex oder trocken empfunden werden. Um diesem steigenden Desinteresse zu begegnen, bedarf es innovativer und zielgruppengerechter Lehr- und Lernmethoden. Durch die Zunahme der Heterogenität von Lerngruppen kann sich dies immer herausfordernder gestalten.

Schließlich wird auch die hohe Belastung im Lehrberuf thematisiert. Neben der Unterrichtstätigkeit müssen Lehrkräfte zahlreiche außerschulische Zusatzaufgaben übernehmen – von Klassenfahrten bis zu Wettbewerben. Bildungstagungen und Weiterbildungen sind zudem obligatorisch und notwendig, werden aufgrund ihrer Häufigkeit und teilweise realitätsfernen Inhalte aber oftmals als frustrierend wahrgenommen.

## **4. Konkurrenz durch die freie Wirtschaft (n = 2)**

Ein weiterer bedeutender Aspekt ist die Konkurrenz durch Angebote der freien Wirtschaft. Das Fachstudium Informatik bietet vielfältige, attraktive Berufsperspektiven mit teils besseren finanziellen Anreizen als das Lehramt. Diese Alternativen wirken auf Studieninteressierte oftmals attraktiver, was die Überzeugung für ein Lehramtsstudium zusätzlich erschwert.

Die Herausforderungen in der Lehramtsausbildung sind komplex und ziehen sich sowohl durch individuelle, als auch gesellschaftliche und strukturelle Ebenen. Besonders die mangelnde gesellschaftliche Wertschätzung des Lehrerberufs, sowie strukturelle Mängel im Bildungssystem, erzeugen große Hürden, die es abzubauen und zu überwinden gilt. An welcher Stelle Reformen hierfür ansetzen sollten – in der gesellschaftlichen Sensibilisierung für den Lehrberuf, einer Neuausrichtung bildungspolitischer Prozesse oder in der innovativeren und stärkeren Akquise und Rekrutierung von Lehrpersonen – bleibt zur Diskussion offen.

## **Lösungsansätze zur Attraktivitätssteigerung des Lehramtsstudiums**

Die Wahrnehmung des Lehrberufs, der in der Gesellschaft häufig kritisiert oder verzerrt dargestellt wird, steht in deutlichem Widerspruch zur tatsächlichen Komplexität und Relevanz pädagogischer Arbeit. Besonders im Bereich der MINT-Fächer, insbesondere im Fach Informatik, ist ein Wandel unabdingbar. Nur so werden das Fach und der Lehrberuf für Studieninteressierte attraktiver und dadurch auch gesellschaftlich sichtbarer. Die angehenden und aktiven Lehrkräfte im Fach Informatik haben im Rahmen der durchgeführten qualitativen Interviews konkrete Handlungsbedarfe identifiziert, um diesem „Missverhältnis“ entgegenzuwirken und das Bild des Berufs nachhaltig zu verbessern.

Zentral ist dabei die Forderung, den schulischen Unterricht so zu gestalten, dass Begeisterung und Motivation langfristig erhalten bleiben. Interaktive, diskussionsorientierte und reflexive Lernformate sollen den Unterricht lebendiger gestalten und die Lernenden aktiv einbinden. Die Verbindung von fachlichen Inhalten mit spielerischen, handlungsorientierten und alltagsbezogenen Zugängen trägt dazu bei, Berührungspunkte mit MINT-Fächern abzubauen. Didaktische Ansätze, die haptische Materialien, Experimente und kreative Aufgabenformate stärker integrieren, fördern die Motivation zur Mitarbeit ebenso wie den Lernerfolg – insbesondere in einem Fach, das häufig als abstrakt oder schwer zugänglich wahrgenommen wird.

Eine stärkere Sichtbarkeit des Fachs Informatik sowie der Abbau bestehender Vorurteile müssen ebenfalls in langfristige Reform-Strategie integriert werden. Wichtig ist hierbei das Bewusstsein zu schärfen, dass Informatik längst omnipräsenter Teil aller Lebensbereiche und informatische Grundbildung zu einer Schlüsselqualifikation in nahezu allen Berufsfeldern geworden ist. Diese Erkenntnis muss in der schulischen Allgemeinbildung aber auch im gesellschaftlichen Mindset verankert werden. Gleichzeitig muss eine zielgruppenspezifische Förderung, insbesondere für Mädchen und junge Frauen, erfolgen, da MINT-Fächer noch zu häufig als typisches „Jungen-Fach“ dargestellt werden.

Gleichzeitig fordern Lehramtsstudierende und Lehrkräfte mehr Transparenz über die Realität des Berufs. Es gilt, eine differenzierte Darstellung von Vor- und Nachteilen des Lehrberufs zu vermitteln – und das bereits frühzeitig, etwa im Rahmen von Berufsmessen oder studienvorbereitenden Maßnahmen. Neben der Begeisterung für die Arbeit mit jungen Menschen und der Gestaltungsfreiheit im Unterricht sollten auch die anspruchsvollen Seiten des Berufs thematisiert werden: die aufwendige Unterrichtsvorbereitung, Korrekturarbeiten, die Organisation von Projekten, Klassenfahrten und Fortbildungen sowie der oftmals schleppende Fortschritt bei der schulischen Di-

gitalisierung. Hier sind ehrliche Einblicke gefragt, damit Studieninteressierte realistische Erwartungen entwickeln können und der Lehrberuf nicht aufgrund enttäuschter Vorstellungen wieder verlassen wird.

Um diese Transparenz zu fördern, wird eine stärkere Verknüpfung von Studium und Schulpraxis vorgeschlagen. Der frühzeitige Kontakt zu Lehrkräften im Schuldienst – etwa durch Hospitationen, Mentoring oder Austauschformate – ermöglicht Studierenden, sich ein realistisches Bild von den Herausforderungen, aber auch den Gestaltungsmöglichkeiten des Berufs zu machen.

Ein weiterer kritischer Aspekt betrifft die öffentliche Wahrnehmung der Rolle von Lehrkräften. Oftmals werden Lehrerinnen und Lehrer – insbesondere im Zusammenhang mit Leistungsbeurteilungen – als autoritäre oder willkürliche Instanzen wahrgenommen, deren Entscheidungen nicht nachvollziehbar erscheinen. Um diesem Misstrauen zu begegnen, bedarf es einer transparenten und kommunikativen Notenvergabe, die Schülerinnen und Schüler sowie Eltern besser einbindet und über Bewertungskriterien aufklärt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten: Die Verbesserung der gesellschaftlichen Wahrnehmung des Lehrberufs im Fach Informatik erfordert eine didaktische Öffnung sowie strukturelle und kommunikative Reformen. Ziel ist ein reflektiert ausgeübter Beruf, der seiner zentralen Bedeutung für die Bildungslandschaft gerecht und auch so wahrgenommen wird. Die Perspektiven und Erfahrungen der Lehramtsstudierenden und Lehrkräften boten hierfür wertvolle Impulse, die bei bildungspolitischen Entscheidungen berücksichtigt werden sollten.

## Fazit

Die Auswertung der Bildungsbiografien zeigt, dass die Entscheidung für ein Lehramtsstudium mit dem Fach Informatik von einer Vielzahl individueller, struktureller und gesellschaftlicher Faktoren beeinflusst wird. Fachliches Interesse, pädagogische Motivation und pragmatische Überlegungen wirken dabei häufig zusammen und führen – teils über Umwege – zur motivationsgeleiteten Entscheidung für den Lehrberuf. Derzeit scheinen auch der Lehrkräftemangel und die bildungspolitische Entwicklung hin zur verpflichtenden Informatikbildung verstärkend auf die Berufswahlentscheidungen zu wirken. Auffällig ist zudem, dass viele der Befragten erst durch praktische Erfahrungen in der Arbeit mit Kindern oder durch negative Unterrichtserfahrungen in der eigenen Schulzeit eine klare Motivation für das Lehramt entwickelt haben. Die Ergebnisse legen nahe, dass frühe Kontaktpunkte mit dem Unterrichtsfach Informatik sowie Gelegenheiten zur pädagogischen Selbsterfahrung einen positiven Einfluss auf die Studienwahlentscheidung haben können. Insgesamt unterstreicht die Untersuchung die Notwendigkeit, Studieninteressierten mehr Orientierungsmöglichkeiten sowie niedrighschwellige Zugänge zur informatischen und pädagogischen Praxis zu bieten – nicht zuletzt, um den Bedarf an qualifizierten Lehrkräften im Fach Informatik langfristig zu decken.

Die Analyse der Herausforderungen in der Lehramtsausbildung zeigt, dass die Entscheidung für ein Lehramtsstudium im Fach Informatik von zahlreichen strukturellen, motivationalen und gesellschaftlichen Barrieren beeinflusst wird. Einschränkende Studienstrukturen, das geringe gesellschaftliche Ansehen des Lehrberufs und die Konkurrenz durch attraktivere Berufsalternativen in der freien Wirtschaft erschweren eine selbstbestimmte, intrinsisch motivierte Berufswahl.

Gleichzeitig führen fehlende schulische Vorerfahrungen mit dem Fach und ein negatives Bild vom Unterrichtsalltag zu Unsicherheiten und einem geschwächten Kompetenzerleben. Dies wird durch strukturelle Be- und Überlastungen im Schulalltag verstärkt, die potenzielle Lehrkräfte zusätzlich abschrecken können. Um das Lehramtsstudium im Fach Informatik attraktiver zu gestalten, ist eine Kombination aus didaktischer Innovation, praxisnaher Ausbildung und realistischer Berufsorientierung notwendig. Gleichzeitig ist eine differenzierte gesellschaftliche Wahrnehmung des Lehrberufs sowie eine stärkere Sichtbarkeit des Fachs Informatik entscheidend. Das Ziel sollte darin bestehen, ein Lehramtsstudium zu schaffen, das motiviert, realistische Perspektiven eröffnet und den Anforderungen einer zunehmend digital geprägten Bildungslandschaft gerecht wird.

## Literatur

[CAR2024] Carstensen, B., Lindner, C., & Klusmann, U. „Wahrgenommene Wertschätzung im Lehramtsstudium: Fachunterschiede und Effekte auf Wohlbefinden und Abbruchintention. Zeitschrift für Pädagogische Psychologie. Advance online publication.“ <https://doi.org/10.1024/1010-0652/a000337>, 2024

[DEC1985] Deci, E. L., & Ryan, R. M. „Intrinsic motivation and self-determination in human behavior“ New York, NY: Plenum, 1985

[DOE2019] Dörrenbächer-Ulrich, Laura & Biermann, Antje & Brünken, Roland & Perels, Franziska „Studienwahlmotivation von Lehramtsstudierenden und Aspekte ihrer professionellen Kompetenz: Eine profilanalytische Untersuchung“ Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie. 51. 1-17. <https://doi.org/10.1026/0049-8637/a000208>, 2019

[GI2024] Gesellschaft für Informatik (GI), Stifterverband & Heinz Nixdorf Stiftung „Lehrkräfte: Weiterbildung als Motor für Informatik. Ergebnisse zum Informatikunterricht im Informatik-Monitor 2024/25“ [https://informatik-monitor.de/fileadmin/GI/Projekte/Informatik-Monitor/Informatik-Monitor\\_2023-24/PDF-Versionen/Zusammenfassung\\_InformatikMonitor2024.pdf](https://informatik-monitor.de/fileadmin/GI/Projekte/Informatik-Monitor/Informatik-Monitor_2023-24/PDF-Versionen/Zusammenfassung_InformatikMonitor2024.pdf), Oktober 2024

[KMK2025] Kultusministerkonferenz (KMK) „Lehrkräfteeinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2024 – 2035. Zusammengefasste Modellrechnung der Länder“ [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok\\_2\\_Bericht\\_LEB\\_LEA\\_2024.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_2_Bericht_LEB_LEA_2024.pdf), Februar 2025

[MAY2015] Philipp Mayring „Qualitative Inhaltsanalyse“ Beltz Verlagsgruppe, 69 469 Weinheim, ISBN: 9783407293930, 2015

[RYA2000] Ryan, R. M. & Deci, E. L. „Intrinsic and Extrinsic Motivations: Classic Definitions and New Directions. Contemporary educational psychology“ 25(1), 54–67. <https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1020>, 2000

[RYA2017] Ryan, R. M. & Deci, E. L. „Self-Determination Theory: Basic Psychological Needs in Motivation, Development, and Wellness“ Guilford Press. <https://doi.org/10.1521/978.14625/28806>, 2017

[SAV2021] Savage, C., Ayaita, A., Hübner, N., & Biewen, M. „ Who chooses teacher education and why? Evidence from Germany“ Educational Researcher, 50(7), 483–487. <https://doi.org/10.3102/0013189X211000758>, 2021

[WAT2008] Watt, H. M. G., & Richardson, P. W. „Motivation for teaching [Editorial]“ Learning and Instruction, 18(5), 405–407. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2008.06.009>, 2008

[WIS2020] Wissenschaftsrat (WR) „Perspektiven der Informatik in Deutschland“ Perspektiven der Informatik in Deutschland (Drs. 8675-20), Köln, 23. Oktober 2020





# 9 – Status Quo und Perspektiven der Informatik an Schulen und der Bildung von Lehrpersonen

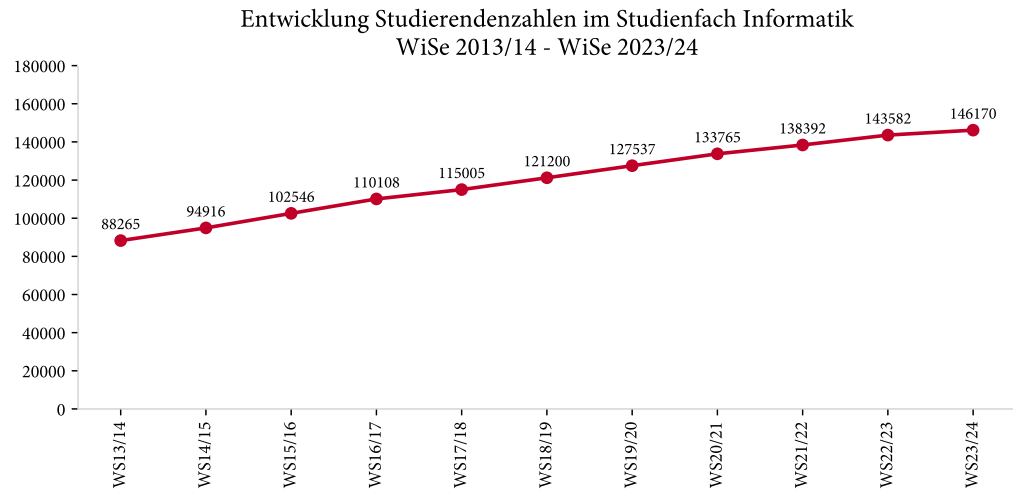
Die fortschreitende Digitalisierung hat längst alle Lebensbereiche durchdrungen – von der Arbeitswelt über das Bildungssystem bis hin zum privaten Alltag. Doch wie genau funktionieren digitale Systeme im Detail? Woran lässt sich die Qualität und Verlässlichkeit von Informationen erkennen? Und auf welche Weise kann insbesondere Kindern ein verantwortungsvoller und reflektierter Umgang mit digitalen Technologien vermittelt werden? Die Beantwortung dieser Fragen setzt grundlegende informatische Grundkenntnisse voraus. Doch was sind die Konsequenzen, wenn es an qualifiziertem Lehrpersonal mangelt, um diese Kompetenzen flächendeckend zu vermitteln? Dieser Beitrag beleuchtet anhand aktueller Daten den Status quo der Informatikbildung an Schulen und der Informatik-Lehramtsausbildung an Universitäten in Deutschland und geht dabei auf bestehende Herausforderungen und strukturelle Defizite ein.

## Digitale Mündigkeit als Bildungsauftrag

Die Informatik ist eine eher junge Wissenschaft, dennoch kam es in den vergangenen Jahrzehnten zu einem erheblichen Anstieg an Forschungsinstitutionen und -themen, und damit verbunden auch einem großen Zuwachs an wissenschaftlichem Personal und Studieninteressierten. Erkenntlich wird dies in den Verlaufsstatistiken zu den Studierendenzahlen in der Informatik an deutschen Universitäten in den letzten zehn Jahren, diese sind zwischen 2014 und 2024 um insgesamt 65,6% gestiegen (Abb. 9.1).

Inhaltlich unterliegt die Informatik gleichzeitig einer dynamischen und raschen Weiterentwicklung sowie einer stetigen Ausdifferenzierung. Vor dem Hintergrund der digitalen Transformation, die sämtliche Lebensbereiche tangiert, haben die Fragestellungen der Informatik an Reichweite, gesellschaftlicher Relevanz und inhaltlicher Komplexität gewonnen. Analoge Verfahren rücken immer stärker in den Hintergrund und werden durch digitale Medien und Werkzeuge ergänzt oder gar ersetzt. Insbesondere der berufliche Alltag befindet sich durch die zunehmende Digitalisierung in einem rapiden Wandel. Ein Beispiel hierfür ist die Automatisierung von Prozessen, die Arbeits- und Produktionsabläufe erleichtert [WIS2020]. Die berufliche Kommunikation verlagert sich zunehmend auf Online-Kanäle, wie E-Mail-Programme oder Videokonferenzsysteme, phy-

**Abbildung 9.1**  
 Entwicklung der Studierendenzahlen im Studienfach Informatik an Universitäten in Deutschland (eigene Darstellung auf Basis der Daten des Statistisches Bundesamt, 2025a)



sische Präsenz ist nunmehr keine Voraussetzung, um sich auszutauschen, sondern lediglich die Fähigkeit, diese Systeme bedienen zu können.

Auch im alltäglichen Leben ist die Digitalisierung omnipräsent: Smartphones, Tablets und Social Media ermöglichen es, jederzeit und überall auf eine vermeintlich unendliche Menge an Informationen zuzugreifen. Der globale und niederschwellige Zugang zu Informationen trägt dazu bei, dass insbesondere Bildungsressourcen entgrenzt und einem weitaus breiteren Teil der Gesellschaft zugänglich gemacht werden können. Digitale Vernetzung und Kommunikation schaffen somit neue Wege und Möglichkeiten gesellschaftlicher Partizipation und Teilhabe, auch an politischen Diskussionen und Entscheidungen. Infolgedessen entstehen allerdings zahlreiche neue Fragestellungen und Notwendigkeiten, beispielsweise zum Schutz der individuellen Privatsphäre sowie vor Fehl- und Desinformationen, die für ein gesellschaftliches Miteinander brandgefährlich werden können [SUE2023].

Eine „Digitale Mündigkeit“, die sowohl zur Nutzung technischer Systeme befähigt als auch ein grundlegendes Verständnis über ihre Funktionsweisen, Auswirkungen und gesellschaftlichen Implikationen vermittelt, sollte resultierend eine Voraussetzung für die Teilhabe und Partizipation an digitalen Prozessen sein. Daher sind das Erlernen und die Vermittlung informatischer und digitaler Kompetenzen unumgänglich, so dass die Gesellschaft diesem kontinuierlichen digitalen Wandel kompetent, kritisch-reflektiert und innovativ begegnen kann [KMK2021].

Im Folgenden werden aktuelle Zahlen und Fakten zum Status quo der Informatik näher beleuchtet. Ziel des Beitrags ist es, einen Gesamtüberblick über die Informatik sowohl als (verpflichtendes) Schulfach, als auch Lehramtsstudienfach in den jeweiligen Bundesländern zu generieren und etwaige Prognosen und Modifizierungsmaßnahmen abzuleiten. Denn wie das nachfolgende Zitat aus dem Vorwort der Präsidentin der KMK [KMK2017, S. 3] bereits vermerkt, liegt die digitale Mündigkeit der Gesellschaft von morgen in den Händen der informatischen Grundbildung von heute:

„Die Gestaltungsmöglichkeiten in der digitalen Welt von morgen sind eng damit verknüpft, wie wir heute junge Menschen in Schulen, in der Berufsausbildung und in den Hochschulen darauf vorbereiten.“

## Informatik als verpflichtendes Schulfach

Da den Jüngsten der Gesellschaft bereits dieselben zahlreichen digitalen Möglichkeiten wie den Erwachsenen zur Verfügung stehen, und damit verbunden auch die entsprechenden Herausforderungen und Risiken, ist die Verankerung informatischer Kompetenzen im Allgemeinbildungskonzept unabdingbar. Das Ziel besteht darin, alle Schülerinnen und Schüler darin zu befähigen, informatische Denkweisen zu entwickeln, algorithmische Prozesse zu verstehen und digitale Technologien verantwortungsvoll zu nutzen. Daher muss Informatik als eigenständiges und verbindliches Fach fest im Curriculum aller allgemeinbildenden Schulen verankert werden [WIS2020]. Es zeigt sich, dass die während der Schulzeit erlebten und erworbenen Kompetenzen wiederum die spätere Kurswahl in der Oberstufe sowie den weiterführenden beruflichen Werdegang beeinflussen. Auch wird erkenntlich, dass der Anteil der Schülerinnen und Schüler, die das Fach Informatik in der Oberstufe wählen, unter denjenigen, die Informatik bereits als Pflichtfach in der Sekundarstufe I absolvierten, insgesamt doppelt so hoch ist. Und auch die Geschlechterunterschiede hinsichtlich informatischer Kompetenzen unter Schülerinnen und Schülern lösen sich nahezu auf, wenn sie verbindlichen Informatikunterricht in der Sekundarstufe I absolviert haben [SUE2022].

Für eine adäquate Vermittlung informatischer Grundbildung setzt der Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts [MNU2020] in seinem „Gemeinsamen Referenzrahmen Informatik (GeRRI)“ eine mehrjährige, durchgehende Informatik-Lehre voraus. Damit die vielfältigen Themen der Informatik nicht nur oberflächlich behandelt werden, bedarf es eines umfassenden Informatikunterrichts als eigenständiges Fach. Die Ständige Wissenschaftliche Kommission (SWK) fordert in ihrem Gutachten zur Digitalisierung im Bildungssystem [SWK2023, S. 11]:

*„In der Sekundarstufe I sollte das Fach Informatik als Pflichtfach mit mindestens vier Stunden in die Kontingenzstundentafel aufgenommen werden, mittelfristig mit sechs Stunden Pflichtunterricht.“*

Einige Bundesländer haben das Schulfach Informatik bereits verpflichtend in den Stundenplan aufgenommen, andere planen dies noch. Jedoch unterliegen alle Bundesländer demselben Problem: Ausgebildete, zertifizierte Informatik-Lehrkräfte sind stark defizitär. Laut Stifterverband [GI2024a, S. 2] wären 32.800 Lehrkräfte nötig, um den empfohlenen bundesweiten Informatikunterricht in diesem Umfang adäquat umzusetzen. Tatsächlich standen im Schuljahr 2023/24 jedoch nur etwa 10.000 Informatiklehrkräfte zur Verfügung. Auch im internationalen Ranking schneidet Deutschland schlecht ab: Fast alle europäischen Länder haben Informatik als Pflichtfach in der Sekundarstufe I und teilweise auch bereits in der Primarstufe verankert. Deutschland zählt zu einem der neun europäischen Länder, in denen Schülerinnen und Schüler einen Bildungsabschluss absolvieren können, ohne ein Minimum an informatischer Grundbildung erworben zu haben. Es wird außerdem deutlich, dass Schülerinnen und Schüler ohne das Pflichtfach Informatik deutliche Defizite in digitalen Kompetenzen aufweisen im Vergleich zu ihren Altersgenossen mit verbindlichem Informatikunterricht [EIC2019].

### SWK

Die Ständige Wissenschaftliche Kommission (SWK) der Kultusministerkonferenz (KMK) ist ein unabhängiges, wissenschaftliches Beratungsgremium, dem insgesamt 16 Bildungsforscherinnen und -forscher unterschiedlicher Disziplinen angehören. Sie unterstützen die Länder, indem sie Hürden im Bildungswesen identifizieren und fundierte Empfehlungen anhand evidenzbasierter Lösungsvorschläge formulieren.

Die Realität zeigt jedoch, dass obligatorischer Informatik-Unterricht an Schulen innerhalb der Bundesländer aufgrund des Föderalismus, noch sehr stark variiert: Teilweise ist er noch nicht oder nur unzureichend in den Curricula verankert. Seit 2019/20 ist allerdings erkennbar, dass der Ausbau des Pflichtfachs Informatik in der Sekundarstufe I voranschreitet [GI2024a]. In der Sekundarstufe II besteht in allen Bundesländern die Möglichkeit, das Fach Informatik Wahlpflicht- oder Pflichtfach zu belegen. Umfang und Prüfungsordnungen zur Erlangung der allgemeinen Hochschulreife werden dann wiederum auf Länderebene beschlossen und fallen unterschiedlich aus [SUE2023].

Tabelle 9.1 fokussiert sich dementsprechend auf die Sekundarstufe I und generiert einen Einblick zur aktuellen Lage der Informatik als (Pflicht-)Unterricht.

Mit Beginn des Schuljahres 2024/25 steigt die Zahl der Bundesländer mit verpflichtendem Informatikunterricht in der Sekundarstufe I auf neun. Dabei ist Informatikunterricht in Baden-Württemberg, Bayern, Mecklenburg-Vorpommern, Niedersachsen, Nordrhein-Westfalen, Saarland, Sachsen, Schleswig-Holstein und Thüringen für die Sekundarstufe I verbindlich. Mecklenburg-Vorpommern und das Saarland erfüllen überdies sogar den von der SWK geforderten Umfang von sechs Pflichtstunden [GI2024a].

In Bayern ist Informatik bereits seit dem Schuljahr 2004/05 im Umfang von mindestens zwei Pflichtstunden im interdisziplinären Fach „Natur und Technik“ an Gymnasien integriert, jedoch nicht an allen Schulformen. Auch Sachsen verpflichtet seit dem Schuljahr 2004/05 mit insgesamt vier Pflichtstunden in den Klassenstufen 7 bis 10 zum Informatik-Unterricht an allen Schulformen. In Sachsen-Anhalt wird seit 2024/25 das Pflichtfach „Technik und Informatik“ in einem Umfang von einer Wochenstunde unterrichtet, wobei Informatik zwar als eigenständiger Schwerpunkt behandelt wird, jedoch umfasst dies nur einen marginalen, unzureichenden Anteil. Das verbindliche Schulfach „Moderne Medienwelten/Informatik“ vermittelt zwar digitale Kompetenzen, aber keine informatische Grundbildung.

In Berlin, Brandenburg und Hessen liegt das Schulfach Informatik lediglich als Wahlpflicht- oder Wahlbereich vor. Hamburg führt ab dem Schuljahr 2025/26 einen vierstündigen Pflichtunterricht Informatik an allen Schularten in den Klassenstufen 7 bis 10 ein. Bremen folgt diesem Vorhaben zum Schuljahr 2026/27 mit zunächst zwei Pflichtstunden, die im Verlauf bis 2027 auf vier erhöht werden sollen. Rheinland-Pfalz plant den flächendeckenden verbindlichen Informatik-Unterricht in einem Umfang von insgesamt vier Pflichtstunden in den Klassenstufen 7 bis 10 einzuführen.

## Prognose und Handlungsempfehlung

Der verbindliche Unterricht umfasst überwiegend ein bis zwei Wochenstunden. Lediglich sechs Prozent der Schülerinnen und Schüler erreichen den von der SWK empfohlenen Umfang von sechs Wochenstunden im Schuljahr 2024/25. Die Gesellschaft für Informatik prognostiziert auf Basis politischer Absichtserklärungen, dass auch im Schuljahr 2027/28 die Mehrheit keinen ausreichenden Informatik-Unterricht erhalten wird. Dieser wird sich voraussichtlich weiterhin auf einem Niveau von einer bis zwei Pflichtstunden bewegen [GI2024b].

Darüber hinaus stieg die Geburtenrate in den letzten Jahren zwischen 2012 und 2021 an. Diese Jahrgänge befinden sich teilweise bereits an den Grund- und weiterführenden Schulen. In

Bundesland	Pflicht-fach SEK I	Umfang und Klassenstufe
Baden-Württemberg <sup>[13]</sup>	+	1 Wochenstunde in Stufe 7
Bayern <sup>II</sup>	+	Je 1 Wochenstunde in Stufe 6 und 7 (Gymnasium) Je 1 Wochenstunde in Stufe 5-10 (Mittelschule)
Berlin <sup>[14]</sup>	-	Informationstechnischer Grundkurs (ITG) 1 Wochenstunde in Stufe 7 oder 8
		Informatik Wahlpflichtfach - Teils mehrstündig in Stufe 7-10
Brandenburg <sup>[14]</sup>	-	Informatik Wahlpflichtfach - Teils mehrstündig in Stufe 7-10
Bremen <sup>[15]</sup>	-	Ab Schuljahr 2026/27 Pflichtfach (alle Schulformen), zunächst 2 Wochenstunden, Erhöhung auf 4 geplant
Hamburg <sup>[1]</sup>	-	Ab Schuljahr 2025/26 Pflichtfach (Stadtteilschulen und Gymnasien), je 1 Wochenstunden in Stufe 7-10
Hessen <sup>[4]</sup>	-	Seit 2022/23 Pilotierung des Fachs „Digitale Welt“ (In- formatik + ökonomische/ökologische Bildung) 2 Wochenstunden in Stufe 5
Mecklenburg-Vorpom- mern <sup>[2]</sup>	+	Je 1 Wochenstunde in Stufe 5-10
Niedersachsen <sup>[12]</sup>	+	Je 1 Wochenstunde in Stufe 9 und 10
Nordrhein-Westfalen <sup>[10][11]</sup>	+	Je 2 Wochenstunden in Stufe 5 und 6
Rheinland-Pfalz <sup>[8]</sup>	-	Ab Schuljahr 2028/29 als Pflichtfach (alle Schulformen), Je 1 Wochenstunde in Stufe 7-10
Saarland <sup>[9]</sup>	+	Je 2 Wochenstunden in Stufe 7 und 8 Je 1 Wochenstunde in Stufe 9 und 10
Sachsen <sup>[5]</sup>	+	Je 1 Wochenstunde in Stufe 7-10
Sachsen-Anhalt <sup>[7]</sup>	-	Pflichtfach "Informatik und Technik" (Sekundar-, Gesamt-, Gemeinschaftsschulen), 1 Wochenstunde in Stufe 5 und 6
		Pflichtfach „Lernen in der digitalen Welt“ (Gymnasien) >1 Wochenstunde in Stufe 5-8
Schleswig-Holstein <sup>[6]</sup>	+	Je 1 Wochenstunden in Stufe 7-10
Thüringen <sup>[16]</sup>	+	Pflichtfach „Medienbildung und Informatik“ Je 1 Wochenstunden in Stufe 5-10

**Tabelle 9.1**  
Übersicht (Pflicht-)Schulfach  
Informatik nach Bundeslän-  
dern (Stand: Juni 2025, eigene  
Darstellung)

den kommenden Jahren wird sich dieser Zuwachs entsprechend in der Sekundarstufe I abbilden [DES2025b]. Auch die seit 2015 steigende Zahl von Schülerinnen und Schülern, die aus Fluchtgründen nach Deutschland gekommen sind, trägt zu diesem Anstieg bei [HOF2025]. Diese Faktoren fördern die Heterogenität von Lerngruppen und wirken sich auch auf den weiteren Bildungsweg aus. Da es nach wie vor möglich sein wird, einen schulischen Abschluss ohne informatische Grundkenntnisse zu absolvieren, intensiviert sich die Kluft der Kompetenzen hin-

sichtlich digitaler Mündigkeit und informatischer Grundbildung. Um der damit drohenden Bildungs- und Chancengleichheit adäquat entgegenzuwirken, muss Informatik flächendeckend als Pflichtfach eingeführt werden – und zwar mit ausreichend fachlicher Tiefe. Darüber hinaus ist eine Erhöhung des Umfangs auf die empfohlenen sechs Pflichtstunden notwendig. Die Herausforderung dabei ist, Informatik so in die Stundentafeln zu integrieren, dass keine Aufstockung der Gesamtstundenzahlen erfolgt, da dies zu einer Überbelastung führen kann.

Wie der Stifterverband [GI2024a] mitteilte, wird der bisherige Engpass an Lehrpersonal durch die Weiterbildung von bestehendem Lehrpersonal abgedeckt. Im Schuljahr 2023/24 erwarben demnach mehr als 900 Lehrerinnen und Lehrer eine ergänzende Unterrichtsbefähigung für Informatik. Eine kontinuierliche Gewinnung von potenziellen Informatik-Lehrkräften durch Weiterbildungen von bestehendem Lehrpersonal, oder durch einen Quer- bzw. Seiteneinstieg sollte dementsprechend auch weiterhin im Vordergrund stehen. Von Vorteil ist hierbei, dass die Vermittlung digitaler Kompetenzen auch mit anderen Fächern verknüpft werden kann, so dass diese in mehreren Bereichen Anwendung finden, wie bspw. Datenbankrecherchen, computergestützte Simulationen und digitale Techniken [SUE2022]. Essenziell ist der Ausbau informationstechnischer Infrastruktur an Schulen (und Hochschulen), da es aus fachdidaktischer Perspektive nicht ausreicht, lediglich Tablets oder Smartphones einzusetzen, um den Umfang informatischer Grundbildung adäquat abzudecken [SUE2023].

Während der digitale Ausbau Deutschlands in den Bereichen Bildung und Arbeit eher mäßig vorangeht, hält ein weiteres Themenfeld Einzug in die alltägliche Lebensrealität: Künstliche Intelligenz. Zwar sind KI-basierte Anwendungen schon seit geraumer Zeit Gegenstand des Bildungssektors, allerdings stehen solche Chat-Bots und Konversations-Suchmaschinen nun auch der Allgemeinheit kostenlos zur Verfügung. Da der Einsatz dieser Systeme keine spezifischen Kompetenzen voraussetzt, ist die Nutzung von KI mittlerweile fester Bestandteil des beruflichen und persönlichen Lebensalltags, auch für Schülerinnen und Schüler. Zwar ermöglichen entsprechende text- und bildgenerierende Tools neue Formen der Gestaltung von Lehrinhalten, Wissensvermittlung und Bildungsprozessen, sie bergen jedoch neben zukunftsweisenden Potenzialen und Chancen auch zahlreichen Risiken. Problematisch wird der Einsatz insbesondere dann, wenn Schülerinnen und Schüler den generierten Output nicht kritisch reflektiert hinterfragen und ihre Lernaufgaben vollständig an eine Künstliche Intelligenz auslagern [SCH2025]. Ein weiteres Ziel eines verpflichtenden Informatik-Unterrichts sollte folglich sein, das Thema Künstliche Intelligenz ebenfalls in den jeweiligen Curricula zu verankern [GI2023, S. 4].

Resümierend sind die folgenden Aspekte unumgänglich, um einen flächendeckenden, angemessenen Ausbau der Informatik als Pflichtfach an Schulen zu etablieren:

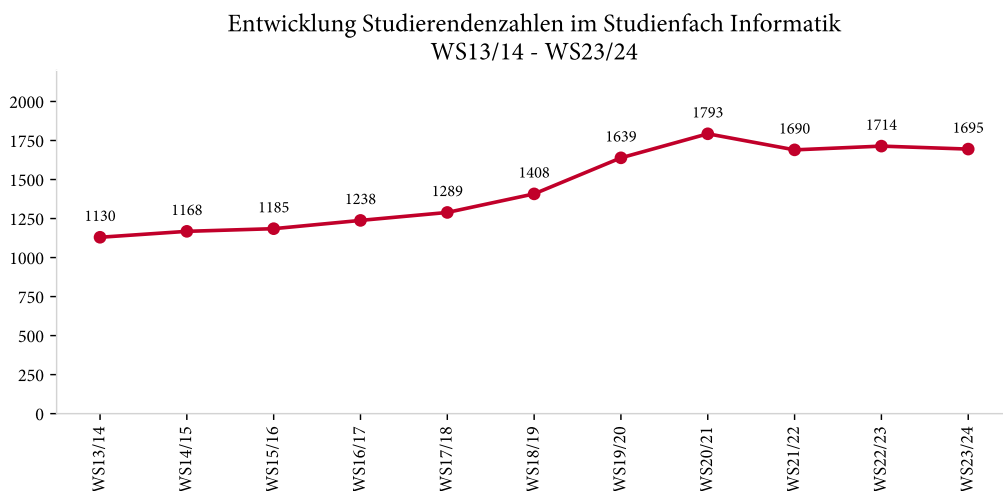
- Verankerung der Informatik als eigenständiges und verpflichtendes Unterrichtsfach in allen Schulformen der Sekundarstufe I
- Schrittweise Erweiterung des Informatikunterrichts auf ein Mindestmaß von sechs verpflichtenden Wochenstunden
- Rekrutierung von Lehrkräften über alternative Qualifikationswege, insbesondere Quer- und Seiteneinstiege
- Qualifizierung und fachliche Weiterbildung von bestehenden Lehrkräften zur Erlangung einer Unterrichtsbefähigung im Fach Informatik

- Ausbau und nachhaltige Sicherstellung digitaler Infrastruktur an Schulen zur Ermöglichung eines zeitgemäßen Informatikunterrichts
- Integration informatischer Inhalte als fachübergreifendes Querschnittsthema, insbesondere unter Berücksichtigung aktueller Entwicklungen

## Das Angebot des Lehramtsfachs Informatik an deutschen Universitäten

Ein Lehramtsstudium setzt sich stets aus fachlichen Grundlagen sowie didaktischen und pädagogischen Inhalten zusammen. Je nach Bundesland und Schulform variiert der Aufbau des Studiums. Aus didaktischer Perspektive zielt der Lehramtsstudiengang Informatik darauf ab, angehende Lehrkräfte dazu zu befähigen, fundierte didaktische Kompetenzen für einen zeitgemäßen und schülerorientierten Informatikunterricht zu erwerben [BRA2025]. Im Mittelpunkt steht die Auseinandersetzung mit der Frage, wie informatische Inhalte lernwirksam, adressatengerecht und motivierend vermittelt werden können. Die Studierenden lernen, zentrale Konzepte der Informatik didaktisch zu analysieren, geeignete Lernziele zu formulieren und methodisch vielfältige Zugänge für unterschiedliche Lernvoraussetzungen zu gestalten. Durch die Verknüpfung von fachdidaktischem Wissen mit pädagogischer Reflexionsfähigkeit werden die Studierenden darauf vorbereitet, wirksame Lehr-Lern-Prozesse zu planen, durchzuführen und zu evaluieren – sowohl im Fachunterricht als auch im Rahmen fächerverbindender Ansätze. Absolventinnen und Absolventen verfügen somit über ein professionelles Repertoire an didaktischen Strategien, um Informatikunterricht innovativ, lernförderlich und entwicklungsorientiert zu gestalten.

In den letzten Jahren hat sich das Interesse an einem Lehramtsstudium im Fach Informatik erhöht. Seit dem Wintersemester 2013/14 ist die Zahl der Studienanfängerinnen und -anfänger mit angestrebter Abschlussprüfung im Lehramt Informatik um 50 % gestiegen, jedoch stagniert der Zuwachs seit dem Wintersemester 2021/22 (Abb. 9.2).



**Abbildung 9.2**  
Entwicklung der Studierendenzahlen im Lehramtsfach Informatik in Deutschland (eigene Darstellung auf Basis der Daten des Statistisches Bundesamt, 2025c)

Die Anzahl der Absolventinnen und Absolventen mit Lehramtsfach Informatik beläuft sich auf knapp ein Drittel der zu Beginn eingeschriebenen Studierenden. Konkrete Zahlen zu den Absolvierenden im Lehramtsfach Informatik der letzten Jahre liegen derzeit nicht vor. Lediglich dem Informatik-Monitor 2024/25 ist zu entnehmen, dass im Jahr 2021 insgesamt 318 Studierende das Lehramtsstudium Informatik erfolgreich abgeschlossen haben. Im darauffolgenden Jahr 2022 waren es bereits 338 Absolvierende [GI2024]

Derzeit ist es möglich, an insgesamt 53 unterschiedlichen Universitäten das Lehramtsfach Informatik zu studieren. Durch eine komplexe, ausführliche Recherche über unterschiedliche Universitäts-Websites, Studien-Portale und bestehende, aber teilweise überholte Informatik-Monitorings konnte im Folgenden eine Übersicht generiert werden, in welchen Bundesländern und an welcher Universität ein Lehramtsstudium im Fach Informatik möglich ist (Tab. 9.2). Ergänzt werden sie um die wählbaren Schulformen und die Anzahl an Professuren der Informatik-Didaktik (DI). Die Daten wurden zum Juni 2025 aktualisiert und bilden somit eine Momentaufnahme ab, die sich kontinuierlich verändern wird.

In Baden-Württemberg werden Lehramtsstudiengänge außer für Gymnasiale Oberstufe und Berufsschule auch an den Pädagogischen Hochschulen (PH) angeboten und diese sind somit auch Teil der Übersicht. Des Weiteren konnten zwischen 2022 und 2024 Stiftungsprofessuren für „Informatik und ihre Didaktik“ der Carl-Zeiss-Stiftung [CZS] an den Universitäten Trier, Koblenz, Tübingen sowie an der PH Heidelberg und dem Karlsruher Institut für Technologie eingerichtet und besetzt werden.

Zusammenfassend scheint das Angebot an Lehramtsstudiengängen des Fachs Informatik recht vielversprechend in der deutschen Bildungslandschaft verankert zu sein. Die Schulformen variieren dabei innerhalb der Bundesländer, es zeichnet sich aber eine mäßige Dominanz im Bereich des Lehramts für Gymnasium, bzw. Lehramt für Sekundarstufe II ab. Zurückzuführen ist dies vermutlich auf Informatik als (Wahl-)Pflichtfach in der Sekundarstufe II, da es in der Sekundarstufe I noch nicht vollständig verpflichtend ist.

Von den insgesamt 53 Universitäten, die ein Studium im Lehramt Informatik anbieten, weisen 31 Universitäten eine jeweils dazugehörige Professur der Informatik-Didaktik auf. Insbesondere in Baden-Württemberg zeichnen sich mehrere nicht vorhandene Fachdidaktik-Professuren an den Universitäten ab, obwohl dort Informatik-Schulunterricht verpflichtend für alle Schulformen der Sekundarstufe I in der siebten Klasse stattfindet. In Nordrhein-Westfalen fehlen Professuren im Bereich der Informatik-Didaktik an mehr als einem Drittel der Gesamtuniversitäten, die das Lehramtsfach Informatik anbieten. Auch hier ist Informatik obligatorisches Unterrichtsfach in den Klassenstufen fünf und sechs.

An den Universitäten, die das Lehramtsstudium Informatik ohne eigenständige, dazugehörige Didaktik-Professur offerieren, wird diese meist durch wissenschaftliche Mitarbeiterinnen und Mitarbeiter, oder Professorinnen und Professoren aus anderen Bereichen vertreten, wie beispielsweise der Mathematik-Didaktik. Bremen bietet als einziges Bundesland kein Informatik-Lehramtsstudium im universitären Bereich an. Dementsprechend liegt keine Professur der Didaktik der Informatik vor. Bislang gibt es darüber hinaus auch keinen verpflichtenden Informatik-Unterricht an den Schulen der Sekundarstufe I. Jedoch ist die Einführung dessen ab dem Schuljahr 2025/26 angedacht, wodurch gegebenenfalls auch die Einrichtung eines Lehramtsstudiums in

Universität mit Studienangebot LA Informatik	Für die Schulform	DI-Professur
<b>Baden-Württemberg</b>		
Universität Freiburg	GYM	-
Universität Heidelberg	GYM	-
Karlsruher Institut für Technologie	GYM, GMS, BS	1
Universität Konstanz	GYM	-
Universität Mannheim	GYM	-
Universität Stuttgart	GYM	-
Universität Ulm	GYM	-
Eberhard Karls Universität Tübingen	GYM, BS	1
PH Heidelberg	SEK I, SP	1
PH Karlsruhe	SEK I	1
PH Ludwigsburg	SEK I	1
PH Weingarten*	SEK I	-
PH Schwäbisch Gmünd**	SEK I	1
<b>Bayern</b>		
Universität Bayreuth	RS, GYM, BS	-
Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg	MS, RS, GYM, BS	1
Ludwig-Maximilians-Universität München	RS, GYM	-
TU München	GYM	1
Universität Passau	RS, GYM	-
Julius-Maximilians-Universität Würzburg	RS, GYM	1
<b>Berlin</b>		
Freie Universität zu Berlin	ISS, GYM	1
Humboldt-Universität zu Berlin	ISS, GYM, BS	1
<b>Brandenburg</b>		
Universität Potsdam	SEK I & II	1
<b>Hamburg</b>		
Universität Hamburg	SEK I & II, BS, SP	1
<b>Hessen</b>		
TU Darmstadt	GYM, BS	-
Goethe-Universität Frankfurt am Main	HS, RS, GYM, FP	1
Justus-Liebig-Universität Gießen	HS, RS, GYM	-
Philipps-Universität Marburg	GYM	-
<b>Mecklenburg-Vorpommern</b>		
Universität Rostock	HS, RS, GYM	-
<b>Niedersachsen</b>		
Georg-August-Universität Göttingen	GYM	1
Leibniz Universität Hannover	GYM, BS	-
Universität Hildesheim	HS, RS, OS, IGS	1
Carl von Ossietzky Universität Oldenburg	HS, RS, GYM, BS	1
Universität Osnabrück	GYM, BS	1
<b>Nordrhein-Westfalen</b>		
RWTH Aachen	GYM, GS, BS	1
Universität Bonn	GYM, GS, BS	-
TU Dortmund	GYM, GS, BS	-
Universität Duisburg-Essen	SEK II	1
Universität Münster	GYM, GS, BS	1
Universität Paderborn	SEK I & II	1
Universität Siegen	SEK I & II	-
Bergische Universität Wuppertal	SEK I & II	1
<b>Rheinland-Pfalz</b>		
RPTU Kaiserslautern-Landau	GYM, RS+, BS	-
Universität Koblenz	GYM, RS+, BS	1
Johannes Gutenberg-Universität Mainz	GYM, BS	1
Universität Trier	RS+, GYM	1
<b>Saarland</b>		
Universität des Saarlandes	SEK I & II, BS	-
<b>Sachsen</b>		
TU Bergakademie Freiberg	OS	-
TU Dresden	OS, GYM, BS	1
Universität Leipzig	OS, GYM, BS, SP	1
<b>Sachsen-Anhalt</b>		
Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg	HS, RS, GYM	1
Otto-von-Guericke-Universität Magdeburg	BS	-
<b>Schleswig-Holstein</b>		
Christian-Albrechts-Universität zu Kiel	GYM	1
<b>Thüringen</b>		
Friedrich-Schiller-Universität Jena	HS, RS, GYM	1

**Tabelle 9.2**

Übersicht Lehramts-Angebot im Fach Informatik nach Bundesland, Schulform und Didaktik der Informatik-Professuren (eigene Darstellung, Stand: Juni 2025)

**Anmerkungen:**

\* als Erweiterungsfach im Masterstudium (39 ECTS), oder als Erweiterungsmaster (51 ECTS)

\*\* als Erweiterungsfach „Informatische Grundbildung“

**Abkürzungen:**

HS = Hauptschule,  
RS = Realschule,  
RS+ = Realschule Plus,  
MS = Mittelschule,  
GMS = Gemeinschaftsschule,  
ISS = Integrierte Sekundarschule,  
GS = Gesamtschule,  
IGS = Integrierte Gesamtschule,  
OS = Oberschule,  
GYM = Gymnasium,  
BS = Berufliche Schulen,  
SP = Sonderpädagogik,  
FP = Förderpädagogik

Informatik und damit verbunden bestenfalls auch eine Professur für ihre Didaktik eingerichtet werden sollten.

In vielen Bundesländern und an den meisten Universitäten ist es möglich, Informatik mit sämtlichen anderen Fächern zu verbinden, oder zumindest mit einem Großteil der übrigen Schulfächer. In Rheinland Pfalz und im Saarland wurden 2020 die Vorgabe bestimmter Kombinationen aufgehoben [SIC2020]. Kleinere Einschränkungen sehen beispielsweise die Universität Aachen und die Universität Magdeburg vor. Hier ist es nicht möglich, Informatik mit den Fächern Technik, bzw. Informationstechnik zu kombinieren. In Bayern besteht an der LMU München die Möglichkeit, das Lehramtsfach Informatik (Gymnasium) mit Englisch, Mathematik oder Wirtschaftswissenschaften zu kombinieren. An der FAU Erlangen-Nürnberg ist für den Zweig Gymnasium/Realschule eine Kombination mit den Fächern Anglistik, Mathematik, Physik, Wirtschaftswissenschaften, Biologie (Gymnasium) oder Chemie (Gymnasium) möglich. An der TU Bergakademie Freiberg (Oberschule) liegt ein Fächerkombinationsverbot vor, wodurch Informatik nur gemeinsam mit Mathematik gewählt werden kann.

## Prognose und Handlungsempfehlungen

In der statistischen Veröffentlichung der KMK [KMK2025, S. 34] zum Thema „Lehrkräfteeinstellungsbedarf und -angebot 2024 - 2035“ wird mit Bezug auf das Fach Informatik prognostiziert:

„Für das Lehramt [...] des Sekundarbereichs I wird kurz- und längerfristig größerer Einstellungsbedarf in den Fächern Mathematik, Informatik, Biologie, Chemie, Physik, Englisch, Deutsch, Musik, Kunst/Gestaltung/Werken sowie Sport prognostiziert. Hinzu kommt der Bedarf für das Fach Informatik auch an den nichtgymnasialen Schulformen bei der perspektivischen weiteren Einführung dieses Faches in den Studententafeln.“

Bislang ist Informatik-Unterricht noch nicht flächendeckend in allen Schulformen der Sekundarstufe I in ganz Deutschland verpflichtend. In weiten Teilen betrifft dies nur das Lehramt der Sekundarstufe II als (Wahl-)Pflichtfach. Dies spiegelt sich auch in den Lehramts-Schulformen wider (Tab. 9.1). Für die angestrebte Etablierung von eigenständigem, obligatorischem Informatik-Unterricht an allen Schulformen der Sekundarstufe I, bedarf es ausreichend vieler Lehrkräfte, die sich auch diesem Bereich widmen können. Eine Ausweitung der studierbaren Schulformen an den jeweiligen Universitäten könnte somit dem akuten und prospektiven Bedarf an Lehrkräften in Teilen entgegenwirken.

Das Interesse am Lehramtsfach Informatik ist in den letzten Jahren gestiegen, jedoch absolviert nur knapp ein Drittel der Studierenden das Lehramtsstudium in Informatik bis zum Abschluss. Laut Stifterverband [GI2024, S. 2] liegt noch eine weitere Problematik in der Ausbildung von angehenden Informatik-Lehrkräften vor: Ein Drittel der Studierenden belegen Mathematik als weiteres Fach, welches ebenfalls ein Mangelfach und zusätzlich Hauptfach an Schulen ist. Es ist davon auszugehen, dass Mathematik-Lehrkräfte dementsprechend eher zweitrangig für den Informatikunterricht eingesetzt werden. Folglich wird die Aufnahme eines Lehramtsstudiums mit dem Unterrichtsfach Informatik attraktiver, wenn den Studierenden dabei eine freie Kombination mit anderen Fächern gewährleistet wird. In vielen Bundesländern ist es möglich, Informatik mit sämtlichen anderen Fächern zu kombinieren. Es sollten jedoch schnellstmöglich bestehende

Fächerkombinationsverbote an entsprechenden Universitäten aufgelöst werden, um mehr Studieninteressierte zu generieren. Eine weitere Herausforderung bei der Ausbildung zukünftiger Informatik-Lehrkräfte ist, dass das Lehramt für Studierende der MINT-Fächer unattraktiv ist, da es außerhalb von Schulen und Bildungseinrichtungen sehr gute alternative Berufschancen gibt [GEI2022]. Dementsprechend gilt es, den Lehrberuf in all seinen Facetten stärker zu bewerben und durch qualitativ hochwertige und innovative Lehre an den Universitäten langfristige und nachhaltige Anreize zu schaffen, Interessierte zu akquirieren und auch zu halten.

Die Etablierung einer eigenständigen Professur für die Didaktik der Informatik stellt einen entscheidenden Impuls für die Qualitätssicherung und -entwicklung in der Ausbildung angehegender Lehrkräfte dar – fachlich, bildungspolitisch wie auch strategisch. Sie bietet die notwendige wissenschaftliche Fundierung, um digitale Bildung zukunftsorientiert zu gestalten und stärkt zugleich das Profil der Universität im nationalen und internationalen Wettbewerb. Ein didaktischer Lehrstuhl mit eigenständiger Professur schafft gezielte Anknüpfungspunkte für die Einwerbung von Fördermitteln, mit denen innovative Lehr- und Lernkonzepte, erprobt und langfristig implementiert werden können. Damit leistet die Professur einen zentralen Beitrag zur nachhaltigen Weiterentwicklung universitärer Bildungsangebote. Vor dem Hintergrund der bundesweiten Einführung von Informatik als eigenständigem Schulfach ist die Einrichtung entsprechender Professuren an allen Standorten mit Studienangebot im Lehramt Informatik unerlässlich. Nur so wird sichergestellt, dass angehende Lehrkräfte die didaktischen Kompetenzen erwerben, die sie für einen qualitativen und zeitgemäßen Informatikunterricht benötigen. Darüber hinaus signalisiert die Präsenz solcher Didaktik-Professuren, dass sich Universitäten als moderne und zukunftsgerichtete Akteurinnen in der MINT-Lehrkräftebildung positionieren – ein wichtiger Faktor, um Studieninteressierte gezielt anzusprechen und für das Lehramt im Fach Informatik zu gewinnen [MAG2019].

Eine weitere Möglichkeit, Lehrkräfte zu akquirieren, ist die Öffnung des Lehramts für Seiten- oder Quereinstieg. Laut einer Mitteilung des Statistischen Bundesamts vom Juni 2025 verfügten im Schuljahr 2023/24 rund 10,5% der Lehrkräfte an allgemeinbildenden Schulen über keine anerkannte Lehramtsprüfung [HOF2025]. Dieser bislang eher unkonventionelle Einstieg gründet fortan einen alternativen Zugangsweg zum Schuldienst, durch welchen dem wachsenden Bedarf an Lehrkräften in bestimmten Mangelfächern begegnet werden soll. Er richtet sich an Hochschulabsolventinnen und -absolventen ohne lehramtsbezogenes Studium, die den damit verbundenen Vorbereitungsdienst („Referendariat“) nicht absolviert haben. Nach erfolgreichem Abschluss der jeweiligen Qualifizierungsmaßnahmen verfügen sie in der Regel über dieselben beruflichen Aufstiegs- und Entwicklungsmöglichkeiten wie regulär ausgebildete Lehrkräfte [BM2025]. Dazu hat die KMK im März 2024 bereits ein Reformpaket der Lehrkräftebildung beschlossen. Dieses bietet die Möglichkeit, Ein-Fach-Lehrkräfte für weiterführende Schulen und Berufliche Schulen auszubilden sowie duale Lehramtsstudiengänge und Quereinstiegs-Masterstudiengänge (SEK I & II) an den Universitäten zu etablieren.

Zusammenfassend sind die nachfolgenden Aspekte notwendig, um das Interesse für ein Lehramtsstudium im Fach Informatik nachhaltig zu attraktivieren und der Lehramtsausbildung sicherzustellen und kontinuierlich weiterzuentwickeln:

- Erweiterung der universitären Studienangebote im Bereich Lehramt Informatik für die Sekundarstufe I

- Abschaffung bestehender Restriktionen bei Fächerkombinationen für mehr Studienwahlfreiheit
- Flexibilisierung der Zugangsvoraussetzungen für den Lehrberuf, insbesondere durch institutionalisierte Quer- und Seiteneinstiegsmodelle
- Einrichtung sowie struktureller und qualitativer Ausbau von Professuren im Bereich der Didaktik der Informatik
- Förderung innovativer und qualitativ hochwertiger Lehr-Lern-Formate in der universitären Lehrerbildung
- Entwicklung nachhaltiger Maßnahmen und Strukturen zur Steigerung der Attraktivität des Lehramtsstudiums im Fach Informatik

## Fazit

Die vorliegenden Analysen zum Status quo verdeutlichen, dass der Bedarf an qualifizierten Informatik-Lehrkräften in den kommenden Jahren weiter steigen wird. Dies ist nicht nur auf bildungspolitische Zielsetzungen zur flächendeckenden Einführung von Informatik als Pflichtfach zurückzuführen, sondern auch auf gesellschaftliche Entwicklungen wie wachsende Zahlen an Schülerinnen und Schülern und eine zunehmende digitale Lebensrealität. Um dieser Herausforderung adäquat zu begegnen, bedarf es eines mehrdimensionalen Lösungsansatzes. Neben der Ausweitung von Studienangeboten und der Auflösung restriktiver Fächerkombinationen muss die Ausbildung zukünftiger Lehrkräfte durch innovative, didaktisch fundierte Lehrkonzepte gestärkt werden. Eine zentrale Rolle kommt dabei der Etablierung eigenständiger Professuren für die Didaktik der Informatik zu, da nur sie die wissenschaftliche Grundlage und institutionelle Sichtbarkeit schaffen, um nachhaltige Qualität in Studium und Lehre sicherzustellen.

Gleichzeitig sollten alternative Qualifikationswege – wie der Quer- und Seiteneinstieg sowie die Weiterbildung von bestehenden Lehrkräften – systematisch ausgebaut und begleitet werden, um dem akuten Engpass an Lehrerinnen und Lehrern zumindest kurzfristig entgegenzuwirken. Der Informatikunterricht muss dabei über reine Anwendungskompetenz hinausgehen. Er muss Schülerinnen und Schüler in die Lage versetzen, digitale Technologien – einschließlich KI-Systeme – kritisch zu reflektieren, verantwortungsvoll zu nutzen und aktiv mitzugestalten. Dies gelingt nur durch einen verpflichtenden, ausreichend umfangreichen und didaktisch fundierten Informatikunterricht, der von ausgebildeten Lehrkräften gestaltet wird. Ohne eine konsequente bildungspolitische Umsetzung und eine entsprechende hochschulische Infrastruktur droht eine zunehmende digitale Spaltung mit weitreichenden Folgen für Bildungsgerechtigkeit und gesellschaftliche Teilhabe im digitalen Zeitalter.

## Literatur

[BM2025] Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz „Lehrerin oder Lehrer werden ohne Lehramtsstudium durch einen Quereinstieg oder Seiteneinstieg“ <https://bm.rlp.de/schule/lehrerinnen-und-lehrer/lehrerin-oder-lehrer-werden/seiten-und-quereinstieg>, 2025

[BRA2025] Brand, A. „Lehramtsstudium: Die wichtigsten Fakten und Debatten“ <https://deutscheschulportal.de/bildungswesen/lehramtsstudium-die-wichtigsten-fakten-und-debatten/>, Januar 2025

[CZS] Carl Zeiss Stiftung „Übersicht Projekte“ <https://www.carl-zeiss-stiftung.de/uebersicht-projekte> (Talente, CZS Stiftungsprofessuren), abgerufen am 28.11.25

[DES2025a] Statistisches Bundesamt (Destatis) „Quer- und Seiteneinsteigerinnen und -einsteiger/ Lehrkräfte ohne anerkannte Lehramtsprüfung“ Destatis. Quer- und Seiteneinsteigerinnen und -einsteiger/ Lehrkräfte ohne anerkannte Lehramtsprüfung - Statistisches Bundesamt, 2025

[DES2025b] Statistisches Bundesamt (Destatis). „Anzahl der Geburten in Deutschland von 1991 bis 2024“ <https://de.statista.com/statistik/daten/studie/235/umfrage/anzahl-der-geburten-seit-1993/>, 2025

[DES2025c] Statistisches Bundesamt (Destatis) „Statistik der Studierenden“ Sonderauswertung Rheform, Datenabruf April 2025

[EIC2019] Eickelmann, B., Bos, W., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K. et al. (Hrsg.) „ICILS 2018 #Deutschland. Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern im zweiten internationalen Vergleich und Kompetenzen im Bereich Computational Thinking“ Münster: Waxmann, 2019

[GEI2022] Geis-Thöne, W. „Lehrkräftebedarf und -angebot: bis 2035 steigende Engpässe zu erwarten“ [https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user\\_upload/Studien/Gutachten/PDF/2022/IW-Gutachten\\_Lehrkr%C3%A4fteengp%C3%A4sse.pdf](https://www.iwkoeln.de/fileadmin/user_upload/Studien/Gutachten/PDF/2022/IW-Gutachten_Lehrkr%C3%A4fteengp%C3%A4sse.pdf), 2022

[GI2023] Gesellschaft für Informatik (GI) „Künstliche Intelligenz in der Bildung [Positionspapier]“ [https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/GI\\_Positionspapier\\_KI\\_in\\_der\\_Bildung\\_2023-07-12.pdf](https://gi.de/fileadmin/GI/Hauptseite/Service/Publikationen/GI_Positionspapier_KI_in_der_Bildung_2023-07-12.pdf), 17. Juli 2023

[GI2024a] Gesellschaft für Informatik (GI), Stifterverband & Heinz Nixdorf Stiftung „Lehrkräfte: Weiterbildung als Motor für Informatik. Ergebnisse zum Informatikunterricht im Informatik-Monitor 2024/25“ [https://informatik-monitor.de/fileadmin/GI/Projekte/Informatik-Monitor/Informatik-Monitor\\_2023-24/PDF-Versionen/Zusammenfassung\\_InformatikMonitor2024.pdf](https://informatik-monitor.de/fileadmin/GI/Projekte/Informatik-Monitor/Informatik-Monitor_2023-24/PDF-Versionen/Zusammenfassung_InformatikMonitor2024.pdf), Oktober 2024

[GI2024b] Gesellschaft für Informatik (GI), Stifterverband für die Deutsche Wissenschaft, & Heinz Nixdorf Stiftung „Zur Situation des Informatikunterrichts in Deutschland. Informatik-Monitor“ <https://informatik-monitor.de/2024-25>, 2024

[HOF2025] Hoffmann, S., Laick, T., & Syme, L. „Das Lehramtsstudium im Spiegel der Hochschulstatistik“ WISTA – Wirtschaft und Statistik, 2, 30-46. Statistisches Bundesamt, 2025

[KMK2017] Kultusministerkonferenz (KMK) „Strategie der Kultusministerkonferenz ‚Bildung in der digitalen Welt‘ (Beschluss vom 8. Dezember 2016 in der Fassung vom 7. Dezember 2017)“ Sekretariat der Kultusministerkonferenz, 2016\_12\_08-Bildung-in-der-digitalen-Welt.pdf, 2017

[KMK2021] Kultusministerkonferenz (KMK) „Lehren und Lernen in der digitalen Welt: Ergänzung zur Strategie der Kultusministerkonferenz ‚Bildung in der digitalen Welt‘ (Beschluss vom 09.12.2021)“ Sekretariat der Kultusministerkonferenz, 2021\_12\_09-Lehren-und-Lernen-Digi.pdf, 2021

[KMK2025] Kultusministerkonferenz (KMK) „Lehrkräfteeinstellungsbedarf und -angebot in der Bundesrepublik Deutschland 2024 – 2035. Zusammengefasste Modellrechnung der Länder“ [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok\\_2\\_Bericht\\_LEB\\_LEA\\_2024.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/Statistik/Dokumentationen/Dok_2_Bericht_LEB_LEA_2024.pdf), 2025

[MAG2019] Magenheimer, J., Romeike, R. „Informatikunterricht und Didaktik der Informatik“ [https://computingeducation.de/pub/2019\\_Magenheimer-Romeike\\_Allgemeine-Fachdidaktik.pdf](https://computingeducation.de/pub/2019_Magenheimer-Romeike_Allgemeine-Fachdidaktik.pdf), 2019

[MNU2020] Verband zur Förderung des MINT-Unterrichts (MNU) „Gemeinsamer Referenzrahmen Informatik (GeRRI)“ [https://www.mnu.de/images/publikationen/Informatik/GeRRI\\_komplett\\_WEB.pdf](https://www.mnu.de/images/publikationen/Informatik/GeRRI_komplett_WEB.pdf), 2020

[SIC2020] Saarland Informatics Campus (SIC) „Informatik als Lehramtsstudium lässt sich jetzt auch mit Ethik, Sprachen oder anderen Fächern kombinieren“ <https://saarland-informatics-campus.de/piece-of-news/informatik-als-lehramtsstudium-laesst-sich-jetzt-auch-mit-ethik-sprachen-oder-anderen-faechern-kombinieren/>, 14. Mai 2020

[SCH2025] Scheiter, K., Bauer, E., Omarchevska, Y., Schumacher, C., & Sailer, M. „Künstliche Intelligenz in der Schule: Eine Handreichung zum Stand in Wissenschaft und Praxis [Forschungssynthese]“ Bundesministerium für Bildung und Forschung (BMBF), [https://www.empirische-bildungsforschung-bmbf.de/img/KI\\_Review\\_20250318\\_Veroeffentlichung.pdf](https://www.empirische-bildungsforschung-bmbf.de/img/KI_Review_20250318_Veroeffentlichung.pdf), 2025

[SWK2023] Ständige Wissenschaftliche Kommission (SWK) „Lehrkräftegewinnung und Lehrkräftebildung für einen hochwertigen Unterricht“ Gutachten der Ständigen Wissenschaftlichen Kommission der Kultusministerkonferenz (SWK), <https://doi.org/10.25656/01:28059>, 2023

[SUE2022] Suessenbach, F., Schröder, E. & Winde, M. „Informatik für alle! Informatikunterricht zur gesellschaftlichen Teilhabe und Chancengleichheit“ Policy Paper Ausgabe 05 vom 07. September 2022

[SUE2023] Suessenbach, F., Schröder, E. & Winde, M. „Informatikunterricht: Deutschland abgehängt in Europa – Eine Vergleichsstudie zu Informatik an Schulen in Europa“ 1. Auflage, Stifterverband & Heinz Nixdorf Stiftung, Informatikunterricht: Deutschland abgehängt in Europa, Januar 2023

[WIS2020] Wissenschaftsrat (WR) „Perspektiven der Informatik in Deutschland“ Perspektiven der Informatik in Deutschland (Drs. 8675-20), Köln, 23. Oktober 2020

### **Referenzen für Tabelle 1**

[1] Behörde für Schule und Berufsbildung Hamburg (BSB). (2023, 10. Oktober). Informatik wird Pflichtfach für alle [Pressemitteilung]. Informatik wird Pflichtfach für alle - hamburg.de

[2] Bildungserver Mecklenburg-Vorpommern (MV). (o.D.). Informatik und Medienbildung. Informatik und Medienbildung

[3] Friedrich-Alexander-Universität Erlangen-Nürnberg, Department für Didaktik der Informatik. (o.D.). Schulfach Informatik in Bayern. Abgerufen am 5. Juni 2025, von Schulfach Informatik in Bayern - Professur für Didaktik der Informatik

[4] Hessisches Ministerium für Kultus, Bildung und Chancen (HMKB), Hessisches Ministerium für Digitalisierung und Innovation (HMD). (2024, November). Handreichung für den Schulversuch zur Einführung des Unterrichtsfachs Digitale Welt. Handreichung für den Schulversuch zur Einführung des Unterrichtsfachs Digitale Welt

[5] Lehrer werden in Sachsen. (2024, 2. Dezember). Von Null auf Digital: Thomas Knapp – ein Wegbereiter der Informatikbildung in Sachsen. LEHRERIN SACHSEN | Thomas Knapp: Von Null auf Digital

[6] Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik (IPN). (o.D.). Informatik als reguläres Schulfach in Schleswig-Holstein. Informatik als reguläres Schulfach in Schleswig-Holstein - Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik

[7] Ministerium für Bildung des Landes Sachsen-Anhalt. (2024, 17. Oktober). Zukunftsweisende Bildung für digitale Kompetenzen: Sachsen-Anhalt stellt Informatikunterricht auf stabile Pfeiler. Zukunftsweisende Bildung für digitale Kompetenzen: Sachsen-Anhalt stellt Informatikunterricht auf stabile Pfeiler

[8] Ministerium für Bildung Rheinland-Pfalz. (2025). Einführung von Informatik als Pflichtfach. Bildungsserver Rheinland-Pfalz. Pflichtfach Informatik . Informatik : Bildungsserver Rheinland-Pfalz

[9] Ministerium für Bildung und Kultur Saarland. (2022, 25. März). Leitlinien für das Pflichtfach Informatik vorgestellt. Informatik als Pflichtfach - saarland.de

[10] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2019, 19. November). Ministerin Gebauer: Landesregierung bringt Einführung der Fächer Wirtschaft und Informatik für alle Schulformen auf den Weg – Kabinett leitet Verbändebeteiligung zur Änderung der Ausbildungs- und Prüfungsordnungen ein [Pressemitteilung]. Ministerin Gebauer: Landesregierung bringt Einführung der Fächer Wirtschaft und Informatik für alle Schulformen auf den Weg | Land.NRW

[11] Ministerium für Schule und Bildung des Landes Nordrhein-Westfalen. (2020, 28. Mai). Verordnung zur Einführung der Fächer Wirtschaft und Informatik an allen Schulformen und zur Änderung von Ausbildungs- und Prüfungsordnungen gemäß § 52 des Schulgesetzes NRW. GV. NRW. S. 394. BASS 2024/2025 - 13-21 Verordnung zur Einführung der Fächer Wirtschaft und Informatik an allen Schulformen und zur Änderung von Ausbildungs- und Prüfungsordnungen gemäß § 52 des Schulgesetzes NRW

[12] Niedersächsisches Kultusministerium. (o.D.). Informatik wird ab dem Schuljahr 2023/2024 Pflichtfach – Weitere Qualifizierungskurse für Lehrkräfte starten [Pressemitteilung]. Informatik wird ab dem Schuljahr 2023/2024 Pflichtfach – Weitere Qualifizierungskurse für Lehrkräfte starten | Nds. Kultusministerium

[13] Regierungspräsidium Stuttgart – Abteilung 7. (o.D.). Informatik / Informatik und Medienbildung. Abgerufen am 5. Juni 2025, von Informatik / Informatik und Medienbildung - Regierungspräsidium Stuttgart

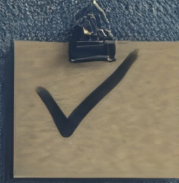
[14] Senatsverwaltung für Bildung, Jugend und Wissenschaft Berlin & Ministerium für Bildung, Jugend und Sport Brandenburg. (o.D.). Teil C – Fach Informatik (Wahlpflichtfach).

Rahmenlehrplan für die Jahrgangsstufen 7-10. Bildungserver Berlin-Brandenburg. Teil C - Informatik

[15] Senatorin für Kinder und Bildung Bremen. (2025, 25. März). Bremen startet Pilotphase: Neuer Bildungsplan für Informatik. Pressestelle des Senats Bremen. Bremen startet Pilotphase: Neuer Bildungsplan für Informatik - Pressestelle des Senats

[16] Thüringer Schulportal (TSP). (o.D.). Medienbildung und Informatik. Medienbildung und Informatik - Thüringer Schulportal



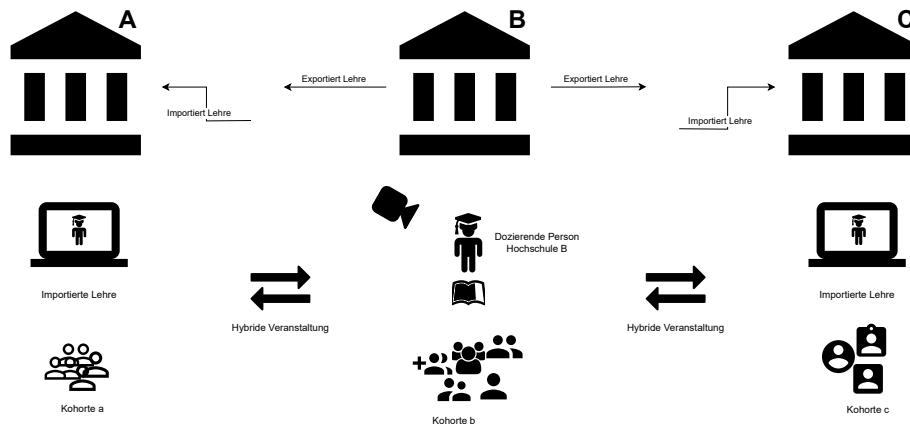


# 10 – Strukturelle Voraussetzungen für den bundeslandübergreifenden Lehraustausch

Die Ausbildung von Lehrkräften im Fach Informatik steht aktuell vor strukturellen Herausforderungen. Besonders auffällig sind die niedrigen Studierendenzahlen in den lehramtsbezogenen Informatikstudiengängen [WIS2013]. Dies erschwert die Entwicklung von Lehrkompetenzen in realistischen Szenarien und macht Kooperationen zwischen Hochschulen zunehmend attraktiv.

Zur Verbesserung dieser Situation wurde das Projekt GeLb-DIng Verbund der JGU, der UdS und der UzK ins Leben gerufen. Ziel ist es unter anderem, durch sogenannte Institutionelle Lehraufträge oder Gewährleistungsvereinbarungen eine nachhaltige, hochschulübergreifende Kooperation zu etablieren. Abb. 10.1 zeigt exemplarisch die Idee. Eine Institution (B) hat eine bereits ausgearbeitete Lehrveranstaltung im Programm. Diese kann zusätzlich für weitere Hochschulen (A und/oder C) angeboten werden. Die Studierenden aller drei Hochschulen besuchen die Veranstaltung und erhalten die entsprechenden Vergütungen (ECTS-Punkte) gemäß deren Richtlinien. Um räumliche Distanzen zu überbrücken, wird die Veranstaltung in hybrider Form angeboten. Für Übungsformate und Prüfungsformen werden geeignete Verfahren etabliert. Alle Teilnehmenden können einfach auf die notwendigen Materialien und die notwendige Infrastruktur

Anmerkung: Dieser Artikel wurde mit Formulierungshilfen von NotebookLM (notebooklm.google.com) erstellt.



**Abbildung 10.1**  
Idee des Institutionellen Lehrauftrags

zurückgreifen. Zusätzlich verpflichtet sich Institution B für mehrere Jahre, die Veranstaltung in dieser Form für die Hochschulen A und/oder C anzubieten. Es wird von der A und C quasi ein Lehrauftrag vergeben, allerdings nicht wie üblich an eine natürliche Person, sondern an eine Institution, daher Institutioneller Lehrauftrag oder kurz IL. Somit können an diesen Hochschulen explizite Studiengänge mit dem Modul geplant werden, ohne dass eigene Lehrverpflichtungen eingegangen werden müssen.

Im Rahmen des GeLb-DIng-Projekts wurde die beschriebene Möglichkeit in verschiedenen Varianten untersucht. Die technischen und inhaltlichen Aspekte wurden bereits in den vorangestellten Kapiteln behandelt. In diesem Kapitel werden die Herausforderungen bei der rechtlichen Umsetzung über den Projektzeitraum hinaus erläutert.

## Grundlagen und mögliche Umsetzungen

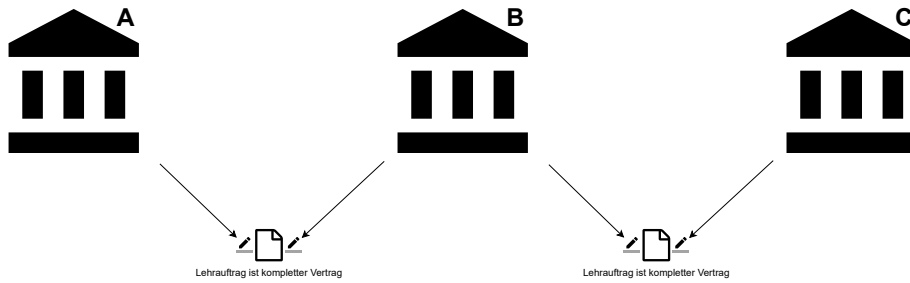
Die rechtlichen Rahmenbedingungen für Kooperationen im Hochschulbereich sind insbesondere durch den Studienakkreditierungsstaatsvertrag [KUL2016] sowie die zugehörige Musterrechtsverordnung [KUL2024] geregelt. Diese normativen Grundlagen ermöglichen flexible Lehrkooperationen, sofern diese durch entsprechende Akkreditierungs- und Qualitätsprozesse begleitet werden.

Die Hochschulrektorenkonferenz (HRK) betont in mehreren Stellungnahmen die Relevanz digitaler und kooperativer Lehrformen für die Zukunft universitärer Bildung [Hoc21], [Hoc22]. Besonders in der Bildung von Lehrpersonen spielt die überregionale Zusammenarbeit eine zunehmende Rolle.

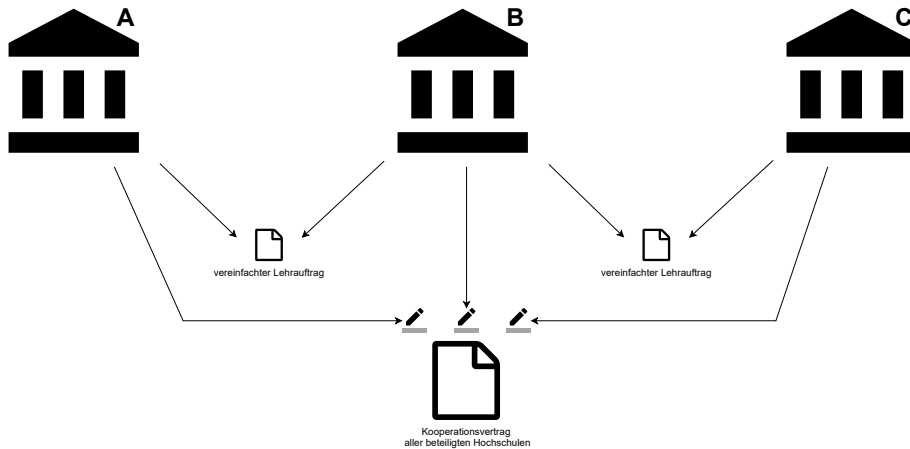
Ein IL bietet die Möglichkeit, dass eine Hochschule (IL-Importeur) einer anderen Hochschule (IL-Exporteur) eine Lehrveranstaltung überträgt. Studierende des IL-Importeurs können diese besuchen, wobei Organisation, Durchführung und Prüfung durch den IL-Exporteur erfolgen.

Die Umsetzung orientiert sich am Modell personengebundener Lehraufträge, ist jedoch institutionell gebunden und langfristig angelegt. Eine zentrale Rolle spielt dabei die Qualitätssicherung, die durch interne Verfahren und regelmäßigen Austausch zwischen den Partnerhochschulen gewährleistet wird [HOC2021]. Lehrkooperationen müssen durch entsprechende Akkreditierungs- und Qualitätsprozesse begleitet werden. Zusätzlich zu den inhaltlichen Fragen ist die Vergütung im Rahmen der Kapazitätsrechnung der jeweiligen Hochschule ein zentrales Thema. Eine finanzielle Beispielumsetzung konnte bisher nicht vorgeschlagen werden, da diese auf rechtliche Bedenken stößt.

Um die neuen Formate zu integrieren, müssen die ECTS-Punkte, Modulhandbücher und Prüfungsordnungen bei den Lehrimporteuren entsprechend angepasst werden. Für die Studierenden soll sich nach Möglichkeit kein separater Status ergeben, um den Verwaltungsaufwand möglichst gering zu halten. Der Status der Studierenden ist eine zentrale, noch zu klärende Frage. „Externe“ Studierende könnten als Zweithörer und Zweithörerinnen verortet werden, und es muss geklärt werden, ob durch das Angebot Studienplätze verloren gehen könnten. Die Lehre kann digital, in Präsenz oder hybrid erfolgen.



**Abbildung 10.2**  
IL-direkt: Lehraufträge werden direkt zwischen den beteiligten Lehrbereichen individuell von Fall zu Fall ausgehandelt.



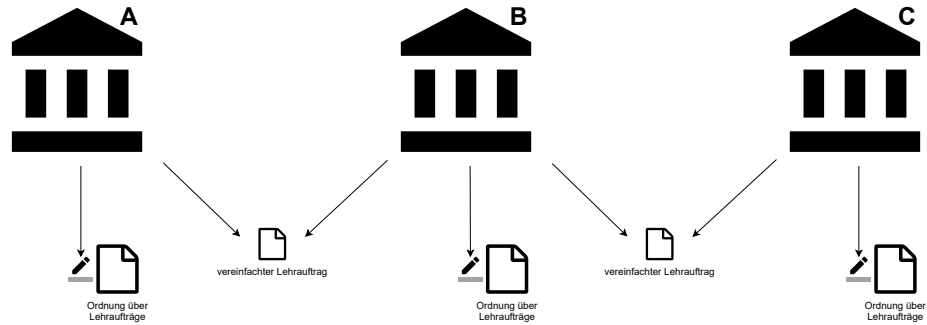
**Abbildung 10.3**  
IL-Kooperation: Lehraufträge werden grundsätzlich im Rahmen eines gemeinsamen Kooperationsvertrags ausgehandelt und im Detail zwischen den Lehrbereichen definiert.

Im Folgenden sind vier verschiedene Möglichkeiten einer vertraglichen Umsetzung dargestellt. Die Variante „IL-direkt“ (Abb. 10.2) ist am aufwändigsten, da für jeden Lehrauftrag alles individuell ausgehandelt werden muss und der Vertrag vom jeweiligen Präsidium freigegeben und unterschrieben werden muss. In Abb. 10.3 ist ein ähnliches Konzept wie in einem Kooperationsprojekt dargestellt. Es gibt einen Rahmenkooperationsvertrag, den alle beteiligten Hochschulen im Vorfeld unterschreiben. Auf dessen Grundlage dürfen die Lehrbereiche Lehraufträge vergeben. Der Vorteil liegt in der vereinfachten Handhabung. Nachteilig ist jedoch die initiale Kooperation zu sehen, da jede kooperierende Hochschule denselben Vertrag unterschreiben muss und ggf. neue Hochschulen demselben Vertrag zustimmen müssten.

Ein vielversprechender Ansatz zur Vereinfachung hochschulübergreifender Lehraufträge ist die Implementierung einer universitätsinternen Mustervorlage, beispielsweise in Form einer (Muster-)Satzung (vgl. Abb. 10.4). Diese Satzung würde die grundlegenden Rahmenbedingungen für die Vergabe und Annahme von institutionellen Lehraufträgen festlegen und den Verwaltungsaufwand erheblich reduzieren, sodass keine expliziten Kooperationsverträge notwendig sind. Zunächst müsste ein zuständiges Gremium innerhalb der Hochschule diese Rahmenvereinbarung abstimmen, bevor sie vom Präsidium offiziell verabschiedet und unterschrieben wird. Sobald diese übergeordnete Regelung etabliert ist, könnten Lehrbereiche direkt die Befugnis erhalten, Lehraufträge zu erteilen und anzunehmen. Dieser Ansatz ermöglicht eine vereinfachte Hand-

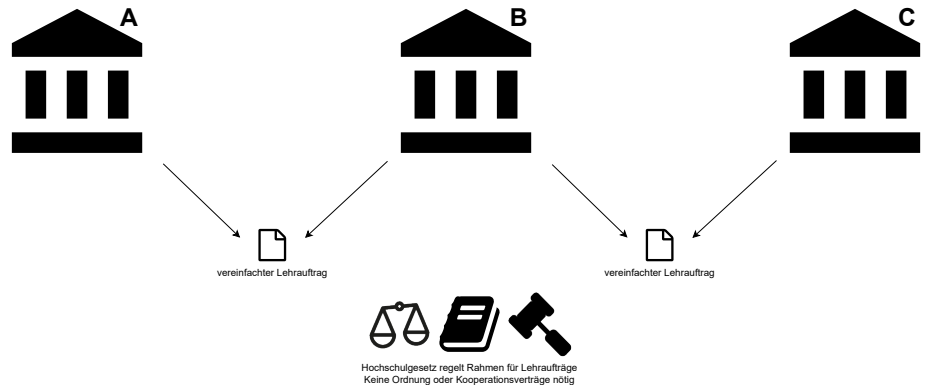
**Abbildung 10.4**

IL-Satzung: Jede Hochschule hat eine Satzung verabschiedet, die es den Lehrbereichen ermöglicht, Lehraufträge dieser Art unkompliziert mit anderen Hochschulen zu vereinbaren.



**Abbildung 10.5**

IL-Gesetz: Das Konzept wird in einem Hochschulgesetz aufgegriffen, sodass die Lehrbereiche Lehraufträge dieser Art unkompliziert an andere Hochschulen vergeben können.



In diesem Text wird ein **Lehrbereich** als kleinste Organisationseinheit, die für die Organisation der Lehre innerhalb einer Hochschule zuständig ist, definiert. Dies kann ein Institut, ein Fachbereich, ein Departement, eine Fakultät oder ähnliches sein, welches sich mit der konkreten Organisation der Lehre eines Fachgebiets beschäftigt. Die Organisation erfolgt nach den üblichen Verfahren dieser Lehrbereiche. Beispielsweise übernimmt Institut für Informatik an der Johannes Gutenberg-Universität Mainz die organisatorischen Aufgaben der Lehre für das Fach Informatik und den zugehörigen Studiengängen. Dies erfolgt ggf. mit übergeordneten oder kooperierenden Funktionseinheiten.

habung und vermeidet den aufwendigen Prozess individueller Vertragsverhandlungen für jeden einzelnen Lehrauftrag zwischen den Hochschulen.

Ein viertes Umsetzungsbeispiel ist in Abb. 10.5 zu sehen. Hierbei schreibt der Gesetzgeber auf Bundes- und/oder Landesebene die Vorgaben in einem Hochschulgesetz vor, sodass es auf Seiten der Hochschulen keiner expliziten vertraglichen Regelung bedarf. Lediglich die ILs müssen noch von den Lehrbereichen konkretisiert werden. Aufgrund der großen Hürden einer bundesweiten Gesetzgebung im Zusammenspiel mit den entsprechenden Landesgesetzgebungen wurde dieser Ansatz im Rahmen dieses Projekts als nicht realistisch angesehen.

Die Johannes-Gutenberg Universität hat vor einigen Jahren gemeinsam mit der Johann-Wolfgang-von-Goethe-Universität Frankfurt und der Technischen Universität Darmstadt den Verbund „RheinMain Universitäten“ gegründet. Ziel des Verbunds ist die Entwicklung gemeinsamer Lehrangebote und Forschungsk Kooperationen. Im Rahmen unseres Projekts haben wir die Entwicklungen in der Kooperation verfolgt, konnten jedoch keine konkreten Umsetzungspläne für unsere Ziele ableiten. Am 29. Oktober 2025 hat der Verbund eine Pressemeldung [RMU2025] zur aktuellen Zusage der Ministerien beider Länder herausgegeben, die Forschungsk Kooperationen weniger bürokratisch auszugestalten. Ein in Aussicht gestellter Länderstaatsvertrag zwischen Hessen und Rheinland-Pfalz soll zudem die Hochschulzugangsvoraussetzungen für alle drei Universitäten harmonisieren, um einen vereinfachten Lehraustausch zu ermöglichen. Dies ist ebenfalls noch nicht vergleichbar mit unseren Zielen, kann jedoch als Schritt in unsere Rich-

tung gewertet werden. Interessant ist dabei, dass es nicht abwegig ist, die politische Dimension bei der Umsetzung von länderübergreifenden Lehraustauschformaten mitzudenken. Für uns ist die Hürde in diesem Projekt zwar weiterhin sehr hoch, jedoch kann dies in Einzelstaatsverträgen vorangebracht und somit Stück für Stück erweitert werden. Dabei ist einerseits die Notwendigkeit und Sinnhaftigkeit von den Akteuren in den Instituten und Fachbereichen hervorzuheben, andererseits ist es notwendig, die Themen über die Hochschulleitungen politisch zu platzieren, sodass die bisher genannten Hürden in der Umsetzung einerseits praktisch und andererseits rechtlich bewältigt werden können.

## Muster-Lehrauftrag

Um die praktische Umsetzung von hochschulübergreifenden Lehrkooperationen zu erleichtern, ist ein konkreter Muster-Lehrauftrag unerlässlich, der die notwendigen Details für die Durchführung eines ILs festlegt. Dieser Lehrauftrag baut auf den zuvor beschriebenen universitätsinternen Rahmenbedingungen auf und präzisiert die Vereinbarungen zwischen den beteiligten Lehrbereichen. Ein solcher Muster-Lehrauftrag sollte folgende Kernpunkte enthalten:

- **Lehrauftragimporteur:** Der Lehrauftrag wird von diesem Lehrbereich der Hochschule erteilt, die Lehre importiert.
- **Lehrauftragexporteur:** Der Lehrauftrag wird von diesem Lehrbereich der Hochschule angenommen, die die Lehrveranstaltung anbietet und durchführt.
- **Vertragsnatur:** Obwohl es das Ziel ist, den Aufwand zu reduzieren, insbesondere durch universitätsinterne Satzungen oder Rahmenkooperationsverträge, stellt der spezifische Lehrauftrag für eine konkrete Veranstaltung letztlich eine bilaterale Vereinbarung zwischen den beteiligten Lehrbereichen dar, die auf den übergeordneten Rahmenbedingungen basiert. Die Variante, bei der „Lehraufträge direkt zwischen den beteiligten Lehrbereichen ausgehandelt“ werden, ist jedoch die aufwendigste Form. Vereinfachte Lehraufträge sind das Ziel.
- **Zeitraum:** Der institutionelle Lehrauftrag ist explizit als langfristige Vereinbarung angelegt, oft für einen Zeitraum von mehreren Jahren, um den Hochschulen Planungssicherheit zu geben und die Integration von Modulen in Studiengänge zu ermöglichen, ohne dass eigene Lehrverpflichtungen aufgebaut werden müssen.
- **Konkrete Veranstaltung:** Der Lehrauftrag muss die spezifische Lehrveranstaltung benennen. Dies umfasst den Titel, die Inhalte, die Anzahl der SWS, die entsprechenden ECTS-Punkte sowie die Zugehörigkeit zu einem Modul aus dem jeweiligen Modulhandbuch des IL-Importeurs.
- **Finanzierung:** Die Vergütung im Rahmen der Kapazitätsrechnung der jeweiligen Hochschulen ist ein zentrales und komplexes Thema. Der Muster-Lehrauftrag müsste die genauen Modalitäten der Abrechnung festlegen. Dies könnte umfassen, für welche Leistungen (z.B. Lehre, Prüfung, Bereitstellung von Infrastruktur) Geld fließt und ob dies basierend auf fixen Studierendenzahlen, einer Fallpauschale, einer allgemeinen Pauschale, einer Vorhaltepauschale (auch wenn keine Studierenden teilnehmen) oder einer anteiligen Vergütung für die Infrastruktur erfolgt. Es ist jedoch zu beachten, dass eine finanzielle Beispielumsetzung bisher nicht vorgeschlagen werden konnte, da dies auf rechtliche Bedenken stößt. Die Notwendigkeit einer Klärung der Möglichkeiten zur Vergütung der Lehrenden ist ebenfalls betont.

- **Modus der Veranstaltung:** Der Lehrauftrag sollte klar definieren, in welcher Form die Lehrveranstaltung stattfindet. Dies kann sowohl digital als auch in Präsenz und/oder wahlweise auch in Mischformen erfolgen, um räumliche Distanzen zu überbrücken und maximale Flexibilität zu gewährleisten.
- **Leistungsanerkennung:** Um den Verwaltungsaufwand für Studierende gering zu halten, sollte sich für sie nach Möglichkeit kein separater Status ergeben. Der Lehrauftrag muss die Mechanismen für die Anerkennung von Prüfungsleistungen und ECTS-Punkte an der importierenden Hochschule festlegen. Die Prüfungsleistungen müssen an der eigenen Hochschule der Studierenden anerkannt werden.
- **Prüfungsleistung und Abnahme der Prüfungsleistung nach Vereinbarung:** Dies muss explizit geregelt werden. Aus prüfungsrechtlicher Sicht gilt die Prüfungsordnung des jeweiligen Standorts, an dem die Prüfung abgelegt wird. Es müssen geeignete Verfahren für Prüfungsformen etabliert werden und in hohem Maß zwischen dem Importeur und Exporteur abgestimmt werden.
- **Zugänge zu den veranstaltungsrelevanten Ressourcen:** Der Lehrauftrag sollte sicherstellen, dass alle Teilnehmenden der kooperierenden Hochschulen einfach auf die notwendigen Materialien und die erforderliche Infrastruktur zurückgreifen können. Dies umfasst den Zugang zu Lernplattformen, digitalen Inhalten und gegebenenfalls physischen Ressourcen.

## Diskussion

Institutionelle Lehraufträge stellen ein vielversprechendes Instrument dar, um kleine Kohorten gemeinsam zu unterrichten und die Qualität universitärer Lehre zu sichern. Ihre Implementierung erfordert jedoch ein hohes Maß an Abstimmung in Bezug auf Prüfungsformate, administrative Abläufe und rechtliche Zuständigkeiten. Die datenschutzrechtliche Verantwortung muss ebenfalls geklärt werden, was an der JGU beispielsweise durch getrennte Verantwortlichkeiten gemäß DSGVO geregelt ist. Darüber hinaus ergeben sich weitere zentrale Diskussionspunkte und Herausforderungen bei der Umsetzung von institutionellen Lehraufträgen:

### Finanzierungsregelung und Kapazitätsrechnung

Ein besonders komplexes und zentrales Thema ist die Vergütung im Rahmen der Kapazitätsrechnung der jeweiligen Hochschulen. Ein Muster-Lehrauftrag müsste die genauen Modalitäten der Abrechnung festlegen. Denkbare Ansätze hierfür umfassen Leistungen wie Lehre, Prüfung und die Bereitstellung von Infrastruktur, die basierend auf fixen Studierendenzahlen, einer Fallpauschale, einer allgemeinen Pauschale, einer Vorhaltepauschale (auch wenn keine Studierenden teilnehmen) oder einer anteiligen Vergütung für die Infrastruktur erfolgen könnten.

Neben der konkreten Ausgestaltung einer Finanzierungsregelung bleibt auch der rechtliche Status der Lehre ungeklärt. Grundsätzlich ist die Lehrtätigkeit von Dozierenden durch deren Gehalt bzw. Vergütung bereits abgedeckt. Wird dieselbe Lehrveranstaltung jedoch standortübergreifend angeboten und zusätzlich von den beteiligten Standorten finanziert, entsteht eine potenzielle Mehrfachfinanzierung aus öffentlichen Mitteln. Damit stellt sich die grundsätzliche Frage, ob Lehrleistungen unter diesen Bedingungen im Rahmen bestehender finanzierungsrechtlicher Regelungen überhaupt erneut gegenüber externen Partnerinstitutionen abgerechnet werden dürfen.

Diese juristische Fragestellung konnte im Projektkontext nicht abschließend geklärt werden und erfordert eine weiterführende Diskussion.

### **Regelungsunterschiede zwischen den Bundesländern**

Da die Länder die Hoheit über die Hochschullehre haben, führt dies zu unterschiedlichen Regelungen und größeren Hürden bei der bundeslandübergreifenden Umsetzung von ILs. Obwohl normative Grundlagen wie der Studienakkreditierungsstaatsvertrag und die zugehörige Musterrechtsverordnung flexible Lehrkooperationen ermöglichen, sofern diese durch Akkreditierungs- und Qualitätsprozesse begleitet werden, können die spezifischen landesrechtlichen Vorgaben und Interpretationen die Umsetzung erschweren. Die untersuchten Varianten der vertraglichen Umsetzung – von der aufwendigen „IL-direkt“-Lösung mit individuellen Verhandlungen über Rahmenkooperationsverträge und universitätsinterne Satzungen (Muster-)Satzung bis hin zu einer möglichen Regelung über ein Hochschulgesetz – illustrieren die Notwendigkeit, einen praktikablen Weg durch diese heterogene Rechtslandschaft zu finden.

### **Verwaltungsakzeptanz versus praktische Fallstricke**

Die Idee der institutionellen Lehraufträge wird in den Verwaltungen prinzipiell begrüßt, da sie als strukturell und rechtlich tragfähige Möglichkeit zur Organisation hochschulübergreifender Lehre angesehen wird. Die Machbarkeit, auch aus rechtlicher Sicht, wird in der innovativen Notwendigkeit des Vorhabens begründet, insbesondere angesichts kleiner Studierendengruppen in vielen Fächern. Allerdings finden sich in der konkreten Umsetzung immer wieder Fallstricke und bürokratische Hindernisse, die eine einfache Lösung erschweren. Selbst bei den zunächst als einfachsten geltenden Verfahren, wie sie im Projekt erprobt wurden (Lehrveranstaltung wird von einem Standort geöffnet und Studierende anderer Standorte können teilnehmen), wird der hohe organisatorische Aufwand als Nachteil genannt. Das Ziel ist, vereinfachte Lehraufträge zu ermöglichen und den aufwendigen Prozess individueller Vertragsverhandlungen zu vermeiden.

### **Status der Studierenden ist noch nicht final geklärt**

Eine zentrale, noch zu klärende Frage betrifft den Status der Studierenden, die Lehrveranstaltungen über ILs an anderen Hochschulen besuchen. Es muss geklärt werden, ob „externe“ Studierende möglicherweise als Zweithörerinnen bzw. Zweithörer verortet werden könnten. Für die Studierenden soll sich nach Möglichkeit kein separater Status ergeben, um den Verwaltungsaufwand möglichst gering zu halten. Eng damit verbunden ist die wichtige Frage, ob durch das Angebot von ILs Studienplätze an der importierenden Hochschule verloren gehen könnten.

### **Prüfungsrechtliche Umsetzung bei Dozierendenabwesenheit**

Aus prüfungsrechtlicher Sicht gilt die Prüfungsordnung des jeweiligen Standorts, an dem die Prüfung abgelegt wird. Es müssen geeignete Verfahren für Prüfungsformen etabliert werden. Dies erfordert ein hohes Maß an Abstimmung in Bezug auf Prüfungsformate. Die Anerkennung von Prüfungsleistungen und ECTS-Punkte an der importierenden Hochschule muss im Muster-Lehrauftrag festgelegt werden. Die Rahmenbedingung, dass überall mit ECTS vergütete Module angeboten werden, sorgt – selbst auf internationaler europäischer Ebene – für eine gut machbare Vereinbarkeit.

## **Organisation von Übungsgruppen und Seminaren**

Alle Teilnehmenden sollen einfach auf die notwendigen Materialien und die erforderliche Infrastruktur zurückgreifen können. Dies umfasst den Zugang zu Lernplattformen und digitalen Inhalten. Die Details zur konkreten Organisation und Finanzierung von Übungsgruppen oder Seminaren (z.B. ob sie zentral vom Lehr-Exporteur gemanagt und vom Importeur bezahlt werden oder komplett durch den Importeur organisiert werden) sind noch nicht explizit ausgeführt.

## **Vermeidung überbordender Bürokratie**

Um den Verwaltungsaufwand auf Seiten der Präsidien und Verwaltungen zu minimieren, werden verschiedene Ansätze verfolgt. Die Variante „IL-direkt“, bei der jeder Lehrauftrag individuell ausgehandelt wird und vom Präsidium freigegeben und unterschrieben werden muss, ist als die aufwendigste Form identifiziert. Als vielversprechende Ansätze zur Vereinfachung gelten Rahmenkooperationsverträge und insbesondere die Implementierung einer universitätsinternen (Muster-)Satzung. Eine solche Satzung würde grundlegende Rahmenbedingungen festlegen und den Verwaltungsaufwand erheblich reduzieren, indem sie den Lehrbereichen die direkte Befugnis zur Vergabe und Annahme von Lehraufträgen auf Basis dieser übergeordneten Regelung ermöglicht. Ein Hochschulgesetz auf Bundes- oder Landesebene könnte ebenfalls die Notwendigkeit expliziter vertraglicher Regelungen auf Seiten der Hochschulen beseitigen.

## **Verwaltung der Studierenden und Ergebnisaustausch**

Um den Verwaltungsaufwand für Studierende gering zu halten, soll sich für sie nach Möglichkeit kein separater Status ergeben. Der Muster-Lehrauftrag muss Mechanismen für die Anerkennung von Prüfungsleistungen und ECTS-Punkte an der importierenden Hochschule festlegen, wobei die Prüfungsleistungen an der eigenen Hochschule der Studierenden anerkannt werden müssen. Die Kompatibilität von ECTS-Punkten sorgt für eine gut machbare Vereinbarkeit auf europäischer Ebene. Die Frage nach der Organisation der Studierendenverwaltung (Einschreibestatus, Ergebnisse) bleibt eine Herausforderung, insbesondere da die Lehre oft von den Lehrbereichen geregelt wird und nicht von der Verwaltung.

## **Weitere rechtliche Aspekte und Datenschutz**

Die rechtlichen Rahmenbedingungen für die Kooperation im Hochschulbereich sind insbesondere durch den Studienakkreditierungsstaatsvertrag sowie die zugehörige Musterrechtsverordnung geregelt, die flexible Lehrkooperationen ermöglichen. Neben der bereits erwähnten Klärung der datenschutzrechtlichen Verantwortung (z.B. durch getrennte Verantwortlichkeiten gemäß DSGVO an der JGU), erfordert die Implementierung von ILs ein hohes Maß an Abstimmung bezüglich rechtlicher Zuständigkeiten. Die Machbarkeit aus rechtlicher Sicht wird in der innovativen Notwendigkeit des Vorhabens begründet, wobei individuelle Punkte der Klärung bedürfen.

## **Wiederholungsprüfungen**

Da aus prüfungsrechtlicher Sicht die Prüfungsordnung des jeweiligen Standorts gilt, an dem die Prüfung abgelegt wird, würden die dortigen Regelungen für Wiederholungsprüfungen greifen. Es müssten geeignete Verfahren für alle Prüfungsformen etabliert werden. Die Abhaltung der Prü-

fung durch den IL-Exporteur muss auch sichergestellt werden, wenn keine die Lehrveranstaltung beim Exporteur an der eigenen Hochschule im aktuellen Semester stattfindet.

### **Vertragliche Nichterfüllung und vorzeitiger Ausstieg**

Institutionelle Lehraufträge sind explizit als langfristige Vereinbarungen angelegt, oft für einen Zeitraum von mehreren Jahren. Dies soll den Hochschulen Planungssicherheit geben und die Integration von Modulen in Studiengänge ermöglichen, ohne dass eigene Lehrverpflichtungen aufgebaut werden müssen. Die vorliegenden Quellen gehen jedoch nicht explizit auf die rechtlichen Konsequenzen ein, falls der Lehr-Exporteur die vertraglichen Lehrleistungen nicht erfüllt, vorzeitig aus der Verpflichtung aussteigen möchte oder der Importeur die Kooperation beenden will. Solche Szenarien müssten in den detaillierten Vereinbarungen des Muster-Lehrauftrags oder den übergeordneten Rahmenverträgen (z.B. Muster-Satzung) adressiert werden, um die langfristige Planungssicherheit zu gewährleisten.

### **Auswirkungen bei fehlenden Teilnehmenden**

Die Finanzierungsregelungen im Muster-Lehrauftrag könnten bereits die Möglichkeit einer Vorhaltepauschale (auch wenn keine Studierenden teilnehmen) vorsehen. Dies würde sicherstellen, dass die anbietende Hochschule auch bei geringer oder fehlender Nachfrage eine grundlegende Vergütung für die Bereitstellung des Lehrangebots erhält, wodurch das Risiko eines Ausfalls für den Exporteur abgedeckt wird.

### **Qualitätssicherung und Akkreditierung**

Lehrkooperationen müssen durch entsprechende Akkreditierungs- und Qualitätsprozesse begleitet werden. Die Qualitätssicherung spielt eine zentrale Rolle und wird durch interne Verfahren und regelmäßigen Austausch zwischen den Partnerhochschulen gewährleistet. ILs sollen dazu beitragen, die Qualität universitärer Lehre zu sichern.

### **Anpassung von Studienstrukturen**

Für die Integration der neuen Formate müssen ECTS-Punkte, Modulhandbücher und Prüfungsordnungen bei den Lehrimporteuren entsprechend angepasst werden. Die Prüfungsleistungen müssen an der eigenen Hochschule der Studierenden anerkannt werden.

### **Rolle digitaler und hybrider Lehrformate**

Die Hochschulrektorenkonferenz (HRK) betont die Relevanz digitaler und kooperativer Lehrformen für die Zukunft universitärer Bildung, insbesondere in der Bildung von Lehrpersonen [Kul24]. ILs können digital, in Präsenz und/oder in Mischformen erfolgen, um räumliche Distanzen zu überbrücken und maximale Flexibilität zu gewährleisten. Dies bietet Chancen, birgt aber auch Herausforderungen hinsichtlich technischer Infrastruktur und didaktischer Konzepte.

### **Langfristige Planungs- und Verpflichtungssicherheit**

ILs sind explizit als langfristige Vereinbarungen angelegt, oft für einen Zeitraum von mehreren Jahren. Dies soll den Hochschulen Planungs- und Verpflichtungssicherheit geben und die Integ-

ration von Modulen in Studiengänge ermöglichen, ohne dass eigene Lehrverpflichtungen aufgebaut werden müssen.

### **Zugang zu Ressourcen**

Es muss sichergestellt werden, dass alle Teilnehmenden der kooperierenden Hochschulen einfach auf notwendige Materialien und die erforderliche Infrastruktur (z.B. Lernplattformen, digitale Inhalte) zurückgreifen können.

### **Verknüpfung mit Microcredentials**

Das Konzept der Microcredentials, das von der Europäischen Union zur Förderung von lebenslangem Lernen und Beschäftigungsfähigkeit vorgeschlagen wurde [Eur24], könnte in Zukunft eine Rolle bei der Formalisierung und Anerkennung von Lernergebnissen spielen, die durch flexible Angebote wie ILs erzielt werden. Microcredentials bescheinigen Lernergebnisse kurzfristiger Lernerfahrungen, wie etwa eines kurzen Kurses oder einer Schulung. Sie sind darauf ausgelegt, spezifische Kenntnisse, Fertigkeiten und Kompetenzen zu vermitteln. Sie können flexibel genutzt und von Lehrenden bedarfsgerecht erstellt und aktualisiert werden, was den individuellen, zielgerichteten Erwerb relevanten Wissens ermöglicht, der dann nachgewiesen werden kann. Microcredentials können zu einer größeren Zertifizierung kombiniert werden („Stacking“). Sie können zudem zu einer offeneren und inklusiveren Bildung beitragen. Dies zeigt eine allgemeine Tendenz zu einer stärkeren Modularisierung und Anerkennung kleinerer Lerneinheiten, was das Potenzial von ILs für eine flexiblere und inklusivere Bildung weiter unterstreichen könnte. Microcredentials können als ein möglicher zukünftiger oder paralleler Entwicklungsstrang im Kontext flexibler Bildungsangebote betrachtet werden.

## **Fazit**

Institutionelle Lehraufträge bieten eine strukturell und rechtlich tragfähige Möglichkeit, die universitäre Lehre hochschulübergreifend zu organisieren. Sie adressieren aktuelle Herausforderungen in kleinen Studiengängen und schaffen die Grundlage für langfristige Kooperationen im Sinne der Qualitätsentwicklung und Ressourcenteilung. Die rechtliche Absicherung durch Musterverordnungen und europäische Standards wie das ECTS-System machen sie zu einem zukunftsfähigen Modell hochschulübergreifender Zusammenarbeit.

## **Literatur**

[EUR2024] European Education Area „Ein europäischer Ansatz für Microcredentials“ <https://education.ec.europa.eu/de/education-levels/higher-education/micro-credentials>, 2024

[HOC2021] Hochschulrektorenkonferenz (HRK) „Digitale Hochschule: Herausforderungen und Kooperationsmöglichkeiten“ <https://www.hrk.de/positionen/beschluss/detail/digitale-hochschule-herausforderungen-und-kooperationsmoeglichkeiten/>, 2021

[HOC2022] Hochschulrektorenkonferenz (HRK) „Lehrer:innenbildung in einer digitalen Welt“ [https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-01-Beschluesse/2022-03-22\\_HRK-S-Entschliessung\\_Digitalisierung\\_Lehrerbildung.pdf](https://www.hrk.de/fileadmin/redaktion/hrk/02-Dokumente/02-01-Beschluesse/2022-03-22_HRK-S-Entschliessung_Digitalisierung_Lehrerbildung.pdf), 2022

[KUL2016] Kultusministerkonferenz (KMK) „Studienakkreditierungsstaatsvertrag“ [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2016/2016\\_12\\_08-Studienakkreditierungsstaatsvertrag.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2016/2016_12_08-Studienakkreditierungsstaatsvertrag.pdf), 2016

[KUL2024] Kultusministerkonferenz (KMK) „Musterrechtsverordnung gemäß Artikel 4 Absatz 1 des Studienakkreditierungsstaatsvertrags“ [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2024/2024\\_11\\_21-Musterrechtsverordnung.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2024/2024_11_21-Musterrechtsverordnung.pdf), 2024

[RMU2025] Rhein-Main-Universitäten „Hessen und Rheinland-Pfalz stärken mit Verwaltungsabkommen die Allianz der Rhein-Main-Universitäten.“ <https://www.rhein-main-universitaeten.de/news/hessen-und-rheinland-pfalz-staerken-mit-verwaltungsabkommen-die-rmu-allianz>, 2025

[WIS2013] Wissenschaftsrat „Empfehlungen zur Weiterentwicklung des Hochschulsystems des Saarlandes“ [https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/3649-14.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=1](https://www.wissenschaftsrat.de/download/archiv/3649-14.pdf?__blob=publicationFile&v=1), 2013



# 11 – Netz-Ding

Das Projekt GeLb-Ding hat nicht nur zum Ziel, Studierende des Lehramts Informatik regional sowie bundeslandübergreifend zusammenzubringen, sondern darüber hinaus auch Expertisen lokal zu identifizieren und überregional zu bündeln. Akteurinnen und Akteure der Informatikdidaktik, darunter Lehrpersonen aller Schulformen, Personen aus der Wissenschaft aber auch Studierende weiterer Gruppen, müssen dazu an einem zentralen digitalen Ort zusammengeführt werden.

Soziale Netzwerke, wie Facebook, X (ehemals Twitter) oder LinkedIn – um hier nur die wohl bekanntesten Vertreter zu nennen – leisten einerseits Funktionen, mit denen viele der im folgenden Abschnitt aufgeschlüsselten Teilziele erreicht werden können. Andererseits sind die genannten Systeme und deren Verwandte (aus der Natur der Sache heraus und vollkommen zurecht) nicht auf eine besondere Gruppe von Personen spezialisiert, sondern richten sich an ein breites Spektrum von Nutzerinnen und Nutzern diverser Interessen und Absichten. Content-Management-Systeme (CMS) ermöglichen die zentrale Verteilung von Informationen und Materialien an einen öffentlichen oder auch spezialisierten Personenkreis. Zu den bekanntesten zählen unter anderem Typo3, Wordpress, Drupal und, insbesondere im Bereich der Bildung, Moodle. Auch ein Wiki kann als einfaches CMS betrachtet werden. Eine große Reichweite der Materialien kann durch deren Veröffentlichung als Open Educational Resources (kurz: OER) gefördert werden.

Als Desideratum ergibt sich daraus eine Vernetzungsplattform, die Aspekte sozialer Netzwerke sowie typischer CMS – spezialisiert auf den Personenkreis der Akteurinnen und Akteure im Bereich der Informatikdidaktik – implementiert. Als Prototyp fungiert dazu das Vorhaben Netz-Ding, dessen Anforderungen im nachfolgenden Abschnitt genauer spezifiziert werden. Der Name ergibt sich als Ableitung aus dem Projektnamen GeLb-Ding.

## Anforderungen

Die grundlegenden Anforderungen an die Vernetzungsplattform Netz-Ding ergeben sich direkt und in weiterer Folge aus Zielen des Projektvorhabens GeLb-Ding. Das Hauptaugenmerk der Plattform liegt auf dem gezielten Zusammenbringen von Akteurinnen und Akteuren der Informatikdidaktik an einem zentralen digitalen Ort. Dazu muss die Plattform jedem Nutzer ein persönliches, öffentliches Profil zur Verfügung stellen, über das sich Personen gegenseitig identifizieren können. Über dieses Profil muss es möglich sein, so wie es aus geläufigen sozialen Netzwerken bekannt ist, Kontakt mit Personen aufnehmen zu können. Das geschieht in der Regel über private

Direktnachrichten. Darüber hinaus ist es als essenziell anzusehen, Teilgruppen, die gemeinsame Interessen vertreten, einen Raum zum Austausch zu geben. Die Plattform muss also Features zum Anlegen von und Beitreten zu Gruppen bereitstellen, innerhalb derer auf Gruppenebene kommuniziert werden kann. Beiträge von Personen, Gruppen oder auch Themen, gekennzeichnet beispielsweise durch Hashtags/Keywords, müssen außerdem abonniert werden können. Darunter ist zu verstehen, dass Nutzerinnen und Nutzer eine Benachrichtigung darüber erhalten, wenn entsprechende Beiträge veröffentlicht werden. Zusätzlich ist eine öffentliche Nachrichtenebene erforderlich, über die Beiträge der Plattformbetreiberinnen und -betreiber, derzeit das Projektteam, verbreitet werden können. Beispiele für solche Beiträge von allgemeinem Interesse wären News, die die Schulinformatik in Deutschland betreffen – im Saarland beispielsweise wurde zum Schuljahr 2023/24, in Rheinland-Pfalz zum Schuljahr 2025/26 zunächst für Pilotschulen, ab 2028/29 flächendeckend das Pflichtfach Informatik eingeführt –, Good Practice Beispiele, Ankündigungen von öffentlichen Netzwerktagungen, etc. Verortet werden solche Nachrichten üblicherweise auf einer Landing Page und stellen gleichzeitig insbesondere zum Start der Plattform ein Werkzeug zur Motivation von Nutzerinnen und Nutzern zur Anmeldung auf der Plattform dar.

Ein weiteres Ziel des Projekts ist die Lokalisierung und Bündelung von Expertise. Die Vernetzungsplattform Netz-Ding kann bei diesem Ziel unterstützen. Nutzerinnen und Nutzer müssen dazu die Möglichkeit haben, Informationen in ihrem Profil anzugeben. Dazu gehören neben ihren persönlichen Informationen, wie z. B. Name und Alter auch Informationen zur Dienststelle (z. B. die Universität oder die Schule, an der sie arbeiten), die Stellenbezeichnung (Lehrer, Professor, wiss. Mitarbeiter, Studierende, etc.) oder auch das Bundesland, aus dem sie stammen. Mit diesen und weiteren Informationen, das Einverständnis der Nutzerinnen und Nutzer vorausgesetzt, können statistische Auswertungen erfolgen, beispielsweise Untersuchungen, an welchen Universitäten Lehramt Informatik studiert werden kann, wo Hotspots für Expertise in der Informatikdidaktik sind oder wie viele Schulen Informatik als Schulfach anbieten – Bedingung für zuverlässige Auswertungen ist dabei natürlich eine flächendeckende Etablierung der Plattform. Um Sichtbarkeit zu fördern, sollen auch Institute die Möglichkeit erhalten, ein Profil auf der Plattform anzulegen, sodass Mitteilungen, News, etc. über entsprechende private oder öffentliche Kanäle verteilt werden können. Die Möglichkeit Lehrmaterialien für den Informatikunterricht und das Informatikstudium als OER oder aber auch Paper oder sonstige Publikationen auf der Plattform – sofern individuell in Einklang zu bringen mit Verlagen bzw. dort angesiedelten Publikationsplattformen, wie z. B. Springerlink des Verlags Springer – vervollständigt die zentrale Zusammenführung von Expertenwissen im Bereich der Informatikdidaktik. Analog zu Gruppen und Themen, wie oben beschrieben, ist es auch notwendig, dass diese Materialien mit einer Stichwortsuche kategorisiert werden können, sodass gezielt Materialien oder Publikationen für bestimmte Klassenstufen oder bestimmten Themen von den Nutzerinnen und Nutzern gefunden werden können.

Die Hürde zur Registrierung auf einer weiteren Plattform muss ferner durch eine Authentifizierung über (Hoch-) Schulmailadressen oder ähnliche Dienstadressen im Vergleich zum aktiven Anlegen eines Accounts gesenkt werden, sodass potenziell interessierten Nutzerinnen und Nutzern möglichst wenige organisatorisch-formale Hindernisse im Weg stehen. Mit diesem Ziel verbunden sind auch Barrierefreiheit und allgemeine Benutzerfreundlichkeit. Abschließend muss sichergestellt werden, dass die Plattform alle rechtlichen und formalen Anforderungen, wie z. B. DSGVO-Konformität, einhält.

Die Ziele der Plattform sind in Anlehnung an die MoSCoW-Methode aus der Softwareentwicklung hinsichtlich ihrer Priorisierung kategorisiert worden. Alle bisher genannten Ziele sind als „Must-Have“-Features anzusehen. Ein publizierbarer Prototyp der Plattform muss damit allen diesen Anforderungen genügen. Es sind noch weitere Features denkbar, diese fallen jedoch in die Kategorie von solchen Features, die entweder wünschenswert, aber für einen ersten Prototypen nicht absolut notwendig sind („Should-Have“) oder zunächst einmal für die Plattform nicht benötigt werden, aber in Zukunft eine nützliche Erweiterung darstellen („Could-Have“ bzw. „Would-Have“).

Zu den Should-Have Features gehört demnach mit Hinblick auf das Ziel des detaillierten Monitorings der Informatikdidaktik in Deutschland auch eine Verknüpfung mit dem Informatik Monitor der Gesellschaft für Informatik e. V. [aktuell: <https://informatik-monitor.de/2024-25>]. Weiter sollten von Nutzerinnen und Nutzern hochgeladene Materialien über eine Datenbank zentral verwaltbar und verfügbar sein. Es wäre außerdem zielführend, bestimmte Bereiche der Plattform nur einem geschlossenen Personenkreis zugänglich zu machen. Hier könnte es sich beispielsweise um Bereiche handeln, die von einer Gruppe oder Institution noch im Aufbau sind oder die Materialien enthalten, die von ausgewählten Personen vor der Veröffentlichung noch begutachtet werden. Allgemein kann unterschieden werden zwischen Bereichen, die der Öffentlichkeit zugänglich gemacht werden, um für die Informatikdidaktik repräsentative Inhalte zu publizieren und solchen Bereichen, die nur für die eigentliche Community eine Umgebung beispielsweise für den fachlichen Diskurs bieten.

Abschließend gibt es weitere Features, deren Bearbeitung zunächst auf einen späteren Zeitpunkt gelegt werden kann. Dazu zählt beispielsweise die Ergänzung von weiteren üblichen Mechanismen sozialer Netzwerke, wie Freundschaften zwischen Nutzerinnen und Nutzern, eine Kommentarfunktion für veröffentlichte Materialien oder die Verknüpfung mit anderen Plattformen, wie z. B. LinkedIn, X, ResearchGate etc. Damit kann der Aspekt der Vernetzung der Akteurinnen und Akteure der Informatikdidaktik weiter ausgebaut werden. Die statistische Auswertung von persönlichen Angaben im Sinne des Monitoring-Vorhabens z. B. in Form von geographischen Heatmaps zur Darstellung von Hotspots bzw. Lücken der deutschen Informatikdidaktik, könnte automatisiert durchgeführt werden. In Kombination mit einer Kommentarfunktion für Materialien wäre in weiterer Folge auch ein Versionierungssystem für solche sinnvoll, sodass Ergebnisse aus Diskussionen im Kommentarbereich in die Materialien aufgenommen werden können. Zur Qualitätssicherung könnten Nutzerinnen und Nutzer in Form eines Evaluationsbereichs die Möglichkeit erhalten, konstruktiv durch Feedback die Gestaltung der Plattform zu beeinflussen.

## Verwandte Arbeiten

Aus Erfahrungsberichten im Austausch mit anderen Projekten mit ähnlichem Vorhaben ergeben sich einige grundlegende Entscheidungen für die Plattform Netz-Ding. Zunächst ist festzustellen, dass die Beauftragung eines externen Dienstleisters die Erstellung und Wartung der Plattform einerseits Expertinnen und Experten überlässt und damit einhergehend eigene personelle Ressourcen – im Austausch gegen finanzielle – schont. Ferner werden rechtliche Aspekte, beispielsweise DSGVO-Konformität, ebenfalls von Expertinnen und Experten auf diesem Gebiet übernommen. Andererseits sind jedoch Einschränkungen in der Freiheit des Aufbaus und der Gestaltung der

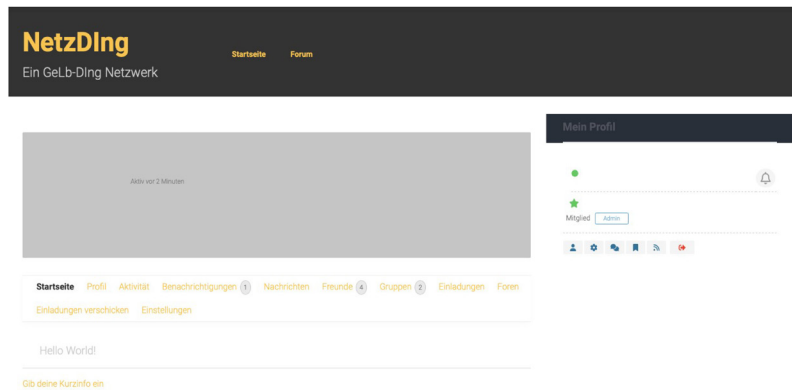
Website sowie längere Wege für Änderungen an der Seite zu erwarten. Die langfristige Aufrechterhaltung einer extern in Auftrag gegebenen Plattform über die Projektzeit hinaus erweist sich aus finanzieller Sicht schwierig. Der Login auf Plattformen mit ähnlichen Angeboten läuft in vielen Fällen über Shibboleth, den laut eigenen Angaben führenden Identitätsprovider [<https://www.shibboleth.net>]. Nutzerinnen und Nutzer benötigen für den Login keinen separaten Account. Die Authentifizierung erfolgt direkt über Institutsadressen. Kurzbeiträge, wie sie von X oder Instagram bekannt sind bieten Nutzerinnen und Nutzern eine sehr niedrigschwellige Möglichkeit zur Erstellung von Inhalten. Dennoch geht aus der Erfahrung hervor, dass dennoch Contentkonsum der Contentcreation anteilig betrachtet vorausgeht. Es gilt Incentives zu schaffen, die Nutzerinnen und Nutzer zur aktiven Nutzung der Plattform anregen und diese durch Multiplikatoren – üblicherweise sind das die Nutzerinnen und Nutzer selbst – in die zu verbreiten.

Im Saarland wurde im Frühjahr 2020 die Plattform Online Schule Saar (kurz: OSS) eingeführt [[https://www.saarland.de/mbk/DE/schwerpunktthemen/digitale\\_bildung\\_saarland/online-schule-saarland](https://www.saarland.de/mbk/DE/schwerpunktthemen/digitale_bildung_saarland/online-schule-saarland)]. Es handelt sich dabei im Kern um ein Moodle-basiertes Learning Management System (kurz: LMS), über das saarländische Lehrerinnen und Lehrer sowie Schülerinnen und Schüler kommunizieren und Materialien austauschen können. Zum System gehören darüber hinaus eine Datei Cloud, ein Online-Dienst für Lernmedien sowie ein Mail-Dienst für alle saarländischen Lehrerinnen und Lehrer. Die gesamte Plattform arbeitet datenschutzkonform sowie rechtssicher und wird im Saarland gehostet. OSS hat sich zu einem zentralen Bestandteil innerhalb der saarländischen Bildung etabliert. Als Multiplikatoren fungieren zahlreiche saarländische Lehrerinnen und Lehrer.

## Ergebnis

Unter den etablierten und eingangs genannten Systemen stellt sich Wordpress als ein zielführendes System für die Implementierung von Netz-Ding heraus. Wordpress ist mit 43% Marktanteil mit Abstand das am meisten genutzte CMS-System aller Webseiten weltweit [<https://de.statista.com/statistik/daten/studie/320685/umfrage/nutzungsanteil-der-content-management-systeme-cms-weltweit/>]. Das CMS ist freie Software und sticht durch seine Einfachheit in der Benutzung bei einem gleichzeitig umfangreichen Angebot an externen Plugins zur Erweiterung der Funktionalität aus der Menge heraus. Die Plattform wird während der Entwicklungszeit auf Servern der Fachrichtung Informatik der Universität des Saarlandes gehostet. Die Einrichtung eines Serverbereichs sowie die Installation des CMS wird universitätsinternen Expertinnen und Experten überlassen. Die Grundinstallation wird anschließend durch die Plugins BuddyPress (aktuell Version 14.3.4) und wpForo Forum (aktuell Version 2.4.8) erweitert.

BuddyPress [<https://de.wordpress.org/plugins/buddypress/>] ist ein kostenloses Plugin, das Wordpress-Instanzen um Funktionalitäten sozialer Netzwerke erweitert. Alle Nutzerinnen und Nutzer erhalten ein persönliches Profil (vgl. Abbildung 11.1), in dem verschiedene persönliche Informationen abgelegt werden können. Im Prototyp werden neben Namen der Benutzerinnen und Benutzer auch Bundesland, Zugehörigkeit zu einer (Hoch-) Schule oder anderen Institution inkl. der dortigen Art von Stelle sowie eine dienstliche Mail-Adresse erhoben. Ein Profilbild ist optional. Registrierte Nutzerinnen und Nutzer können sich untereinander private Nachrichten schicken und miteinander befreundet sein, um gegenseitig Aktivitäten auf der Plattform zu verfolgen.



**Abbildung 11.1**  
Ausschnitt der Websiteoberfläche, Persönliches Profil

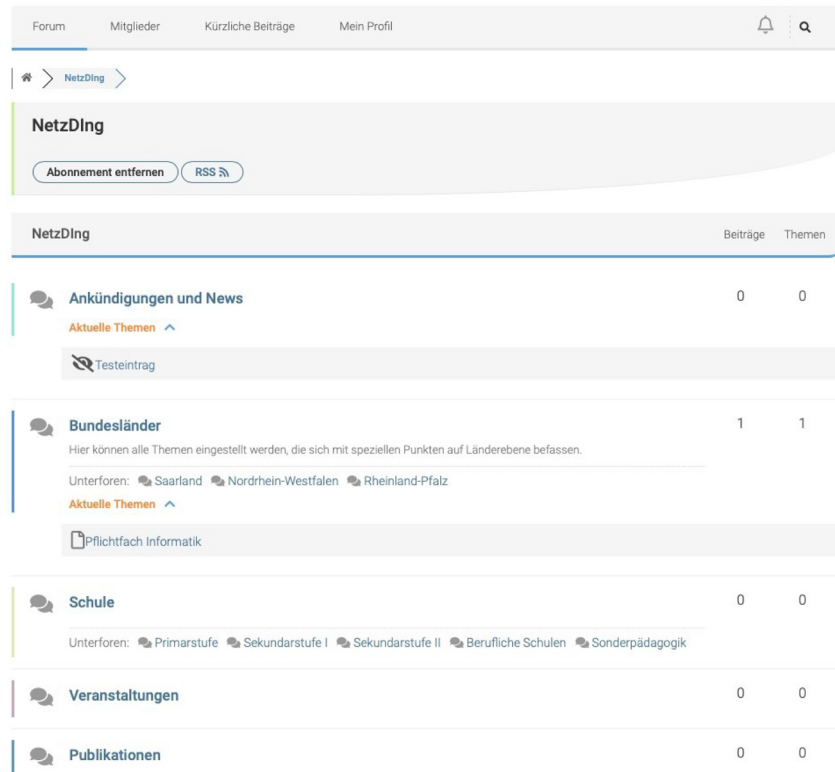
Ferner können Gruppen gebildet werden (wahlweise von Accounts mit Admin-Rechten oder nach entsprechender Freischaltung auch selbstständig von allen Nutzerinnen und Nutzern). Sofern als Einstellung ausgewählt, erhalten die Nutzerinnen und Nutzer auch Benachrichtigungen über neue Aktivitäten.

Mit dem Plugin wpForo Forum [<https://de.wordpress.org/plugins/wpforo/>] wurde zusätzlich ein Forum erstellt, in dem Nutzerinnen und Nutzer Beiträge erstellen können, die öffentlich eingesehen werden können. Das Forum wurde vorstrukturiert, sodass es eigene Bereiche für länderspezifische Fragen und Neuigkeiten, einen Bereich der sich mit schulpraktischen Themen, aufgeteilt nach Schulformen, sowie Bereiche für Veranstaltungen und Publikationen der Informatikdidaktik gibt (vgl. Abbildung 11.2). Weitere Kategorien können jederzeit ergänzt werden. In einem Bereich für Ankündigungen und News können Inhalte eingestellt werden, die nur von internen Personen, zum Zeitpunkt der Entwicklung sind das die Projektmitglieder, erstellt und bearbeitet werden können. Beiträge im Forum können abonniert und über Antworten im entsprechenden Thread kommentiert werden, auch ein Abonnement über RSS ist möglich – das stellt kein ursprüngliches Ziel dar, ist jedoch für viele Nutzerinnen und Nutzer ein im Allgemeinen die Benutzerfreundlichkeit förderndes Feature. Beiträge können auch privat eingestellt werden, sodass nur „Freunde“ diese einsehen können. Das ermöglicht den Nutzerinnen und Nutzern Beiträge vor der Öffentlichkeit zu verbergen.

Das Forum bietet außerdem die Möglichkeit des Dateiuploads. Einschränkungen, welche Dateiformate hochgeladen werden können, sind möglich. Der Upload von Dateien ist grundsätzlich allen registrierten Nutzerinnen und Nutzern erlaubt. Alternativ können Dateien – wie z. B. ein Lebenslauf, eine Publikationsliste o. Ä. – auch im Profil hochgeladen werden. Sollen mehrere Dateien zur Verfügung gestellt werden, sind entweder im Vorfeld mehrere Felder von Seiten der Plattformadministration anzulegen oder Dateien müssen in einem gepackten Format (.zip, .rar, etc.) eingestellt werden.

Zur Erfüllung von Anforderungen an den Datenschutz sind insbesondere verwendete Plugins sowie Schriftarten zu prüfen. Probleme, die durch die Verwendung von Google Fonts entstehen, können beispielsweise durch das Plugin OMGF [<https://de.wordpress.org/plugins/host-webfonts-local/>] behoben werden. Zur DSGVO-konformen Verwendung von Cookies ist die Zustimmung der Nutzerinnen und Nutzer einzuholen. Auch hierfür gibt es Plugins für Wordpress, z. B. Real Cookie Banner [<https://de.wordpress.org/plugins/real-cookie-banner/>].

**Abbildung 11.2**  
Aufbau der Landing-Page des  
Forumbereichs



Logins können standardmäßig individuell vergeben werden oder von Nutzerinnen und Nutzern über einen Registrierungsdialog selbst erstellt werden. Ein Plugin zur Verwendung von Shibboleth-Logins ist über die Plugin-Sammlung verfügbar [<https://wordpress.org/plugins/shibboleth/>], zum Stand der Entwicklung jedoch noch nicht in die Plattform integriert und dementsprechend nicht getestet. Da zudem initiale Inhalte für die Plattform fehlen und offene Fragen hinsichtlich des Betriebes und insbesondere der Wartung, auch über den Projektzeitraum hinaus, sowie hinsichtlich der Moderation von Inhalten (sowohl Textnachrichten als auch Dateiuploads) bestehen, ist der Prototyp zum Projektende nicht verfügbar.

## Diskussion

Zu den Hürden bei der Entwicklung der Plattform zählten unter anderem Fragen, die die Moderation und Wartung der Website, insbesondere nach Projektende, betreffen. Neben der regelmäßigen Einstellung von Inhalten zur Aufrechterhaltung der Webseite müssen Spam sowie rechtlich bedenkliche Inhalte von den Plattformbetreibenden kuratiert werden. Diese Kontrolle von Inhalten, die von Nutzerinnen und Nutzern eingestellt werden, ist zeit- und personalintensiv. Ein alternativer Ansatz über die Beauftragung eines externen Dienstleistungsunternehmens könnte hier – sofern im jeweiligen Modell vorgesehen – Abhilfe schaffen. Spezifisch zur Kontrolle von Spam werden diverse Plugins für Wordpress angeboten, beispielsweise Akismet Anti-Spam: Spam

Protection [<https://de.wordpress.org/plugins/akismet/>] oder als kostenfreie und datenschutzkonforme Variante Antispam Bee [<https://wordpress.org/plugins/antispam-bee/>].

Aus Erfahrungsberichten ergibt sich, dass wesentlich mehr Content konsumiert statt erstellt wird. Dieser Eindruck deckt sich mit persönlichen Erfahrungen und ist als Ein-Prozent-Regel oder auch als 90-9-1 %-Regel bekannt [<https://www.nngroup.com/articles/participation-inequality/>]. Die Regel beschreibt, dass, zugespitzt gesprochen, nur 1 % der Nutzerinnen und Nutzer einer großen Online-Plattform auch tatsächlich Inhalte verfassen. Die übrigen 99 % seien sog. „Lurker“, also Personen, die sich zwar Inhalte anschauen, selbst aber nicht aktiv werden. Diese Beobachtung lässt sich wohl auch auf die hier dargestellte Plattform übertragen. Daher ist es zur Akquise und Bindung von Nutzerinnen und Nutzern wichtig, interessante Inhalte von Anfang an und stetig zur Verfügung zu stellen. Das Fehlen solcher initialen Inhalte ist mit Grund für den verpassten Start der Plattform für Öffentlichkeit.

Die Ziele der Plattform decken sich jedoch weiterhin mit Zielen des Projekts GeLb-Ding. Aus diesem Grund wird ein alternativer Ansatz im kleineren Rahmen angestrebt. Dazu ist eine Kooperation mit OSS angefragt. Neben der grundsätzlichen Umsetzbarkeit einer derartigen Sparte auf der Plattform OSS ist die Öffnung für nicht in der saarländischen Bildung Beteiligte Akteurinnen und Akteure ein noch offenes Problem.

## Fazit

Im Rahmen des Projekts GeLb-Ding wurde eine Plattform angestrebt, die Akteurinnen und Akteure der Informatikdidaktik in Deutschland an einem digitalen Ort bündelt. Eine prototypische Umsetzung erfolgte in Form einer Wordpress-Instanz mit Plugins, die neben den üblichen CMS-Features von Wordpress zusätzlich Aspekte eines sozialen Netzwerks mit dem Ziel der Vernetzung von Nutzerinnen und Nutzern implementieren. Ein final veröffentlichbares Produkt konnte unter anderem aufgrund von fehlenden Inhalten und dadurch schlechtem Konzept zur Nutzerinnen- und Nutzerakquise nicht erstellt werden. Die prototypische Untersuchung hat jedoch gezeigt, dass grundlegende Funktionalitäten einer solchen Plattform mit frei zur Verfügung stehenden Software-Möglichkeiten umsetzbar sind. Das Vorhaben der Plattform lässt sich auf weitere Kontexte übertragen, in denen Personen mit spezifischen Interessen, wie hier die Schul-informatik bzw. Informatikdidaktik, an einem Ort zusammengebracht werden sollen. Die digitale Umsetzung eines solchen Orts bietet Potenzial zur einfachen überregionalen Vernetzung und damit inhärentes Potenzial zur Stärkung „kleiner“ Interessensgruppierungen.



# 12 – Spezifische Bedarfe sonderpädagogischer Förderung – Für ein Primat des Verstehens

Die Stoffdidaktik der Informatik im Hinblick auf sonderpädagogische Förderbedarfe steht erst am Anfang. Ein wichtiges Thema ist die Behandlung von natürlichen Zahlen als algorithmische Konstruktionen, die von der Zahl Null ausgehend gleichmäßig immer um eins größer werden. Die Übersichtlichkeit, wo genau man sich im dadurch erzeugten Zahlenraum befindet, geht jedoch schnell verloren. Hier kommt die Idee ‚Stellenwertsystem‘ ins Spiel. Sie gilt als besonders anspruchsvoll. Die heute gängige dezimale Zahlschrift ist eine hochgradig komprimierte, formal-symbolische Notationsform für Zahlen. Zugänge zu schaffen, die die Funktionsweise des Stellenwertsystems verstehen lassen, ist eine große Herausforderung. Der gezielte Einsatz von Embodiment, also reale Welten zu kreieren, in denen Zahlen geeignet verkörpert werden und Rechnungen durchgeführt werden können, bietet vielfältige Möglichkeiten, verstehensorientiertes Lernen zu fördern. Aufgezeigt wird ein Weg, der von ersten Anfängen der Beschäftigung mit kleinen Zahlräumen über Stellenwertsystem-Ideen, dabei auch Einbezug unterschiedlicher Basen, bis hin zur Behandlung der Äthiopischen Multiplikation führt. Erforderlich ist dabei die Stärkung des funktional-logischen Denkens, da das Verstehen von Zahlen, ihren Darstellungen und daran geknüpften Rechnungen wesentlich auf ihm beruht.

## Einführung

In der informatischen Bildung von Schülerinnen und Schülern mit sonderpädagogischen Förderbedarfen zeigen sich spezifische Bedarfe vor allem in den Bereichen kognitiver Adaption, sprachlicher Unterstützung, motorischer Zugänglichkeit, emotional-sozialer Begleitung sowie in der Gestaltung adaptiver Lernumgebungen (s. z. B. [BOO2011]; [FLO2014]). Für einen inklusiven Zugang sind mehrkanalige didaktische Arrangements, visuelle, auditive und haptische Lernmaterialien wie auch strukturierende und individualisierte Lernsettings essenziell (s. z. B. [KRE2010]).

Von zentraler Bedeutung ist dabei die kognitiv-sinnliche Zugänglichkeit informatischer Inhalte – insbesondere bei Begriffsbildungs- und Verstehensprozessen. Formale Symbolik und Abstraktion allein genügen nicht, um Lernprozesse in der Informatik und der damit einhergehenden Mathematik tragfähig zu gestalten (s. z. B. [BRU1965]; [LAK2000]). Es bedarf lernförderlicher

Erfahrungsräume, die kognitiv anregend und sinnlich erfahrbar gestaltet sind und, fachdidaktisch reflektiert, Anschlüsse an die je spezifische Erfahrungswelt der Lernenden ermöglichen (s. z. B. [BAR2008]). Kurz gefasst: *Verstehen geht der Symbolik voraus.*

Der auf digitale Lehr-Lerntechnologien spezialisierte Mathematikdidaktiker Justin Dimmel schreibt: „My learned, professional life depends, primarily, on symbolic abstraction.“ ([DIM2023], S. 206). Seine Ausführungen zum Verhältnis von (digitalen) Bildern zur realen Welt stehen beispielhaft für die Auswirkungen eines westlichen traditionellen Wissenschaftsverständnisses, in dem Abstraktion und die damit verbundenen symbolischen Repräsentationen als Schlüssel zum Weltverständnis gelten. Dieses Verständnis ist bis in die Gegenwart bei vielen prägend und beeinflusst schulische Fachkulturen nachhaltig. So erwarten viele Eltern und Lehrkräfte, dass Schülerinnen und Schüler im Mathematikunterricht schon von Beginn an Symbole (Zahlzeichen, wenig später Rechenzeichen und das Gleichheitszeichen) verwenden: Wer über ein Anfangsstadium hinaus Anschauungsmaterial benötigt, hängt hinterher. Diese Haltung verkennt grundlegende Prinzipien nachhaltigen Verstehens und kann die fachliche – und damit auch die personale – Entwicklung vieler Schülerinnen und Schüler, unabhängig von etwaigen Förderbedarfen, erheblich beeinträchtigen (s. z. B. [GME2014]; [NEM2009]).

Dem gegenüber stehen schon seit Längerem modernere Ansätze, die auf die Verkörperung (Embodiment) von Wissen, auf Interaktion sowie auf konkrete Anschauung als Grundlage von Begriffsbildungsprozessen setzen (s. z. B. [LAK2000]; [ABD2016]) – Ansätze, die jedoch noch an Bekanntheit und Wertschätzung gewinnen müssen. Beispielhaft sei hier Edmund Husserl (1954) genannt, der in seiner Krisis der europäischen Wissenschaften eindringlich auf die problematische Entfremdung von Lebenswelt und mathematischer Symbolik hingewiesen hat [HUS1954].

Gerade in der sonderpädagogischen Förderung gewinnen solche Sichtweisen zunehmend Eingang. Ansätze des Embodied Learning und der multimodalen, semiotischen Kommunikation gewinnen hier an Bedeutung (s. z. B. [KRE2010]; [TAN2021]). Zentral ist die Erkenntnis, dass Lernen in sensomotorischer Aktivität verankert ist: Abstrakte Konzepte werden durch physische oder vorgestellte Interaktionen mit der Umwelt unmittelbar und konkret, ohne besondere Sprachexpertise erfahrbar: Der Körper – insbesondere Hände, Füße, Bewegungen sowie die räumliche und zeitliche Wahrnehmung – spielen eine zentrale Rolle bei der Bildung von Begriffen (s. z. B. [BAR2008]; [NEM2009]; [CAS2024]), so eben auch bei den mathematischen und informatischen Begriffen.

Die Umsetzung solcher Zugänge ist herausfordernd. Die Forschungsbereiche mit ihrer notwendigen Spezialisierung auf die einzelnen sonderpädagogischen Förderbedarfe sind im Vergleich zu den allgemeinen Fachdidaktiken – gerade im Hinblick auf deren Stoffdidaktiken – weitaus weniger entwickelt. Die Spanne reicht weit, die Diversität ist hoch. Die anerkannten Förderbereiche – Lernen, Emotional-Soziale-Entwicklung, Hören und Kommunikation, Sprache, Körperlich-Motorische Entwicklung, Sehbeeinträchtigungen, Geistige Entwicklung – einschließlich ihrer Überschneidungen – erfordern ein konsequent zielgruppenspezifisches Arbeiten, so dass immer wieder neue Zugänge zu fachlichen Inhalten zu erschließen und auszuarbeiten sind (s. z. B. [FLO2014]). Im Sinne von Special Education Embodied Design (SpEED), Multimodal Semiotic Reasoning in Special Educational Needs (SEN) Contexts sowie Movement-Based Learning sind Lernumgebungen zu den spezifischen fachlichen Inhalten zu entwickeln (s. z. B. [TAN2021]; [ABD2016]).

Während selbst an Gymnasien ausgebildete Informatiklehrkräfte weiterhin nicht in ausreichender Zahl zur Verfügung stehen, sind sie an Mittelschulen kaum und an Förderschulen nahezu gar nicht präsent. An vielen Universitäten ist bislang noch kein Lehramtsstudiengang mit dem Unterrichtsfach Informatik eingerichtet worden oder lediglich für das gymnasiale Lehramt – ein strukturelles Defizit, das nicht nur die Ausbildung künftiger Lehrkräfte betrifft, sondern vor allem die informatische Bildung von Schülerinnen und Schülern nachhaltig beeinträchtigt und somit die gesellschaftliche Entwicklung insgesamt spürbar hemmt (s. z. B. [HUB2015]; [LYE2014]; [GRO2013]). Ein struktureller Ausbau der professionellen Ausbildung zukünftiger Informatiklehrkräfte ist nicht nur bildungspolitisch überfällig, sondern gesellschaftlich unabdingbar [UNE2023].

Angesichts der tiefgreifenden gesellschaftlichen Veränderungen durch die digitale Transformation, insbesondere im Zuge der (generativen) Künstliche Intelligenz, ist offenkundig, dass weder ein anhaltender Fachkräftemangel noch digitale Ausgrenzung infolge unzureichender Grundkompetenzen im Umgang mit digitalen Technologien gesellschaftlich tragfähig sind. Menschen mit Beeinträchtigungen sind gleichwertige Mitglieder der Gesellschaft und haben – wie alle anderen – Anspruch auf eine zukunftsorientierte und chancengerechte Bildung.

Erfreulicherweise hat die Stiftung Innovation in der Hochschullehre die besondere Relevanz von Lehramtsstudiengängen mit dem Unterrichtsfach Informatik – insbesondere auch im Bereich der sonderpädagogischen Förderung – erkannt und dies durch die Förderung und Verlängerung des GeLb-DIng-Projekts zudem finanziell unterstrichen.

Im Folgenden werden beispielhaft Lernsettings vorgestellt, die von einem ersten Zahlen- und Operationsverständnis (s. z. B. [SCH2015]) bis hin zum Verständnis des Binärsystems und der Äthiopischen Multiplikation führen. Soweit von Zahlen die Rede ist, sind stets die natürlichen Zahlen beginnend mit Null gemeint. Als grundlegende mathematische Objekte sind die natürlichen Zahlen konstitutiv für zentrale Bereiche sowohl der Mathematik – etwa Arithmetik und Algebra – als auch der Informatik, insbesondere in der Datenrepräsentation, digitalen Codierung und Algorithmik.

## **A: Erste Aktionen im Zahlenraum: ZARAO**

*Fachlicher Inhalt:* Zahlenraum von null bis vier bzw. von null bis neun. Wo? Woher? Wohin? Aktionen durchführen und vergleichen. Orte erreichen und vergleichen. Nachbarorte erreichen und vergleichen. Besonderheit des untersten Ortes. Zahlenstrahl.

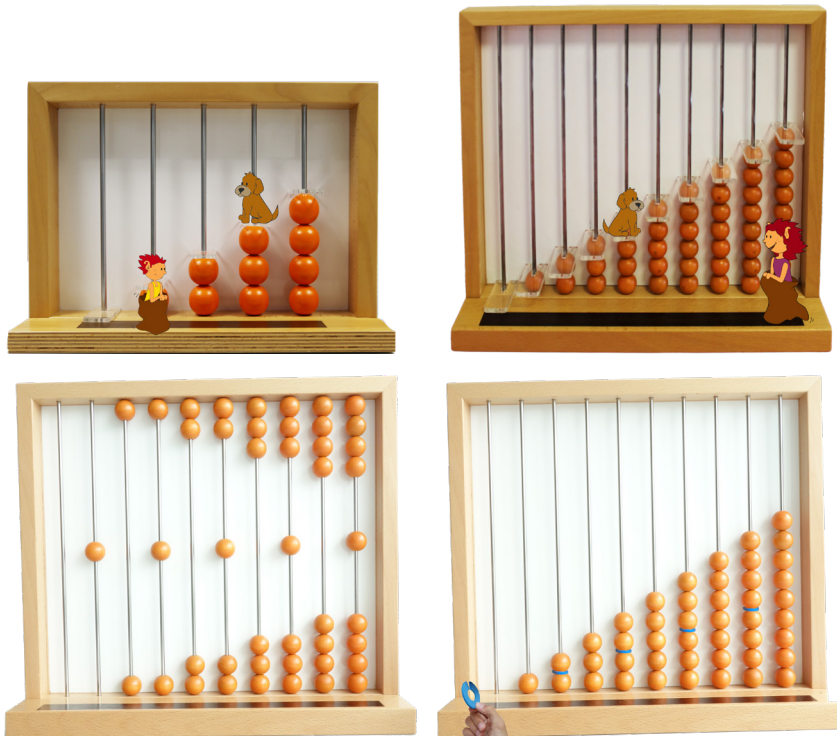
Grundlegend für ein Zahlenverständnis sind die Orte von Zahlen im Zahlenraum einhergehend mit ihrer Erreichbarkeit. Mit Akteuren, den Spielfiguren, wird der Zahlenraum erschlossen. Voraussetzung dafür ist eine konsistente Verkörperung des betrachteten Zahlenraums. Die Akteure können in ihrer Ausgestaltung den Vorlieben der jeweiligen Lerngruppe angepasst werden.

Einen Zugang zum Denken in Aktionen zu schaffen, ist für ein rechnerisches Zurechtfinden im Zahlenraum fundamental. Ist ein solches Denken nicht möglich, fehlen die Grundlagen für ein Verständnis von Rechenoperationen und damit der Unterbau für ein Verständnis von Variablen und Funktionen. Algorithmisches Denken, das auf dem Verständnis von Befehlen und deren Organisation zu funktionierenden Prozessen beruht, ist kaum entwickelbar.

### Abbildung 12.1

Zahlenraumorientierungsrahmen – ZARAO. Oben links: Einstieg in den Zahlenraum von null bis vier. Oben rechts: Fortführung mit dem Zahlenraum von null bis neun.

Zunächst ist den Kindern damit einfach ein Spielangebot gegeben. Insgesamt: Kugel können zu Mustern verschoben, Moosgummi- und Plexiglasscheiben platziert werden und mit Spielfiguren die Treppen hoch- und runtergehüpft sowie der Weg in beide Richtungen entlang gehüpft werden. Spielfiguren können passend zu Rahmengeschichten und Jahreszeiten gewählt werden.



Der Zahlenraum-Orientierungs-Rahmen [ZARAO] ist ein Lernmaterial, mit dem in vielfältiger Weise erste Erkundungen im Zahlenraum vorgenommen werden können. Es gibt ihn in zwei Ausführungen (Abb.12.1):

**Subitizing**  
Fähigkeit, die Anzahl von Objekten intuitiv ohne Zählen zu erkennen

- ZARAO-NV: Zahlenraum von null bis vier – passend zum klassischen Subitizing-Bereich der Wahrnehmungsfähigkeit von besonders kleinen Vielheiten. Diese sind im Regelfall ohne explizites Zählen, sprich ohne eine sequentielle Zuordnung eines Zahlwortreihenabschnitts, erfassbar. Tatsächlich können bereits in diesem sehr überschaubaren Zahlenraum besondere Unterstützungsbedarfe notwendig sein und der Zahlenraum zunächst noch weiter eingeschränkt werden. Z. B. mag ein Sprachtraining erforderlich sein. Zur Erleichterung der Handhabung sind die Kugeln vergleichsweise groß.
- ZARAO-NN: Zahlenraum von null bis neun – passend zum Ziffernbereich des Dezimalsystems. Hier sind vergleichsweise kleinere Kugeln möglich.

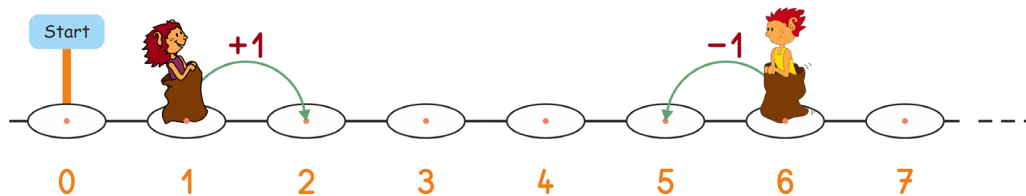
Die Kugeln sind auf Metallstangen angebracht. Ihre Anordnung ist in der Grundform linear und passend zum Aufbau des Zahlenraums treppenförmig: Jede nächste Treppenstufe aufwärts ist um eine Kugel höher, jede nächste Treppenstufe abwärts um eine Kugel tiefer, wobei die unterste Treppenstufe keine Kugeln aufweist. Spielfiguren hüpfen im Zahlenraum aufwärts und abwärts. Zum sicheren Stand der Figuren ist auf jeder Treppenstufe eine Plexiglasscheibe angebracht. Deren Größe ermöglicht, dass auf einer Scheibe auch zwei Figuren Platz finden, diese sich also besuchen können.

Vor den Kugeln verläuft am Boden ein dunkelbrauner Weg, auf dem ebenfalls Spielfiguren entlang hüpfen können und sich dabei von dem Ort mit null Kugeln entfernen oder sich diesem Ort wieder nähern. Ihre Hüpfweite entspricht dem Stangenabstand. Inhaltlich betrachtet verkörpert der braune Weg entlang der Stangen einen Zahlenstrahl.

In die Kugeln integrierte Magnete sorgen dafür, dass diese beim Verschieben auf den Stangen nicht herunter rutschen. So lassen sich kreativ Kugelmuster erzeugen. Im Beispiel (Abb. 12.1 unten links) fällt auf, dass sich bei jeder übernächsten Stange oben und unten gleich viele Kugeln anordnen lassen oder aber, dass in der Mitte eine Kugel übrig bleibt – eine Verkörperung der im Zahlenraum gegebenen Eigenschaft von abwechselnd geraden und ungeraden Zahlen.

Mit geschlitzten blauen Moosgummischeiben können ebenfalls Muster im Zahlenraum erzeugt und so Zahleigenschaften ersichtlich werden. Im Beispiel (Abb. 12.1 unten rechts) geht es inhaltlich betrachtet wieder um gerade und ungerade Zahlen: Bei jeder übernächsten Stange kann eine Scheibe so angebracht werden, dass darunter und darüber gleich viele Kugeln sind, zwischen zwei solcher Stangen ist dies nicht möglich. Dabei kann auch auffallen, dass der unterste Ort eine blaue Scheibe bzw. keine mittige Kugel aufweist – eine Verkörperung der Eigenschaft eine gerade Zahl zu sein, die auch auf die Zahl Null zutrifft. Es geht nicht darum, dass Kinder diese arithmetischen Zusammenhänge direkt erfassen, sondern darum, dass sie beginnen, sich in Regelmäßigkeiten des Aufbaus des Zahlenraums einzufinden. Die Zahl Null nimmt als Ausgangszahl für diesen Aufbau eine zentrale Rolle ein und ist von Beginn an Bestandteil des Zahlenraums. Ohne ein fest verankertes Verständnis der Zahl Null wird später die Funktionsweise des Stellenwertsystems nicht erschließbar sein.

Sich auf die Dynamik der Hüpfen einlassen zu können, ist nicht selbstverständlich. Es mag sein, dass die statischen Orte anziehender sind und der Fokus auf sie gerichtet ist. Dann wird wenig plausibel, warum die Ausgangsposition beim Hüpfen nicht mitgezählt wird – und später beim Zahlenstrahl die erste Markierung mit ‚0‘ beschriftet wird (Abb. 12.2). Die Beschriftung hängt der Anzahl der Markierungen bzw. Orte immer um eins hinterher, da es auf die Anzahl der Hüpfen ankommt. Bei Würfelspielen fällt schon früh auf, ob es Kindern gelingt, diese prozessorientierte Sichtweise einzunehmen. In der Dynamik, den Veränderungen, stecken die Rechnungen – und deren geistige Bewältigung gilt es, von früh an zu fördern.

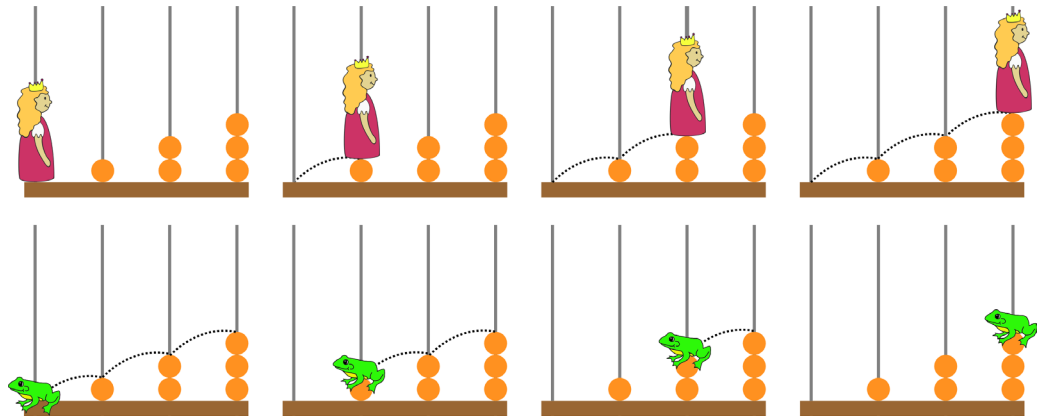


**Abbildung 12.2**

Auf dem Zahlenweg (später Zahlenstrahl) wird wie beim Würfelspielen gehüpft. Der Wechsel von einem Ort zum nächsten Ort – damit sind zwei Orte involviert – wird mittels eines Hüpfers vollzogen. Nicht nur anfangs kann dies zu Irritationen führen. Die dynamische Sichtweise bedarf der intensiven Förderung. Die Zahl Null nimmt als Ausgangszahl für den Aufbau des Zahlenraums eine bedeutende Rolle ein.

Entdeckungen beim Spielen mit Figuren im ZARAO sind spannend und können angeregt werden. In Abbildung 12.3 hüpfen die Prinzessin aufwärts von null auf drei Kugeln, der Frosch abwärts von drei auf null Kugeln. Erstaunlich: Gleichwohl benötigen beide gleich viele Hüpfen. Wie auch: Hüpfen Prinzessin bzw. Frosch wieder zurück auf ihre Ausgangsposition, benötigen sie wieder genauso viele Hüpfen wie auf dem Hinweg. Was selbstverständlich erscheinen mag, gilt es zunächst zu entdecken und geeignet kognitiv zugänglich zu machen.

**Abbildung 12.3**  
 Auf und ab ist Unterschiedliches, gleichwohl gibt es Gemeinsamkeiten – dies insbesondere hinsichtlich der Anzahl der Hüpfer.



Ein kleiner Auszug an weiteren Erkundungs-Möglichkeiten ist in Tabelle 12.1 zusammengestellt. Was hier zur besseren Nachvollziehbarkeit sprachlich ausformuliert ist, erfolgt im tatsächlichen Spiel sehr deiktisch, z. B. „die [auf die Spielfigur wird gezeigt] möchte von da nach dort [auf den jeweiligen Ort wird gezeigt]“.

Mit der Zeit können auch Zahlwörter eingeführt werden – aber erst, nachdem der Zahlenraum gut genug anhand der Aktionen erschlossen worden ist. Insbesondere für Kinder mit Förderbedarfen ist diese Erkenntnis sehr wichtig. Anders als in den gängigen Ansichten bezüglich Regelkindergarten und Regelschule, die als erste Stufe der Zahlerschließung voraussetzen, dass zunächst rein lautsprachlich eine erste Abfolge an bedeutungslosen Wörtern wie ein Kinderreim gelernt wird (eins-zwei-drei-...), zeigt eine Zahlenraumverkörperung wie der ZARAO, dass gleichwohl erste grundlegende Zahlenraumideen erschlossen werden können, ohne dafür zunächst Wörter erlernt haben zu müssen. Dies ist für die Förderung der kognitiven Entwicklung der Kinder sehr bedeutsam. So wie beispielsweise Farbwörter haben auch Zahlwörter eine Bedeutung, die sich aus dem Kontext ergibt.

Zahlwörter (oder auch Zahlzeichen) ohne grundlegende Vorstellungen zum Zahlenaufbau zu verwenden, ist tatsächlich kontraproduktiv. Die deutsche Sprache gehört – anders als z. B. die chinesische Sprache – zu denjenigen Sprachen, in denen die Funktionsweise des Dezimalsystems nur unzureichend abgebildet ist. Z. B. klingen ‚zehn‘, ‚elf‘ als einsilbige Namen von ihrer Art her wie ‚acht‘, ‚neun‘. Hier ist vollkommen unklar, warum später in der dezimalen Zahlschrift je zwei Zeichen für ‚zehn‘ und ‚elf‘ verwendet werden müssen – 10, 11 – reicht doch bei ‚acht‘ und ‚neun‘ jeweils ein Individualzeichen – 8, 9. Ein aufgewecktes Kind bemerkte dazu einmal: „Warum sollen eins und null zusammen mehr sein als neun?“

Der Fokus auf Aktionen sichert nicht nur ein Zahlenraum- und Zahlenaktionsverständnis, sondern fördert auch die Entwicklung der Grundlagen für das algorithmische Denken. Insofern sind solche Beschäftigungen mit dem Zahlenraum insbesondere für Kinder mit erschwerten Lernvoraussetzungen von besonderem pädagogischem Wert.

**Tabelle 12.1**  
Erkundungsmöglichkeiten im  
ZARAO

Situation	Aktionsauftrag	Mathematischer Bezug
Eine Spielfigur (Hund) sitzt ganz unten.	Wohin schaut der Hund? Lass den Hund ganz nach oben hüpfen.	$0+1+1+1+1$ bzw. $0+1+1+1+1+1+1+1+1$
Eine Spielfigur (Hund) sitzt ganz oben.	Wohin schaut der Hund? Lass den Hund ganz nach unten hüpfen.	$4-1-1-1-1 = 0$ bzw. $9-1-1-1-1-1-1-1-1 = 0$
Eine Spielfigur (Hund) sitzt ganz unten. Eine Spielfigur (Katze) sitzt irgendwo zwischen den Randpositionen.	Wohin schaut der Hund? Lass den Hund so hüpfen, dass er eins höher als die Katze ankommt. Kurz: Der Hund soll eins höher ankommen.	Passend oft: +1 Nachbarzahl: um eins höher
Eine Spielfigur (Hund) sitzt ganz oben. Eine Spielfigur (Katze) sitzt irgendwo zwischen den Randpositionen.	Wohin schaut der Hund? Lass den Hund so hüpfen, dass er eins tiefer als die Katze ankommt. Kurz: Der Hund soll eins tiefer ankommen.	Passend oft: -1 Nachbarzahl: um eins tiefer
Eine Spielfigur (Hund) sitzt irgendwo auf der Treppe. Eine Spielfigur (Kobold) sitzt am Anfang des Weges.	Wohin schaut der Kobold? Lass den Kobold so oft auf dem Weg hüpfen, dass er direkt unter dem Hund ankommt und sich beide zuwinken können. Kurz: Der Kobold soll dem Hund zuwinken können.	Orientierung am Zahlenstrahl Passend oft: +1
Eine Spielfigur (Hund) sitzt irgendwo auf der Treppe. Eine Spielfigur (Kobold) sitzt am Ende des Weges.	Wohin schaut der Kobold? Lass den Kobold so oft auf dem Weg hüpfen, dass er direkt unter dem Hund ankommt und sich beide zuwinken können. Kurz: Der Kobold soll dem Hund zuwinken können.	Orientierung am Zahlenstrahl Passend oft: -1
Eine Spielfigur (Hund) sitzt irgendwo auf der Treppe. Eine Spielfigur (Kobold) sitzt am Anfang des Weges.	Mit einem speziell markierten Würfel (Bögen mit Richtungspfeilen für Hüpfen) wird bestimmt, in welche Richtung und wie oft der Kobold hüpfen soll. Ziel ist, dass er direkt unter dem Hund ankommt.	Orientierung am Zahlenstrahl $-0, +0, -1, +1, -2, +2$
Zwei Spielfiguren (Hund, Katze) sitzen in einem bestimmten Abstand auf der Treppe. Eine Spielfigur (Prinzessin) sitzt ganz unten.	Wohin schaut die Prinzessin? Lass die Prinzessin so oft hüpfen, dass sie zwischen dem Hund und der Katze ankommt.	Eine Zahl $b$ in Beziehung zu zwei anderen Zahlen $a, c$ setzen: $a < b < c$

## B: Erstes Ausnutzen von Stellenwertsystem-Ideen: RWT

*Fachlicher Inhalt:* Zahlenraum von null bis neunzehn, dezimal strukturierter Aufbau von Zahlen ab zehn durch Berechnungsvorschrift, dadurch gegebene Eigenschaften und Zusammenhänge von Zahlen, Parallelität von Aktionen, geschickte Aktionen, Besonderheit der Zahlprozedurnamen.

Die gleichförmig verlaufende Treppe, in der jede Stufe um eine weitere Normkugel erhöht ist, verkörpert die Uridee der Entwicklung der Zahlen (in den Peano-Dedekind-Axiomen als Nachfolgerfunktion implementiert). Im Zahlenstrahl findet sie sich wieder, indem der Weg immer um den gleichen Normabstand fortgesetzt und markiert wird. Sind größere Zahlenräume zu erkunden, sind Gestaltungsideen notwendig, die diese Zahlenräume weiterhin überschaubar halten. Orientierung bieten die Stellenwertsystem-Ideen, die letztlich zu einer erstaunlichen Komprimierung führen. Weltweit hat sich die dezimale Zahlschrift durchgesetzt, und damit ein Stellenwertsystem zur Zahlbezeichnung basierend auf den Ziffern von 0 bis 9.

Mit Zahlbezeichnungssystemen soll jede Zahl eine Bezeichnung und damit einen Namen erhalten. Um alle Zahlen zu erreichen (in der Historie zumindest bis zu einer bestimmten Größe), fungieren diese Bezeichnungssysteme zugleich als Zählssysteme: Für jede Bezeichnung einer Zahl entlang des Systems muss eindeutig festgelegt sein, wie die Bezeichnung für die ihr nachfolgende Zahl lautet. Mit der Funktionsweise des Stellenwertsystems ist dafür ein besonders eleganter, aber zugleich komplexer Algorithmus entwickelt worden. Mit den so entwickelten Bezeichnungen wird über beliebig große Zahlen in besonderer Weise verfügt – nämlich als Zusammensetzungen aus Additionen, Multiplikationen und Potenzen. Der kompakten, verkürzenden Zahlschrift ist dies nicht anzusehen. Warum sollte 5678 für fünftausend und sechshundert und siebzig und acht stehen? Genau genommen sogar für:

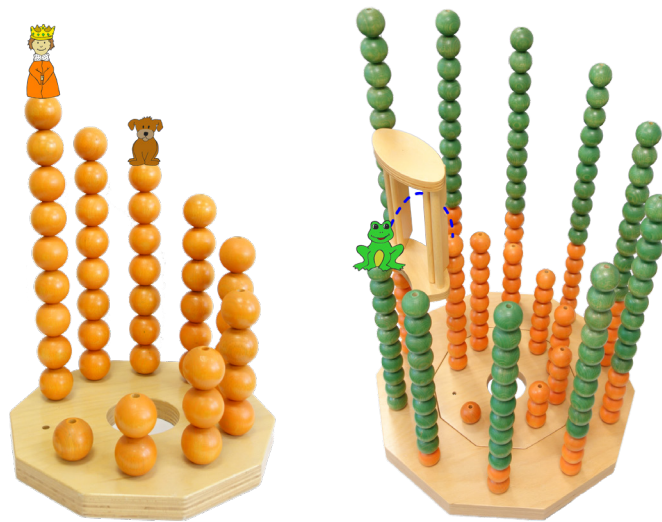
- fünfmal zehn mal zehn mal zehn und
- sechsmal zehn mal zehn und
- siebenmal zehn und
- acht

bzw. in der formal-symbolischen Notation:  $5678=5\cdot 10^3+6\cdot 10^2+7\cdot 10^1+8\cdot 10^0$ .

Es dauert lange, diese kompakte, hoch komprimierte Zahlschrift wirklich kundig und fehlerfrei nutzen zu können; einerseits, um Zahlen darzustellen, andererseits, um diese Notationsform von Zahlen beim Rechnen effektiv zu nutzen. Viele Kinder – gerade solche mit Förderbedarfen – können damit erhebliche Schwierigkeiten haben. In Folge kommt es zu beachtlichen Fehlern und Verständnisproblemen bei den halbschriftlichen sowie den schriftlichen Rechenverfahren und damit zu sinnlosen Ergebnissen auch bei Sachaufgaben, die weniger dem Aufgabenverständnis als der ‚Rechenkunst‘ geschuldet sind.

Es bedarf einer behutsamen und viel Zeit in Anspruch nehmenden Einführung. Erste Berührungen mit den Stellenwertsystem-Ideen können im Zahlenraum von null bis neunzehn anhand der Rechenwendeltreppe (RWT, Abb. 12.4) erlebt werden.

Es gibt einen Innenkreis, der den Stangen mit Kugeln im ZARAO-NN entspricht, sowie einen parallel dazu verlaufenden Außenkreis. Dabei wird der Innenkreis im Außenkreis fortgeführt,

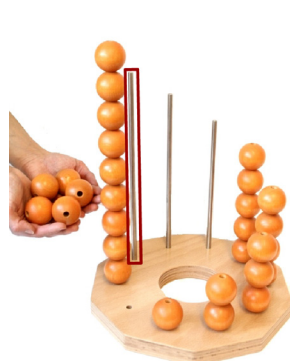


**Abbildung 12.4**  
Rechenwendeltreppe – RWT.  
Links: Innenkreis zum Zahlenraum von null bis neun.  
Rechts: Zusätzlicher Außenkreis als Erweiterung zum Zahlenraum von zehn bis neunzehn.

dies allerdings mit zehn zusätzlichen grünen Kugeln an jeder Position, so dass hier die Zahlen von zehn bis neunzehn verkörpert sind. Der Weg vom Innen- zum Außenkreis und zurück führt durch ein Tor. An dessen Decke kann eine Glocke angebracht werden, um die Aufmerksamkeit noch deutlicher auf den Übergang zwischen den beiden Bereichen zu lenken.

Der Innenkreis ist herausnehmbar und wird zunächst ohne den Außenkreis in seinem Aufbau erkundet. Die Kugeln sind lose auf die Stangen gesteckt, so dass die Rechenwendeltreppe auf- und abgebaut werden kann, dies auch teilweise. Des Weiteren können mit geschlitzten Moosgummscheiben wieder Muster gesteckt werden. Daraus ergeben sich viele Erkundungsansätze zum Zahlenraum und dem damit verbundenen Aufbau von Zahlen aus anderen Zahlen.

Zu den wichtigen zu erwerbenden Kompetenzen gehört das zahlengebundene logische Schließen – nicht nur im Kontext des Konzepts Stellenwertsystem, sondern auch in vielen weiteren Fällen und dies von früh an. Ein Beispiel zeigt Abbildung 12.5 links: Wenn auf der Stange für neun Kugeln bereits fünf vorhanden sind, so kann durch das Hinzufügen weiterer Kugeln ermittelt werden, dass vier Kugeln gefehlt haben. Werden nun auf die Stange für acht Kugeln ebenfalls fünf Kugeln gesteckt, stellt sich die Frage: Wie viele Kugeln fehlen hier? Da acht Kugeln eine weniger



$$5 + y = z$$

**K1:** Fehlen noch drei.  
**K2:** Ich wusste das.  
**SP:** Was weißt du?  
**K2:** Fün... Dass da noch drei fehlen.  
**SP:** Warum?  
**K2:** Weil hier  
[Zeigt auf die Stange mit neun Kugeln.]  
fehlen vier und das ist nur eine Zahl mehr.



### Null.

**SP:** Warum?

**K1:** Weil, ähm, dann ist auf jeder Seite gar keins.

**K2:** Ähm... weil, weil, weil bei der Null, da, da, da da ist auf jeder Hälfte gar kein nichts.  
**Also ist das gleich viel**

**Abbildung 12.5**

Es gilt, gedankliche Flexibilität zu erreichen, erstes logisches Schlussfolgern zu lernen und sich damit im Zahlenraum zu recht zu finden. [K1,K2: Kind 1, Kind 2. SP: Spielleiterin]

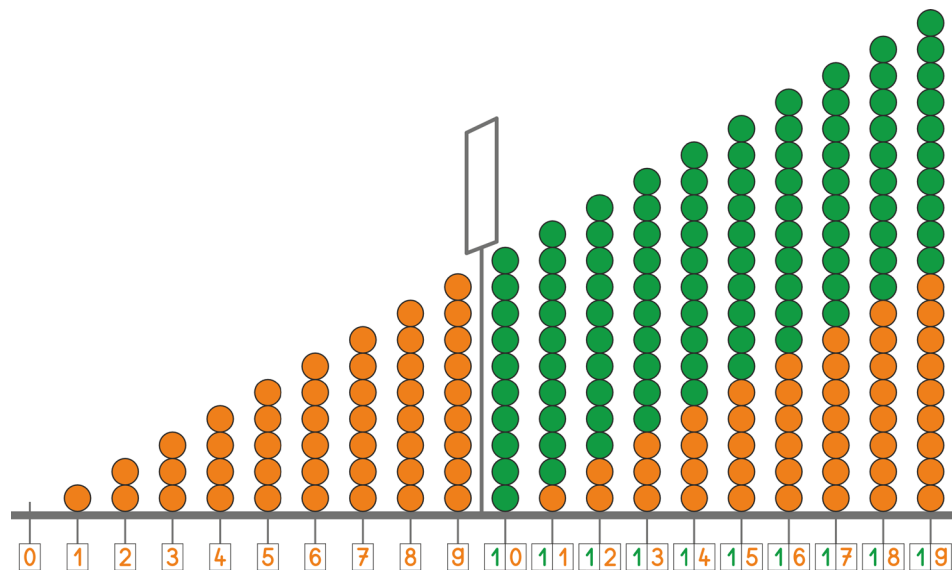
sind als neun Kugeln, wird auch eine Kugel weniger fehlen, also drei. Oder auch nochmal ein Beispiel, wie sich Null in ihrer Eigenschaft, eine gerade Zahl zu sein, anhand eines gedanklichen Eintauchens in die aufbereitete reale Welt erschließen lässt (Abbildung 12.5 rechts). Die Rechenwendeltreppe ist daraufhin zu untersuchen, an welchen Kugelstangen eine Moosgummischeibe so angebracht werden kann, dass sich über und unter ihr gleich viele Kugeln befinden. Es ergibt sich, dass auch an der Position mit null Kugeln eine Moosgummischeibe fehlt. Die Begründung dafür liefern die Kinder auf die Rückfrage „Warum?“.

Mit Spielfiguren wird zunächst der Innenkreis – Zahlen von null bis neun – erschlossen (analog zum ZARAO-NN) und dies später in der Erweiterung um den Außenkreis – Zahlen von zehn bis neunzehn – fortgeführt. In der Erweiterung fällt auf, dass die Anzahl oranger Kugeln im Innen- und Außenkreis gleich verläuft, im Außenkreis aber zusätzlich an jeder Position noch weitere zehn grüne Kugeln vorhanden sind. Hieran zeigt sich bereits, dass über größere Zahlen verfügt wird als eine bestimmte operative Zusammensetzung aus anderen Zahlen. Die Zahlnamen werden zu Bezeichnungen für Zahlprozeduren und somit zu Zahlprozedurnamen. Nahezu alle Zahlnamen sind – näher betrachtet – Rechenanweisungen, z. B. drei und zwanzig ergibt schlicht dreiundzwanzig; die Rechnung wird in der Sprache nicht vollzogen, anders als etwa bei fünf und vier ergibt neun, wobei zwei Label gegen ein drittes, formal gleichartiges Label ausgetauscht werden. Bei Zahlnamen wie dreiundzwanzig fungiert eine Rechenanweisung als Zahlnamen. Dieser Wechsel von schlichten Zahlnamen (als Label/Etikett) zu Rechenanweisungen als Zahlnamen stellt viele Kinder mit Lernschwierigkeiten vor große Herausforderungen, auch weil der Wechsel vom sprachlichen Label zur sprachlichen Rechenanweisung bei den Zahlwörtern nicht stringent vollzogen ist (z. B. zehn, elf, zwölf) und nicht der Funktionsweise des Dezimalsystems entspricht. Offenkundig fördert ein Prozessverständnis das Zahlenverständnis sowie das zugehörige Operationsverständnis.

Aufgeklappt und vom Innen- zum Außenkreis hintereinander gelegt, entspricht die Rechenwendeltreppe dem Verlauf eines Zahlenstrahls; die Stangen (gestutzt auf ein kurzes Einheitsmaß und im Einheitsabstand angeordnet) bilden dessen Abschnittsstriche (Abb. 12.6).

**Abbildung 12.6**

Der Zahlenstrahl als Kurzform der aufgeklappten Rechenwendeltreppe. Das Tor signalisiert den Wechsel zwischen Innen- und Außenkreis.



Die in Abbildung 12.6 gewählte formal-symbolische Bezeichnung für die Zahlen greift die Farbgebung der Kugeln auf: Die Ziffern von 0 bis 9, die zur Beschriftung oranger Kugeln dienen, sind in Orange geschrieben; ebenso wie in der Schreibweise von 10 bis 19. Die hinzukommende 1 steht für einmal zehn grüne Kugeln und wird in Grün geschrieben.

Die zum dezimalen Stellenwertsystem passende Anordnung der Kugeln im Innen- und Außenkreis erleichtert die Erschließung der Ergebnisse zu Rechenaufgaben: Eine Figur, beispielsweise der König, kann im Innenkreis unterwegs sein, eine andere Figur, beispielsweise der Hund, im Außenkreis. Ist der König bereits drei Hüpfen vom Start entfernt und hüpft zwei weitere Hüpfen nach oben, ist er insgesamt fünf Hüpfen vom Start entfernt. Oder anders ausgedrückt: hüpft er von drei orangen Kugeln um zwei orange Kugeln höher, landet er auf fünf orangen Kugeln. Steht der Hund parallel dazu auf dreizehn Kugeln (drei orangen, zehn grünen) und hüpft ebenfalls um zwei Kugeln höher, ist bereits mit der Aktion des Königs klar, dass er auf fünfzehn (fünf orangen, zehn grünen) Kugeln landen wird. Falls drei plus zwei gleich fünf, dann gilt: dreizehn plus zwei gleich fünfzehn.

Mit der Fortsetzung von Zahlbezeichnungen für größere Zahlen als Zusammensetzung von Zahlbezeichnungen bekannter kleinerer Zahlen und einer Konstanten, hier zehn, erweisen sich bestimmte Aufgaben als einfach. Das Wissen über Rechengänge mit den kleineren Zahlen kann auf die größeren übertragen werden. Das Wissen zum Unterschied von zehn ist hierbei hilfreich. Im Folgenden ist eine Auswahl weiterer wichtiger Ereignisse angegeben:

- Von einer Position im Innenkreis soll eine Figur um zehn Kugeln höher hüpfen: Die Figur hüpft von ihrer Position aus einfach auf die zugehörige Position im Außenkreis: drei plus zehn gleich dreizehn.
- Von einer Position im Außenkreis soll eine Figur um zehn Kugeln tiefer hüpfen: Die Figur hüpft von ihrer Position aus einfach auf die zugehörige Position im Innenkreis: dreizehn minus zehn gleich drei.
- Von einer Position im Innenkreis soll eine Figur um elf Kugeln höher hüpfen: Die Figur hüpft von ihrer Position aus einfach auf die zugehörige Position im Außenkreis und noch eins höher: drei plus elf gleich drei plus zehn plus eins. Alternative Hüpfweise: drei plus eins, dann plus zehn.
- Von einer Position im Außenkreis soll eine Figur um elf Kugeln tiefer hüpfen: Die Figur hüpft von ihrer Position aus einfach auf die zugehörige Position im Innenkreis und noch eins tiefer: dreizehn minus elf gleich dreizehn minus zehn minus eins. Alternative Hüpfweise: dreizehn minus eins, dann minus zehn.
- Von einer Position im Innenkreis soll eine Figur um neun Kugeln höher hüpfen: Die Figur hüpft von ihrer Position aus einfach auf die zugehörige Position im Außenkreis und dann eins tiefer: drei plus neun gleich drei plus zehn minus eins. Alternative Hüpfweise: drei minus eins, dann plus zehn.
- Von einer Position im Außenkreis soll eine Figur um neun Kugeln tiefer hüpfen: Die Figur hüpft von ihrer Position aus einfach auf die zugehörige Position im Innenkreis und dann eins höher: dreizehn minus neun gleich dreizehn minus zehn plus eins. Alternative Hüpfweise: dreizehn plus eins, dann minus zehn.

Die Struktur des Aufbaus der Rechenwendeltreppe legt auch nahe, sich zur Vereinfachung von Berechnungen Aufgaben in Teilaufgaben zu zerlegen, d.h. erst einen Teil der notwendigen Hüpfen auszuführen und danach den noch verbleibenden Teil an Hüpfen.

Zu den besonders einfachen Hüpfaufgaben im Außenkreis gehören solche, bei denen die Position mit zehn grünen und null orangen Kugeln als Start oder Ziel fungiert:

- Im Außenkreis ist von zehn grünen und null orangen Kugeln aus um eine bestimmte Anzahl an Kugeln (von null bis neun) höher zu hüpfen: Die erreichte Position hat nach wie vor zehn grüne Kugeln, die Anzahl der orangen Kugeln entspricht der Sprungweite; z. B. zehn plus acht gleich achtzehn.
- Im Außenkreis ist von einer Position aus um so viele Kugeln tiefer zu hüpfen, wie an dieser Position orange Kugeln vorhanden sind: Es wird immer die Position mit zehn grünen Kugeln und null orangen Kugeln erreicht; z. B. fünfzehn minus fünf gleich zehn. Im Zahlwort ‚zehn‘ sind die null orangen Kugeln kein Bestandteil.

Damit wird die Position mit zehn grünen und null orangen Kugeln zu einem attraktiven Ort für einen Zwischenstopp sowohl bei Rechnungen, die vom Innenkreis in den Außenkreis führen (Plus-Aufgaben) als auch bei Rechnungen, die vom Außenkreis in den Innenkreis führen (Minus-Aufgaben):

- Aufwärts wird mit einer besonders leichten Aktion aufgehört. Z. B. sieben plus acht: Hüpfen zunächst einfach von sieben orangen Kugeln im Innenkreis auf zehn grüne und null orange Kugeln im Außenkreis. Zu verstehen ist: Damit sind von der Aufgabe, um acht Kugeln höher zu hüpfen, bereits drei Kugeln an Höhe umgesetzt. Die Figur muss also im Außenkreis von zehn grünen und null orangen Kugeln aus nur noch fünf Kugeln höher hüpfen. Kein Problem von zehn grünen und null orangen Kugeln aus einfach die Position mit zehn grünen und fünf orangen Kugeln erreichen, also fünfzehn Kugeln.
- Abwärts wird mit einer besonders leichten Aktion begonnen. Z. B. fünfzehn minus acht: Hüpfen zunächst im Außenkreis von zehn grünen und fünf orangen Kugeln auf zehn grüne und null orange Kugeln. Damit sind offenkundig von der Aufgabe, um acht Kugeln tiefer zu hüpfen, bereits fünf Kugeln an Höhe umgesetzt – die fünf orangen Kugeln an der Ausgangsposition zeigen dies direkt an. Zu verstehen ist: Die Figur muss noch weitere drei Kugeln tiefer hüpfen. Letztendlich landet sie im Innenkreis auf der Position mit sieben Kugeln.

Erst wenn ein Kind genügend viele Kompetenzen zur sicheren und verständnisbasierten Ausführung von Aktionen im Zahlenraum von null bis neunzehn unter Ausnutzung der hier in der Rechenwendeltreppe gegebenen dezimalen Anordnung erworben hat, ist eine Erweiterung des Zahlenraums didaktisch sinnvoll. Leider wird sich für die Grundsicherung der Basiskompetenzen noch allzu häufig zu wenig Zeit genommen. Das ergibt wenig Sinn, steigen die kognitiven Anforderungen beim Größerwerden des Zahlenraumes doch immens an. Selbst eine gut strukturierte Anordnung von gegenständlichen Objekten ist in riesigen Zahlenräumen von z. B. über Tausenden oder Millionen an Objekten offenkundig nicht mehr beherrschbar. Mit dem Stellenwertsystem kommt für die Lernenden eine ganz neue Dimension im Umgang mit Vielheiten hinzu: eine radikale Komprimierung, d.h. eine Verdichtung der realen Gegebenheiten auf das zur Durchführung von Berechnungen Notwendigste, ohne dabei Wesentliches zu verlieren.

## C: Buchführungssystem der Stellaner

*Fachlicher Inhalt:* Beliebige große Zahlen, Stellenwertsystem, Auswirkung unterschiedlicher Basen, Zahlidee – Zahlverkörperung – Zahlschrift, Sichtbarkeit von Zahleigenschaften in Zahldarstellungen.

Beim ZARAO und der Rechenwendeltreppe ist mit den Kugeln ein Raum ausgestaltet, in dem sich Akteure bewegen, die durch ihre jeweilige Position die Verkörperung einer bestimmten Zahl im Zahlenraum fokussieren und mittels ihrer Bewegungen Rechenereignisse vollziehen lassen. Parallel verläuft ein Weg als Zahlenstrahl bzw. ein solcher kann hinzu genommen werden.

Während der Innenkreis der Rechenwendeltreppe lediglich aus einer Runde an null bis neun Kugeln besteht, setzt sich ein erweiterter Außenkreis aus mehreren Runden zusammen: Nach neunzehn Kugeln beginnt die nächste Runde mit zwanzig bis neunundzwanzig Kugeln; so geht es weiter bis hin zur letzten Runde, der neunten Runde, mit neunzig bis neunundneunzig Kugeln. Zur besseren Sichtbarkeit werden in den dazukommenden Runden grüne Moosgummischeiben zwischen jeweils zehn grüne Kugeln gesteckt – sowie zuunterst bei den ersten zehn und zuoberst bei den letzten zehn grünen Kugeln. Insgesamt werden hier bei der höchsten Position zehn grüne Moosgummischeiben benötigt. Der nächste RWT-Kreis würde mit hundert – z. B. violetten („v“ auch in der Bedeutung von „viele“) – Kugeln beginnen, dabei mit null grünen und null orangen Kugeln. Dieser dritte RWT-Kreis hätte wahrlich viele Runden sowie eine beachtliche Höhe für den Aufbau der Kugeln bis hin zu neunhundertneunundneunzig – zwischen je hundert violetten Kugeln würde zur Kenntlichmachung eine violette Moosgummischeibe gesteckt sein, wie auch zuunterst bei den ersten hundert und zuoberst bei den letzten hundert violetten Kugeln. Insgesamt werden hier bei der höchsten Position zehn violette Moosgummischeiben benötigt.

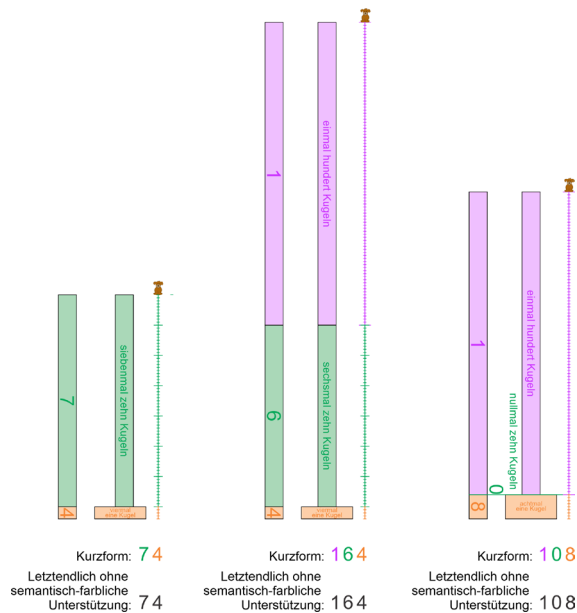
Es zeigt sich schnell: Hinsichtlich größerer Zahlenräume ist der Aufbau von Kugeln zu Treppen offenkundig unpraktikabel – Material und Platz reichen nicht aus. Eine neue Idee wird benötigt: Komprimierung. Aber, was ist unverzichtbar? Wie kann darüber verfügt werden? Wie kann die Verdichtung auch im Fall von Förderbedarfen erlernt werden? Wichtig ist, dass ohne gefestigte Grundlagen, wie sie in den Abschnitten A und B erarbeitet worden sind, die angestrebte Komprimierung keinerlei Grundlage hat und ihre geistige Er- und Verarbeitung kaum gelingen kann.

*Analyse hin zu zentralen Ideen:* An jeder Position der Rechenwendeltreppe ist bedeutsam, wie viele Kugeln vorhanden sind. Diese sind im Fall der violetten und grünen Kugeln stets durch die farblich passenden Moosgummischeiben in je gleich große Abschnitte strukturiert: Hunderter-Kugelketten bzw. Zehner-Kugelketten. Zur Vereinheitlichung können auch bei den orangen Kugeln zur Markierung oranger Moosgummischeiben angebracht werden; einschließlich der untersten und der obersten werden bei der höchsten Position wieder zehn, diesmal orange, Moosgummischeiben benötigt. Hier sind die Abschnitte schlicht Einer-Kugeln. Mathematiker würden dazu neigen, sie als Einer-Kugelketten zu bezeichnen. Tatsächlich steckt allein in den Moosgummischeiben, die sich unter einer Figur befinden, die Information über die jeweilige Anzahl an Kugeln, auf der sie steht. Die Scheiben zeigen exakt den Aufbau jeder der in ihrer Verkörperung betrachteten Zahl an: Soundsoviele Hunderter-Kugelketten, soundsoviele Zehner-Kugelketten, soundsoviele Einer-Kugeln/Einer-Kugelketten.

Als entscheidender Tipp ergibt sich aus den Beobachtungen, die Moosgummi-Scheiben pro Farbe mit Nummern zu versehen und zwar jeweils beginnend mit null, da sich ja zunächst noch keine

**Abbildung 12.7**

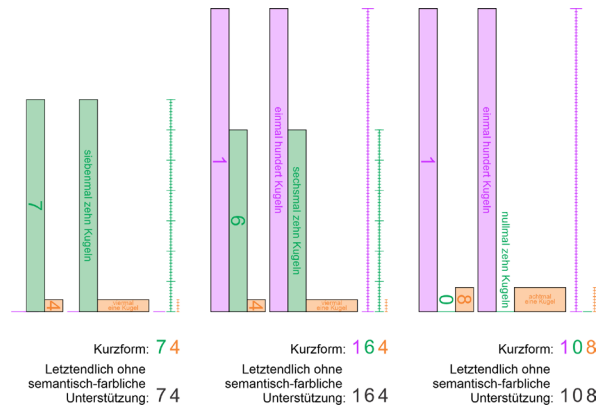
Fokussierung auf das Notwendige und damit Wesentliche mit dem Ziel der Komprimierung. Relevant ist der strukturierte Aufbau der Kugeln in den unterschiedlichen RWT-Kreisen, sichtbar durch die farbigen Moosgummi-scheiben. Um die Information zu bewahren, welche Position im Zahlenraum gemeint ist, reicht es aus, die Anzahl der durch diese Scheiben kenntlich gemachten Abschnitte zu kennen. Von der Vertikalen nach links in die Horizontale gekippt, entspricht der Kugelverlauf unmittelbar dem Verlauf der dezimalen Zahlnotation.



Kugeln unter einer Scheibe befinden, bis hin zu maximal neun, die höchstmögliche Anzahl an Einer-Kugeln oder Kugel-Ketten einer Sorte. So könnte sich für die Position, die eine Figur einnimmt, beispielsweise schlicht anhand der Moosgummi-scheiben ergeben: diese Figur steht – und zwar in dieser Reihenfolge von oben nach unten – auf **drei Hunderter-Kugelketten**, **sieben Zehner-Kugelketten** sowie **vier Einer-Kugeln**, letztendlich also in dezimaler Zahlschrift mit **374** bzw. einfarbig mit 374 verschriftlicht; oder auch auf **neun Hunderter-Kugelketten**, **zwei Zehner-Kugelketten** sowie **null Einer-Kugeln**, letztendlich in dezimaler Zahlschrift mit **920** bzw. einfarbig mit 920 verschriftlicht. Bis hin zum erfolgreichen Zurechtkommen mit einfarbigen, aneinander gereihten Ziffern als symbolische Darstellung einer Zahl ist ein weiter Weg, die kognitive Herausforderung ist groß. Die zeichnerische Darstellung zur Zahlverkörperung nutzt die Idee des Zahlenstrahls mit farblicher Kennung der Kugelsorte und Hervorhebung der benötigten Moosgummi-scheiben (Abb. 12.7).

Beispiele für Übergänge von der Rechenwendeltreppe zur dezimalen Zahlschrift zeigt Abbildung 12.7 anhand der Zahlenbeispiele **vierundsiebzig**, **einhundertvierundsechzig** und **einhundertacht**. Auch bei der Zahlenraumerweiterung sind die deutschen Zahlwörter nicht wirklich hilfreich, da sie die Perfektionierung der dezimalen Zahlschrift nicht beinhalten. Kinder mit sprachlichen Beeinträchtigungen profitieren davon, dass sie speziell für nicht-sprachlich gefasste Ideen empfänglich sein können. Systematisierte Handlungsmöglichkeiten zu Zahlideen, einhergehend mit strukturierten Zeichnungen, können wesentlich zu ihrer kognitiven Entwicklung und damit zu ihrem Verständnis der dezimalen Zahlschrift beitragen.

*Weitere zentrale Idee:* Die Idee der Kreise der Rechenwendeltreppe und damit den Stellen ist noch weiter zu elaborieren und mit Aktionen zu verknüpfen. Die Darstellungen in Abbildung 12.7 können dazu umgebaut werden. Platz in der Höhe wird eingespart, indem die Kugeln sortenweise geordnet von rechts nach links nebeneinander gesetzt werden (Abb. 12.8).

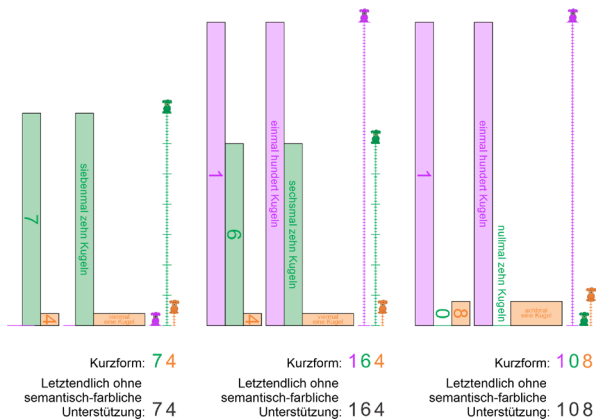


**Abbildung 12.8**

Die Entwicklung von rechts nach links in der dezimalen Zahlschrift wird in der Darstellung den von innen nach außen benötigten Kreise der Rechenwendeltreppe entnommen. Z. B. gilt es, um bei einhundertvierundsechzig anzukommen, ausgehend vom Innenkreis (Einer-Kugeln) über den zweiten RWT-Kreis (zusätzliche Zehner-Kugelketten) den dritten RWT-Kreis (zusätzliche Hunderter-Kugelketten) zu erreichen; bei vierundsiebzig, genügt es nach dem Innenkreis den zweiten RWT-Kreis zu erreichen.

Aber, wo soll jetzt die Hunde-Figur platziert werden, die anzeigen soll, welche der Zahlen im Zahlenraum in ihrer Verkörperung jeweils fokussiert wird? Es gibt pro Zahl nicht mehr eine einzige oberste Moosgummischeibe wie in den Beispielen in Abbildung 12.7. Die Information an Höhe ist auf mehrere Stellen verteilt worden – und so kommen mehrere Figuren ins Spiel.

In unseren Beispielen ruft der Hund seine Geschwister zur Hilfe und leitet sie an: Der violette Hund übernimmt den violetten Part, der grüne den grünen und der orange den orangen (Abb. 12.9). Damit kann anhand der von den Figuren eingenommenen Positionen wieder abgelesen werden, welche der Zahlen im Zahlenraum verkörpert ist – hier nun in einer wahrnehmungstechnisch deutlich komplexeren Konfiguration als Zusammensetzung mehrerer Hunde-Positionen. Während zunächst ‚schlicht‘ die unterschiedlichen Höhen, auf denen Figuren platziert sind, miteinander verglichen werden können (Abb. 12.7), müssen nun Kompositionen in Augenschein genommen werden. Anhand eines sorgfältigen Vergleichs der Höhen der einzelnen Hunde können Zahlen miteinander in Relation gesetzt werden. Beispielsweise lässt sich in Abbildung 12.9 die größte der drei dort verkörperten Zahlen bestimmen: Zwei violette Hunde überragen alle anderen Hunde. Damit gehören die beiden Zahlen, an denen sie beteiligt sind, zunächst einmal zu den Favoriten. Die links dargestellte Zahl entfällt, auch wenn der grüne Hund die insgesamt höchste Position aller grünen Hunde einnimmt. Übrig bleibt schließlich die in der Mitte verkörperte Zahl, weil hier der grüne Hund den rechten grünen Hund an Höhe übertrumpft, auch wenn



**Abbildung 12.9**

Die Hunde übernehmen unterschiedliche Rollen. Je nach Farbe ist ein Hund für die Einer-Kugeln (orange), Zehner-Kugelketten (grün) oder Hunderter-Kugelketten (violett) zuständig.

dort der orange Hund die insgesamt höchste Position aller orangen Hunde einnimmt. Als größte Zahl lässt sich hier anhand der Hunde-Positionen die in der Mitte verkörperte Zahl erschließen.

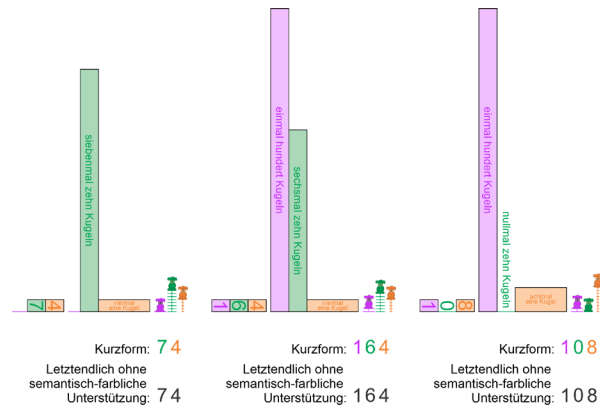
Soweit überhaupt Kugeln einer Sorte vorhanden sind, markiert der violette Hund den höchsten Gewinn an Höhe (100 bis maximal 900), der grüne Hund den nächst kleineren (10 bis maximal 90) und der orange Hund schließlich den geringsten (0 bis maximal 9). Diesem Größenunterschieden muss in der Unterrichtspraxis viel Raum und Zeit gegeben werden. Eine solche Sichtweise auf Zahlen ist alles andere als selbstverständlich. Sträflich wäre, dabei die Fälle ‚null von einer Sorte‘ zu vernachlässigen. Im Gegenteil: Diese gilt es ganz besonders hervorzuheben. Zu untersuchen wären sehr viele Zahlen in ihrer Verkörperung gemäß Abbildung 12.9, z. B.: 10, 11, 20, 22, ..., 100, 110, 101, 111, ..., 200, 220, 202, 222. Wichtig zu untersuchen sind auch Fälle wie 12, 21, 13, 31, 23, 32, ... und 89, 98, 999, 989, 899, 888, 889, 898, 988, ... und 123, 321, ... . Wohl-gemerkt: Nicht in der Zahlschrift, sondern in der Erforschung der Gegebenheiten in der Spielwelt des Figuren-Kugel-Zahlenraums werden tragfähige Ideen entwickelt und Verständnis aufgebaut. Zahlen-Beispiele gibt es genug. Es gilt, sie in den Unterricht zu integrieren und erst nach ausgiebiger, erfolgreicher Erarbeitung und Festigung dieser ideenlastigen Handhabung von Zahlen inhaltlich weiter fortzufahren. Es kann nicht oft genug betont werden: Der Schlüssel zum Zugang zentraler Einsichten liegt in der geeigneten Verkörperung von Zahlen. Die formal-symbolische, Konventionen unterworfenen, dezimale Zahlschrift ist dabei wenig hilfreich – genau genommen erst einmal hinderlich.

*Aufschluss weiterer zentraler Ideen:* Nun bleibt noch, einen entscheidenden weitaus komplexeren Erkenntnis-Schritt zu meistern. Dieser setzt sich zusammen aus:

- Pro Kugelfarbe ist nur wichtig zu wissen, wie viele der durch die Moosgummischeiben gekennzeichneten Abschnitte vorhanden sind.
- Die jeweilige Größe eines Abschnitts muss nicht extra angegeben werden – sie ist implizit in der Farbe einer Moosgummischeibe enthalten.
- Es reicht, für die Größe aller Abschnitte dasselbe Einheitsmaß zu nehmen. Die pro Farbe erreichbare Höhe reduziert sich auf das null- bis neunfache dieses Einheitsmaßes.
- Es ist möglich, von der unterschiedlichen Farbgebung abzusehen und nur eine Farbe, z. B. schwarz, zuzulassen. Dann allerdings ist unverzichtbar, sich der Anordnung des Gemeinten von rechts nach links als maßgebendem Bedeutungsträger bewusst zu sein.

Zunächst soll die Farbgebung noch beibehalten werden. Man könnte versuchen, für die starke Komprimierung in der Darstellung die bereits bekannten Hunde zu verwenden (Abb. 12.10). Dies wäre aber höchst irritierend, da nun mit den Positionen der Hunde auf eine ganz andere Art als bislang bekannt und gewohnt, Zahlen im Zahlenraum verkörpert sind. An allen Stellen sind aufwärts zehn Markierungen vorhanden, aber sie stehen für extrem Unterschiedliches. Wie kann das mit erfasst werden? Ein Hauptgrund bei den häufigen Fehlern, wenn es um verschriftlichtes Rechnen wie z. B. die schriftliche Addition oder gar die schriftliche Division geht, sind tiefgreifende Lücken im Verständnis der dezimalen Zahlschrift. Die Größenunterschiede in den einzelnen Stellen werden nicht mitbedacht, die Ziffern an den einzelnen Stellen lediglich wie Einer(-Kugeln) behandelt und der Wechsel zwischen den Stellen, die Bedeutung ihrer Positionen nicht ausreichend verstanden und überblickt.

Hilfe kommt von den Stellanern, die die Hunde in deren RWT-Zahlendarstellungswelt besuchen. Sie übernehmen als Aufgabe, durch ihre Positionen in Leitersystemen Zahlen zu verkörpern und



**Abbildung 12.10**

Hunde-Figuren in ungewohnten Gebrauch. Im Vergleich hat der orangene Hund die höchste Position, nämlich Acht, ergattert. Auch der grüne Hund steht nicht schlecht da, aber mit Position Sieben im Gesamtvergleich etwas tiefer als der orangene Hund. Der violette Hund kann gar nicht mithalten. Er schafft es nur bis zur Position Eins. Warum sollte mit der mittleren Darstellung die höchste Zahl verkörpert sein? Wie wäre es mit einer Zahl wie 111 statt 164? Sieht 108 nicht größer als 111 aus? Die ‚große‘ Zahl Acht wirkt doch bedeutender als drei einzelne ‚kleine‘ Einsen.

durch ihr Auf- und Abwärtshüpfen Rechnungen zu vollziehen. Inspiriert sind sie durch die bereits in der Hunde-Kugel-Welt vollzogene Komprimierung mit Fokus auf die Moosgummischieben aufgeteilt nach Einer-Kugeln, Zehner-Kugelketten und Hunderter-Kugelketten.

Die Stellaner haben tatsächlich eine sehr praktikable Lösung entwickelt, um ihr ständig wechselndes Guthaben an Sterntalern zu verwalten. Dieses wird in einer Schatzkammer aufbewahrt. Gelegentlich gibt es Einnahmen und Ausgaben. Von außen ist die Höhe des Guthabens ersichtlich anhand ihrer cleveren Leiterdokumentation. Tatsächlich setzen sie die großartige Idee einer immensen Komprimierung um (Abb. 12.11). Anders als in der Rechenwendeltreppe gibt es hier zur Ausgestaltung des Zahlenraums keine Kreisstruktur und auch nicht immens viele Kugeln. Maßgeblich sind die Moosgummischieben mit den von ihnen angezeigten Abständen. Die zur Abdeckung des Zahlenraums notwendigen Informationen werden allerdings nur noch ganz puristisch verkörpert: Für jede Kugelketten-Sorte bzw. Sterntaler-Päckchen-Sorte gibt es eine Leiter mit prinzipiell gleichem Aussehen, die in neun gleich große Abstände mit Sprossen von null bis neun unterteilt ist. Die Leitern sind nebeneinander angeordnet: ganz rechts jene zur Verbuchung einzelner Sterntaler von null bis neun, links daneben eine zur Verbuchung von je zehn Sterntalern von zehn bis neunzig, und wiederum links daneben eine zur Verbuchung von je hundert Sterntalern von hundert bis neunhundert. Zur Unterstützung und damit kognitiven Entlastung kann eine unterschiedliche farbliche Gestaltung der Leitern und Stellaner erfolgen.

Der Unterschied der Leitern liegt in ihrer Verwendung. Tatsächlich können sie zur Dokumentation und Verbuchung – abhängig von Rahmengeschichten – für unterschiedliche Objekte eingesetzt werden, z. B. die Kugelanzahlen bei den Hundepositionen in der RWT, Steine, die eine Königin für ihre Bургbauten verwaltet, Muscheln, die Insulaner für die Verzierung ihrer Kultstätten verwenden, usw. – oder eben wie hier zur Verwaltung des Guthabens an Sterntalern.

Für jede Leiter ist – von rechts nach links – ein bestimmter Stellaner zuständig:

- Ella [E]: Einer-Kugel-Leiter – ein Sterntaler ist per einem Hüpfen verbuchbar
- Zella [Z]: Zehner-Kugelketten-Leiter – zehn Sterntaler sind per einem Hüpfen verbuchbar
- Hella [H]: Hunderter-Kugelketten-Leiter – hundert Sterntaler sind per einem Hüpfen verbuchbar.

Anhand der von Ella, Zella, Hella eingenommenen Positionen kann das aktuelle Guthaben an Sterntalern abgelesen werden. Zunächst sollte dabei folgende Sprechweise eingehalten werden:

*Zusammen* zeigen die drei Stellaner das Guthaben an:

- Hella zeigt: soundsovielmal hundert Sterntaler,
- Zella zeigt: soundsovielmal zehn Sterntaler,
- Ella zeigt: soundsovielmal einen Sterntaler an.

Im Beispiel (Abb. 12.11 rechts):

*Zusammen* zeigen die drei Stellaner das Guthaben an:

- Hella zeigt: siebenmal hundert Sterntaler,
- Zella zeigt: zweimal zehn Sterntaler,
- Ella zeigt: siebenmal einen Sterntaler.

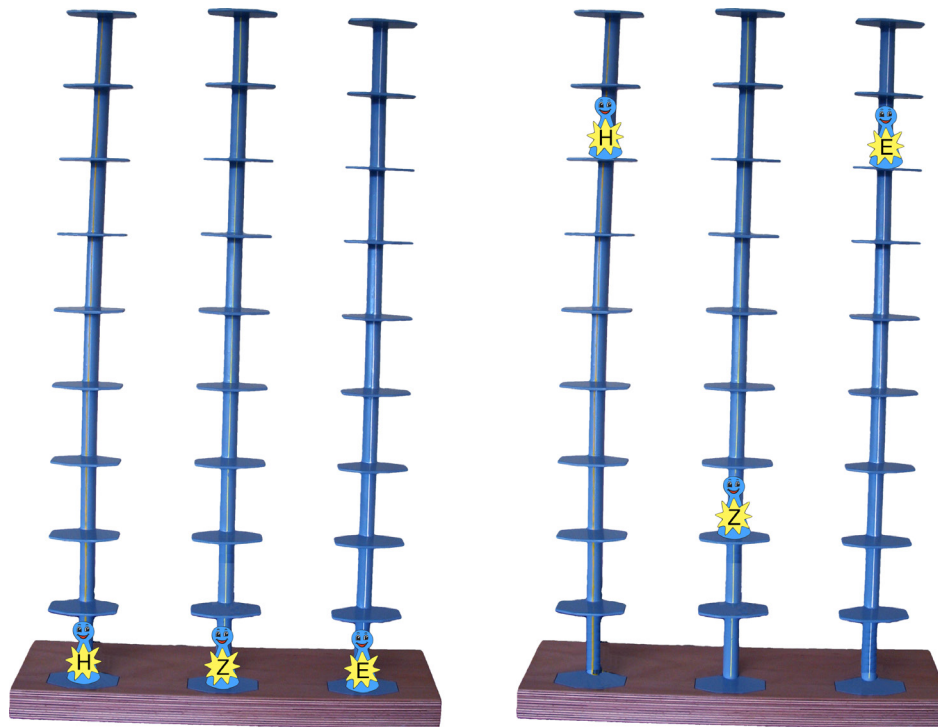
Damit ist das Guthaben der Stellaner derzeit:

- siebenmal hundert und zweimal zehn und siebenmal ein Sterntaler. Später mag diese verschriftlicht werden zu  $7 \cdot 100 + 2 \cdot 10 + 7 \cdot 1$  Sterntaler, schließlich in Kurzform zu 727.

Entscheidend ist, dass Lernenden mit Förderbedarfen auch ermöglicht wird, die dezimale Zahlnotation 727 vorzulesen oder zu sprechen als eben: siebenmal hundert und zweimal zehn und siebenmal eins. Diese ausführlichere Zahlbezeichnung ist im Aufbau logischer, konsistenter und gehaltvoller ist als das Zahlwort, das sich dafür in der deutschen Sprache einbürgert hat: siebenhundertsiebenundzwanzig.

Sind drei solcher Leitern mit Sprossen von null bis neun vorhanden, kann der Zahlenraum von null bis neunhundertneunundneunzig abgedeckt werden. Weitere solcher Leitern hinzunehmen, ist leicht vorstellbar und wesentlich unaufwändiger als die Rechenwendeltreppe mit immer größeren Außenkreisen zu erweitern. Gedanklich gibt es mit der Fortsetzung der Leitern (wie auch prinzipiell mit der Kreisstruktur der Rechenwendeltreppe) kein Ende, passend zur unendlichen Weiterführbarkeit des Zahlenraums. Weitere Leitern bedeuten zugleich weitere Stellaner: Auf Ella, Zella, Hella folgend kommt Tella hinzu; Namen für die insgesamt benötigten Stellaner können ausgehandelt werden. Fundamental ist die Regel, dass jeder Stellaner, der auf seiner Leiter von der untersten Sprosse aus versucht, zehnmal nach oben zu hüpfen, schließlich wieder auf seiner untersten Sprosse landet und dafür sein jeweils linker Nachbar um eine Sprosse nach oben hüpf (bzw. auch dieser auf seiner untersten Sprosse landet und seinen linken Nachbarn zur Aktivität veranlasst). Damit wird auch ersichtlich, dass von zwei benachbarten Stellanern, die gleich hoch stehen, der linke das Zehnfache des Sterntaler-Guthabens wie der rechte anzeigt bzw. der rechte ein Zehntel des Guthabens des linken. Diese fundamentale Regel muss anhand vieler Beispiele erarbeitet und überprüft werden. So selbstverständlich sie klingen mag, erfordert ihr Verständnis doch einen hohen kognitiven Aufwand.

Die Stellaner sind wandlungsfähig und können sich in Leitersystemen unterschiedlicher Höhe tummeln (Abb. 12.12-12.15): Je nach Rahmengeschichte können sie sich farblich anpassen, aber auch ihre Beschriftung ändern und damit anzeigen, für welche Größe der Abstand zwischen ihren Sprossen bei den verschiedenen Leitersystemen steht. Tatsächlich entspricht in allen Lei-



**Abbildung 12.11**

Die Stellaner Hella [H], Zella [Z], Ella [E] mit ihrem Leiteraufbau. Je nach Bedarf können die Leitern farblich unterschieden werden. Die Dokumentation des Guthabens an Sterntalern teilen die drei Stellaner untereinander auf.

Rechts: Hella zeigt siebenmal hundert (siebenhundert) Sterntaler an, Zella zweimal zehn (zwanzig) und Ella siebenmal einen (sieben), schriftlich in Kurzform 727. Links: Sind keine Sterntaler vorhanden, ist das Guthaben also null, stehen sie alle ganz unten.

Das Leitersystem ist leicht erweiterbar, so dass prinzipiell beliebig große Zahlenräume abgedeckt werden können.

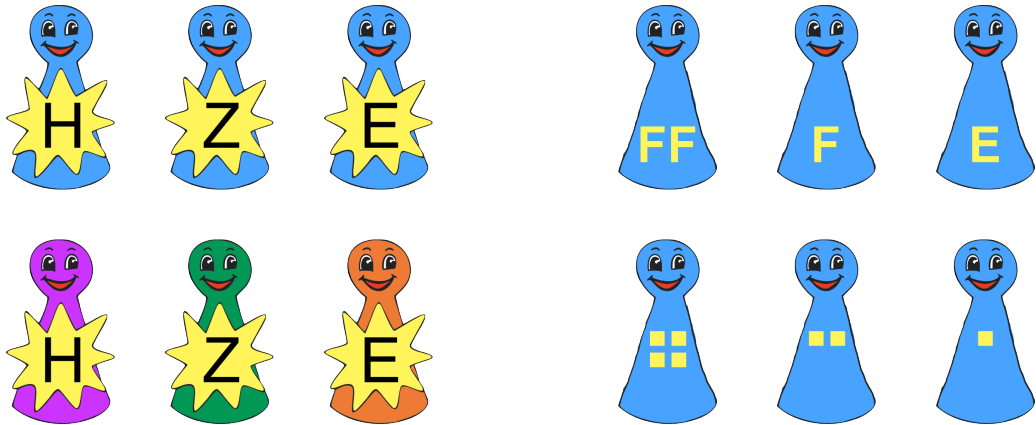
tersystemen der Sprossenabstand der ganz rechten Leiter dem Unterschied um einen Sterntaler. Bei der jeweils nächsten linken Leiter erhöht sich der Unterschied an sprossenweise verbuchten Sterntalern jeweils um ein bestimmtes Vielfaches – dieses ergibt sich aus der im jeweiligen Leitersystem pro Leiter gegebenen Sprossenzahl. Beispiel: Im Binärsystem werden in den Leitern von rechts nach links pro Hüpfen zunächst 1 Sterntaler verbucht, in der nächsten Leiter 2 ( $=2 \cdot 1$ ), in der nächsten 4 ( $=2 \cdot 2$ ), in der nächsten 8 ( $=2 \cdot 2 \cdot 2$ ) usw. oder im Quinärsystem erst 1, dann 5 ( $=5 \cdot 1$ ), dann 25 ( $=5 \cdot 5$ ), dann 125 ( $=5 \cdot 5 \cdot 5$ ) Sterntaler usw. – im bekannten Dezimalsystem sind es erst 1, dann 10 ( $=10 \cdot 1$ ), dann 100 ( $=10 \cdot 10$ ), dann 1000 ( $=10 \cdot 10 \cdot 10$ ) Sterntaler usw. Die fundamentale Regel zum Verhältnis des dokumentierten Guthabens durch zwei benachbarte Stellaner auf Sprossen gleicher Höhe ist verallgemeinerbar: Der linke Stellaner zeigt stets ein Vielfaches an Guthaben wie der rechte an – bzw. umgekehrt der rechte einen Bruchteil des linken; der Faktor richtet sich dabei nach der in einem Leitersystem gegebenen Höhe, gemessen in Sprossen. Der entscheidende Unterschied zwischen verschiedenen Leitersystemen ist also ihre Sprossenzahl pro Leiter. Die Sprossen sind statisch und markieren – wie bereits in Abschnitt A, Abbildung 12.2, vorbereitet – die Anzahl der Hüpfen, die zu ihrer dynamischen Erreichung notwendig sind. Gerade dieses Wechselspiel bereitet Schwierigkeiten. Die Sprossenanzahl pro Leiter ist immer um eins größer als die Anzahl der dort von der untersten zur obersten Sprosse möglichen Hüpfen. Von der Leiter ganz rechts mit ihrer Anzahl an Sprossen leiten sich die Bezeichnungen der verschiedenen Leitersysteme in ihrer Verschriftlichung ab, z. B. zehn Sprossen: dezimale Zahlschrift, dezimales Stellenwertsystem oder einfach Dezimalsystem, zwei Sprossen: binäre Zahlschrift, binäres Stellenwertsystem oder einfach Binärsystem.

**Abbildung 12.12**

Links: Stellaner, die in einem 10er-Leitersystem unterwegs sind; die unteren in Freundschaftsfarben zu den Hunden aus Abb. 12.9 bzw. Abb. 12.10. [E: Einer-Stellaner, Z: Zehner-Stellaner, H: Hunderter-Stellaner].

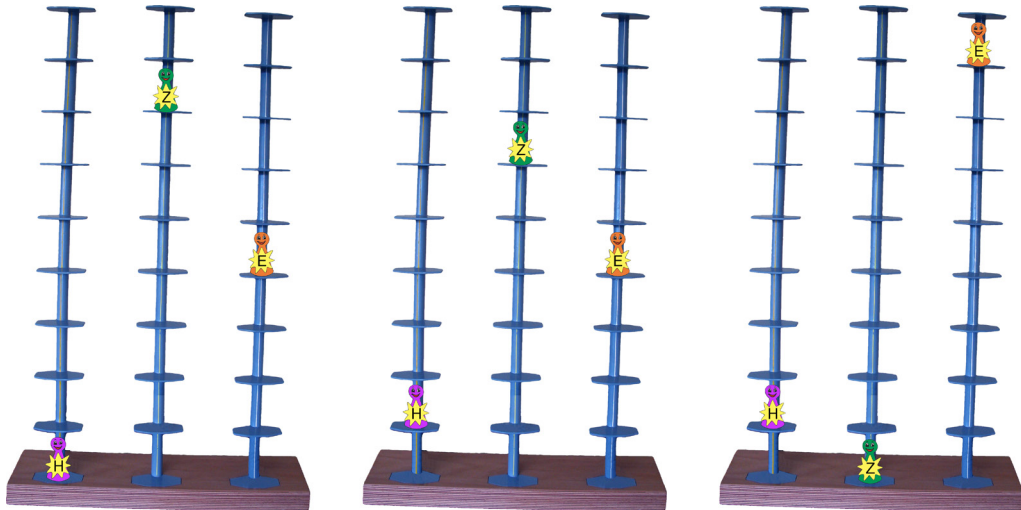
Rechts: Stellaner, die sich einem 5er-Leitersystem bewegen, [E: Einer-Stellaner, F: Fünfer-Stellaner, FF: Fünfundzwanziger-Stellaner] sowie solche, die in einem 2er-Leitersystem binär operieren.

[Einzel-Quadrat: Einer-Stellaner, Doppel-Quadrat: Zweier-Stellaner, Quadro-Quadrat: Vierer-Stellaner].



**Abbildung 12.13**

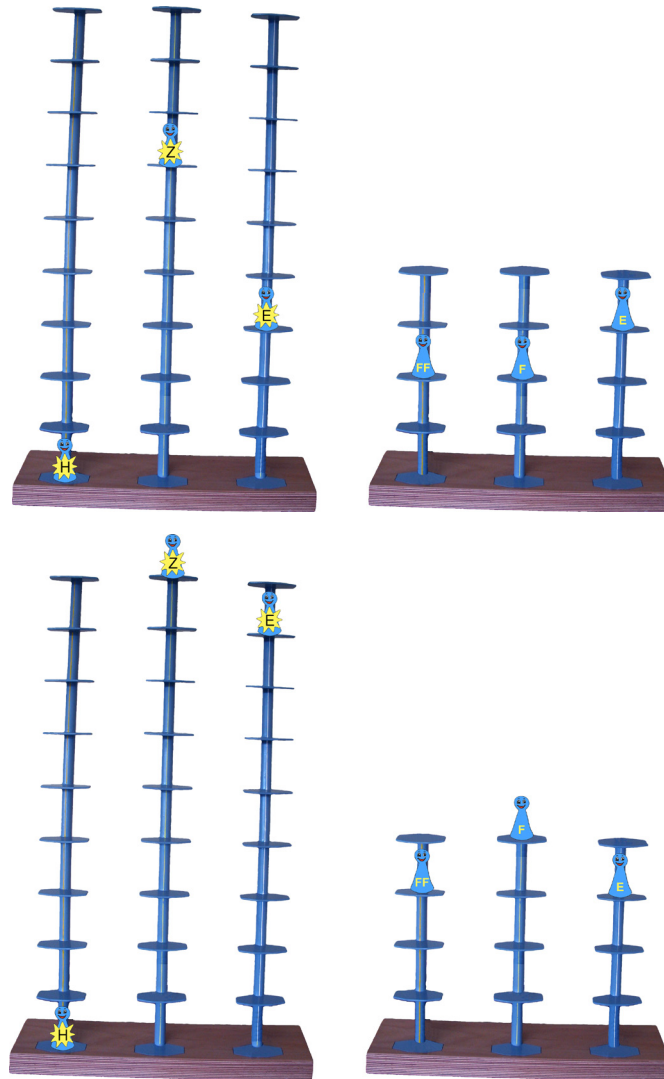
Stellaner in Freundschaftsfarben: Sie verkörpern mit ihren Positionen im Zahlenraum von null bis neunhundertneunundneunzig die durch die Hunde in Abb. 12.9 bzw. 12.10 verkörperten Zahlen: 74, 164, 108.



**Abbildung 12.14**

In jedem Leitersystem steht die Leiter ganz rechts mit ihrem Sprossenabstand für einen Sterntaler pro Hüpfen. Wofür die Hüpfen auf den weiteren Leitern eines Leitersystems stehen, hängt vom ‚Takt‘, also einer bestimmten Vervielfachung, ab. Diese wird von der in jedem Leitersystem für alle Leitern konstanten Sprossenanzahl bestimmt. Links: 5 Sprossen pro Leiter, also 5er-System; verkörpert ist  $1FF+0F+1E$ , kurz: 101. Rechts: 2 Sprossen pro Leiter, also 2er-System; verkörpert ist ebenfalls 101, hier aber in der Bedeutung  $1\cdot4 + 0\cdot2 + 1\cdot1$ .





**Abbildung 12.15**

Oben: Sowohl anhand eines 10er-Leitersystems als auch anhand eines 5er-Leitersystems wird ein Guthaben an dreiundsechzig Sterntalern angezeigt.

Die Einer-Leiter ist in beiden Systemen für die Verbuchung von drei Sterntalern ausreichend. Damit stimmen beide formalen Zahldarstellungen in der Einer-Stelle überein. Für die Verbuchung der verbleibenden sechzig Sterntaler reicht im Dezimalsystem bereits die nächste Leiter, nämlich die Zehner-Leiter, aus – schriftlich ergibt sich insgesamt in Kurzform 63 (dezimal).

Im Quinärsystem können anhand der nächsten Leiter, der 5er-Leiter, nur maximal zwanzig Sterntaler verbucht werden. Das reicht zur Verkörperung von sechzig nicht aus. Daher muss zusätzlich die nächste Leiter, die 25er-Leiter, einbezogen werden. Auf ihr können fünfzig Sterntaler verbucht werden, die Verbuchung weiterer zehn auf der 5er-Leiter führt zur gewünschten Verbuchung von sechzig Sterntalern – schriftlich ergibt sich insgesamt in Kurzform 223 (quinär).

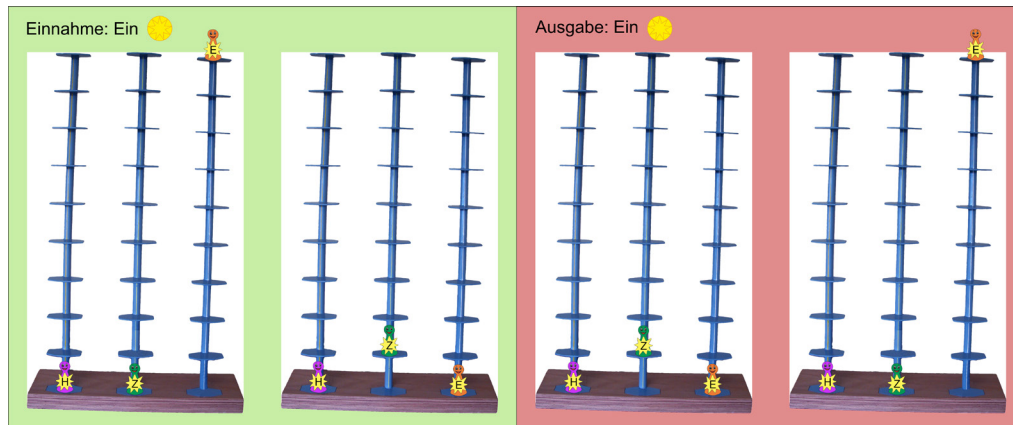
Unten: Analoge Überlegungen führen zur Verkörperung von achtundneunzig Sterntalern im 10er- bzw. 5er-Leitersystem sowie zu den schriftlichen Kurzformen 98 (dezimal) bzw. 343 (quinär).

Festzuhalten ist, dass in jedem dieser Leitersystem – ausgehend von null Sterntalern – jeder weitere hinzukommende Sterntaler ordnungsgemäß verbucht werden kann, wenn auch einem unterschiedlichen Takt folgend. Damit lässt sich in jedem Leitersystem prinzipiell jede Zahl verkörpern, so dass die universelle Darstellbarkeit von Zahlen gegeben ist.

Entscheidend sind die Bewegungen der Stellener, die sie in einem Leitersystem bei Veränderungen des Guthabens an Sterntalern vornehmen. Solange der Einer-Stellener bei der Einnahme bzw. der Ausgabe um einen Sterntaler dazu passend eine Sprosse nach oben oder unten hüpfen kann, ist die Verbuchung einfach. Schwieriger wird es, wenn er bereits auf der obersten bzw. untersten Sprosse steht. Der Einer-Stellener kann dann die notwendige Verbuchungs-Arbeit nicht mehr allein übernehmen; Abbildung 12.16 zeigt dazu Beispiele.

### Abbildung 12.16

Weder die Verbuchung der Einnahme noch der Ausgabe eines Sterntalers kann vom Einer-Stellaner alleine übernommen werden. Links: Einnahme eines Sterntalers. Problem: Es ist keine weitere Sprosse vorhanden, auf die der Einer-Stellaner hochhüpfen kann. Um gleichwohl eine Zunahme beim Guthaben zu dokumentieren, gibt er seinem linken Nachbarn ein Signal, so dass dieser eine Sprosse nach oben hüpfet. Damit wird allerdings eine Zunahme von zehn Sterntälern verbucht. Dies gleicht der Einer-Stellaner aus, indem er neunmal nach unten hüpfet, also auf seiner untersten Sprosse ankommt. Insgesamt wird hier die Einnahme eines Sterntalers verbucht als  $+10$  [Zehner-Stellaner] -  $9$  [Einer-Stellaner] =  $+1$ . Rechts: Ausgabe eines Sterntalers. Problem: Es ist keine weitere Sprosse vorhanden, auf die der Einer-Stellaner nach unten hüpfen kann. Um gleichwohl eine Abnahme beim Guthaben zu dokumentieren, gibt er seinem linken Nachbarn ein Signal, so dass dieser eine Sprosse nach unten hüpfet. Damit wird allerdings eine Abnahme von zehn Sterntälern verbucht. Dies gleicht der Einer-Stellaner aus, indem er neunmal nach oben hüpfet, also auf seiner obersten Sprosse ankommt. Insgesamt wird hier die Ausgabe eines Sterntalers verbucht als  $-10$  [Zehner-Stellaner] +  $9$  [Einer-Stellaner] =  $-1$ .



Im Falle der Einnahme eines Sterntalers, ist die Vorgehensweise des Einer-Stellaners also davon abhängig, welche Position er auf seiner Leiter bereits erreicht hat. Folgende zwei Fälle sind zu unterscheiden:

- Ja, über dem Einer-Stellaner ist eine weitere Sprosse: Er hüpfet eine Sprosse weiter nach oben.
- Nein, über dem Einer-Stellaner ist keine weitere Sprosse. Er hüpfet auf seine unterste Sprosse und sendet seinem linken Nachbarn, dem Zehner-Stellaner, ein Nach-Oben-Signal. Dieser hat seinerseits dieselben zwei Fälle zu unterscheiden:
  - Ja, über ihm ist eine weitere Sprosse: Er hüpfet eine Sprosse weiter nach oben.
  - Nein, über ihm ist keine weitere Sprosse. Er hüpfet zurück auf seine unterste Sprosse und gibt seinem linken Nachbarn, dem Hunderter-Stellaner, ein Nach-Oben-Signal. Dieser hat seinerseits dieselben zwei Fälle zu unterscheiden.
    - ..... diese Aktionen setzen sich fort, bis die Verbuchung der Einnahme dieses einen Sterntalers erfolgt ist. Ist beispielsweise bereits ein Guthaben an 999 Sterntälern verbucht und wird ein weiterer Sterntaler eingenommen, muss zur Dokumentation links eine weitere Leiter mit dem Stellaner Tella hinzugekommen werden. Bei der Verbuchung hüpfet dann letztendlich Tella von ihrer untersten Sprosse eine Sprosse nach oben; also insgesamt:  $999+1 = (999-9-90-900)+1000$ .

Damit gibt es für jeden der Stellaner zwei Arten von Hüpfen bei der Verbuchung der Einnahme eines Sterntalers:

- Den *einfachen Nach-Oben-Hüpfer* eines Stellaners – ein Hüpfen um eine Sprosse nach oben auf seiner Leiter
- Den *aufwändigen Signal-Nach-Oben-Hüpfer* eines Stellaners – dieser erfolgt, wenn keine weitere Sprosse über ihm vorhanden ist, und führt zu einem leiterübergreifenden Handeln:
  - *Hüpfen zurück* auf die unterste Sprosse seiner Leiter
  - *Senden eines Nach-Oben-Signals* an seinen linken Nachbarn, damit dieser tätig wird

Im Unterricht können dazu Rollenspiele durchgeführt werden, wobei Guthabenveränderungen vorgenommen werden und Lernende mit den Stellanern dazu passende Hüpfen durchführen.

Sind solche Verbuchungen ausreichend geklärt, kann untersucht werden, dass Analoges für Zella und Hella gilt, falls zehn bzw. hundert Sterntaler eingenommen werden, wobei ggfs. links einen weitere Leiter hinzugenommen werden muss und Tella mit ins Spiel kommt.

Auch bei der *Ausgabe* eines Sterntalers, ist die Vorgehensweise des Einer-Stellaners davon abhängig, welche Position er auf seiner Leiter bereits erreicht hat. Folgende zwei Fälle sind zu unterscheiden:

- Ja, unter dem Einer-Stellaner ist eine weitere Sprosse: Er hüpf eine Sprosse weiter nach unten.
- Nein, unter dem Einer-Stellaner ist keine weitere Sprosse. Er hüpf auf seine oberste Sprosse und sendet seinem linken Nachbarn, dem Zehner-Stellaner, ein Nach-Unten-Signal. Dieser hat seinerseits dieselben zwei Fälle zu unterscheiden:
  - Ja, unter ihm ist eine weitere Sprosse: Er hüpf eine Sprosse weiter nach unten.
  - Nein, unter ihm ist keine weitere Sprosse. Er hüpf auf seine oberste Sprosse und sendet seinem linken Nachbarn, dem Hunderter-Stellaner, ein Nach-Unten-Signal. Dieser hat seinerseits dieselben zwei Fälle zu unterscheiden.
    - ..... diese Aktionen setzen sich fort, bis die Verbuchung der Ausgabe dieses einen Sterntalers erfolgt ist. Ist beispielsweise mit vier Leitern unter Zunahme von Tella bereits ein Guthaben an 1000 Sterntalern verbucht und wird ein Sterntaler ausgegeben werden alle vier Stellaner tätig. Ella: +9, Zella: +90, Hella: +900, Tella: -1000; also:  $1000-1 = (9+90+900)+(1000-1000)$

Damit gibt es für jeden der Stellaner zwei Sorten Hüpfen bei der Verbuchung der Ausgabe eines Sterntalers:

- Den *einfachen Nach-Unten-Hüpfen* eines Stellaners – ein Hüpfen um eine Sprosse nach unten auf seiner Leiter
- Den *aufwändigen Signal-Nach-Unten-Hüpfen* eines Stellaners, der aufgrund einer mangelnden weiteren Sprossen unter ihm ein leiterübergreifendes Handeln bewirkt:
  - *Hüpfen* auf die oberste Sprosse seiner Leiter
  - *Senden eines Nach-Unten-Signals* an seinen linken Nachbarn, damit dieser tätig wird

Die Ausgabe eines Sterntalers in unterschiedlichen Ausgangssituationen wird wieder in Rollenspielen ausgiebig erkundet.

Die Überlegungen zur Einnahme bzw. Ausgabe von zehn, hundert, tausend, usw. Sterntalern sind analog. Hier zahlt sich die Komprimierung aus. Zella, Hella, Tella sind auf Leitern gleicher Struktur wie Ella unterwegs. Das heißt sie verhalten sich auf ihren Sprossen wie Ella, nur dass Ella keinen rechten Nachbarn hat (es sei denn, Dezimalzahlen werden eingeführt) und dass ihre einzelnen Sprünge für die jeweils um eins höhere Zehnerpotenz stehen. Der Unterschied ist also ‚lediglich‘ die Größenordnung; Das Verhalten der Stellaner in ihren Leitern unter Einbezug ihres jeweils linken Nachbar-Stellaners gleicht sich. Dies ist einerseits nützlich, da stets dieselben Aktionen erfolgen und die algorithmische Vorgehensweise dadurch einfach bleibt, andererseits jedoch ‚gefährlich‘ und ‚undurchsichtig‘, da die jeweilige Größenordnung allzu leicht gedanklich vernachlässigt wird und dadurch z. B. bei Sachaufgaben unbedacht merkwürdige Ergebnisse ‚ausgerechnet‘ werden.

### Abbildung 12.17

Die Stellaner müssen zusammenarbeiten, wenn einer alleine die Buchung nicht vornehmen kann.  
Links: Ein Sterntaler kommt hinzu. Der Einer-Stellaner steht auf seiner höchsten Stufe. Er kann diesen nicht verbuchen. Er sendet dem Zehner-Stellaner ein Nach-Oben-Signal. Links oben: Der Zehner-Stellaner kann mit einem Hüpfen nach oben eine Erhöhung des Guthabens verbuchen, allerdings dokumentiert er damit einen Anstieg um zehn Sterntaler. Dies korrigiert der Einer-Stellaner, indem er neun Hüpfen nach unten durchführt und seine unterste Sprosse erreicht. [239+1=239+10-9=240]  
Links unten: Auch der Zehner-Stellaner kann keine weitere Erhöhung des Guthabens verbuchen. Er sendet dem Hunderter-Stellaner ein Signal. Dieser hüpf eine Sprosse nach oben, allerdings dokumentiert er damit einen Anstieg um hundert Sterntaler. Dies korrigiert zunächst der Zehner-Stellaner, indem er mit neun Hüpfen nach unten auf seine unterste Sprosse den Guthaben-Anstieg auf nur noch zehn Sterntaler korrigiert. Dies korrigiert schließlich der Einer-Stellaner, indem er mit neun Hüpfen nach unten auf seine unterste Sprosse den Guthaben-Anstieg auf einen Sterntaler korrigiert. [499+1=499+100-99=500]

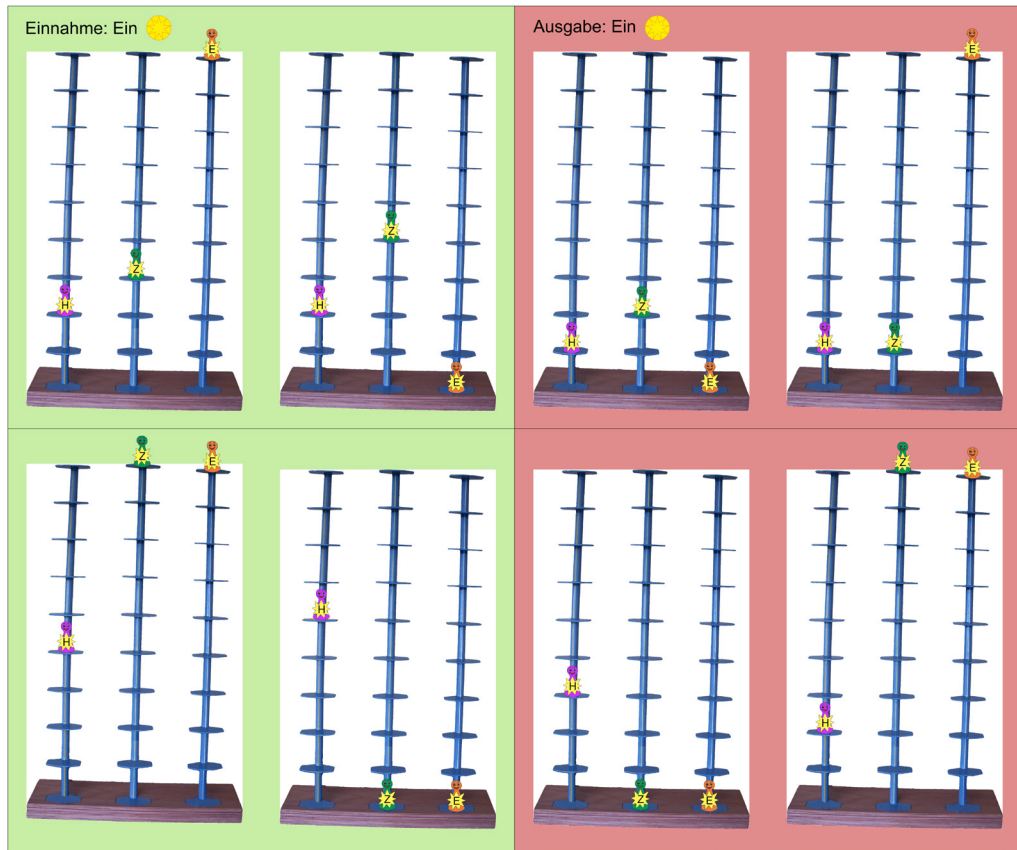


Abbildung 12.17 zeigt Beispiele, die eine aufwändigere Team-Arbeit der Stellaner bei der Verbuchung der Einnahme bzw. Ausgabe eines Sterntalers erfordern:  $239+1$ ,  $499+1$ ,  $120-1$ ,  $300-1$ .

Die Leitern laden zu vielen Erkundungen ein. Z. B. kann überlegt werden, wie so gebucht werden kann, dass die Stellaner mehr oder weniger aufwändig tätig werden müssen. So kann etwa untersucht werden, wie  $58+23$  berechnet werden kann, z. B. als  $58+3+20=61+20$  oder als  $58+2+21=60+21$ . Hierzu gibt es sehr viele Aufgabenbeispiele, die von den Lernenden auch selbst aufgestellt werden können, so z. B. die Untersuchung von  $297+428$  (297 ist fast 300). Erhellend ist auch, dass die Stellaner nicht zwingend von rechts nach links in ihren Leitern tätig werden müssen. So kann in Rollenspielen untersucht werden, was passiert, wenn die Reihenfolgen geändert werden, also nicht erst Ella tätig wird, sondern Hella oder Zella.

Interessant ist zudem, auffällige Bewegungsmuster durchzuspielen. Zum Beispiel:

- $0+11+11+11+11+11+11+11+11+11$  (also 11 neunmal zu addieren), was faktisch immer  $+1+10$  entspricht, wobei Ella und Zella im Gleichklang hüpfen können und immer auf benachbarten Sprossen landen: 0,11,22,33,44,55,66,77,88,99.

- $9+9+9+9+9+9+9+9+9$  (also zu 9 weitere neunmal 9 zu addieren), was faktisch immer +10-1 entspricht, wobei Zella und Ella gegenläufig hüpfen: Zella immer eine Sprosse nach oben, Ella immer eine Sprosse nach unten: 9,18,27,36,45,54,63,72,81,90.

Einige Rechnungen machen gerade in der Ausführung der Bewegungen richtig Spaß. Es gibt noch vieles Weiteres zu erkunden und die Lernenden vertiefen sich dabei in Zahlbeziehungen die maßgeblich durch die Art und Weise der Verkörperung von Zahlen in dezimaler Stellenwertnotation bestimmt sind.

Anzustreben ist, solche Untersuchungen in Leitersystemen unterschiedlicher Höhe vorzunehmen und hierbei Gleichheiten und Unterschiede festzustellen.

Tatsächlich ist der Einfluss der Höhe eines Leitersystems, seine Sprossenzahl pro Leiter, auffällig. Plus/minus zehn, plus/minus hundert, plus/minus tausend usw. lässt sich besonders leicht in einem Leitersystem der Höhe zehn Sprossen verbuchen. Was gilt in Leitersystemen anderer Höhe? Das Dreier-Einmaleins ist z. B. besonders einfach im Leitersystem der Höhe drei Sprossen abzuhüpfen, auch steht bei solchen Zahlen Ella immer auf der untersten Sprosse. In einem Leitersystem der Höhe sechs Sprossen steht Ella bei Zahlen aus dem Dreier-Einmaleins abwechselnd auf der untersten Sprosse bzw. drei Hüpfen weiter oben. Verdoppeln / Halbieren ist besonders einfach im kleinsten Leitersystem, dem 2er-System, analog das Verzehnfachen / Zehnteln im 10er-System oder eben allgemein das n-fache oder n-teln in einem n-er-System. Zum Beispiel gilt:

$$254 \cdot 10 = (2 \cdot 100 + 5 \cdot 10 + 4 \cdot 1) \cdot 10 = 2 \cdot 100 \cdot 10 + 5 \cdot 10 \cdot 10 + 4 \cdot 1 \cdot 10 = 2 \cdot 1000 + 5 \cdot 100 + 4 \cdot 10.$$

Im 10er-Leitersystem ändern sich die Positionen der Stellanten systematisch: Für jeden Sterntaler, den Ella verbucht hat, verbucht Zella nun das Zehnfache, im Beispiel also  $4 \cdot 10$ . Ebenso verbucht Hella das Zehnfache dessen, was ursprünglich Hella verbucht hatte, im Beispiel also  $5 \cdot 10 \cdot 10$  und schließlich Tella das Zehnfache dessen, was ursprünglich Hella verbucht hatte, im Beispiel also  $2 \cdot 100 \cdot 10$ . Wird gezehntelt, gilt die Umkehrung, wobei ein Rest größer null anfallen kann, nämlich die Anzahl der ursprünglich von Ella angezeigten Sterntaler. Steht Ella zu Beginn auf Sprosse null, geht die Rechnung glatt auf.

Dies gilt analog in jedem Leitersystem, wenn eine darin verkörperte Zahl mit dessen Höhe, also der Anzahl der Sprossen seiner Leitern vervielfacht oder geteilt wird. Interessant im 2er-Leitersystem ist, dass die Position von Ella nur 0 oder 1 sein kann. Daran lässt sich unmittelbar erkennen, ob eine gerade oder ungerade Zahl verkörpert ist, sich beim Halbieren also der Rest null oder eins ergibt.

Es ist wichtig, solche Zusammenhänge hinsichtlich der Basis eines Stellenwertsystems zu erkunden, sich in diese einzudenken und diese dadurch wirklich zu verstehen. Redeweisen wie „eine ‚0‘ anhängen“ oder „die letzte Ziffer abschneiden“ drücken keine mathematische Operation aus und beziehen sich nur auf das Schriftbild einer Zahl.

Interessant ist die Untersuchung von Möglichkeiten wie ein Guthaben an Sterntalern, das in einem Leitersystem verbucht ist, in einem anderen Leitersystem verbucht werden kann. Das Guthaben ändert sich nicht, wohl aber die Art und Weise der Darstellung. Erkundet werden können z. B. folgende Vorgehensweisen:

- Im Ausgangs-Leitersystem wird fortwährend um eins rückwärts gezählt und dafür im Ziel-Leitersystem um eins vorwärts gezählt. Das mag lange dauern, vertieft aber das Ver-

ständnis der Stellaner-Team-Arbeit, auf welche Weise sie ihr Guthaben in den beiden Leitersystemen dokumentieren.

- Im Ausgangs-Leitersystem wird der größtmögliche Wert abgebucht, der hinsichtlich des Ziel-Leitersystems in einer Leiter möglich ist. Damit kann mit Hüpfern, die größeren Beträgen entsprechen, schneller die Dokumentation eines Guthabens nachgehüpft werden. Soll z. B. ein Guthaben, das von Stellanern in ihrem 10er-Leitersystem dokumentiert ist, von Stellanern in deren 2er-Leitersystem verbucht werden, kann von der hier höchstwertigen Leitersprosse aus gedacht werden, die für möglichst viel des Ausgangs-Guthabens steht. Im Fall von 41 Sterntalern wären direkt 32 Sterntaler im 2er-Leitersystem verbuchbar auf der oberen Sprosse der sechsten Leiter. Werden diese im 10er-Leitersystem verbucht, können dort die Stellaner mit ihren neuen Positionen anzeigen, dass noch weitere 9 Sterntaler zu verbuchen sind. Im 2er-Leitersystem kann dafür nun ein Stellaner auf der vierten Leiter auf die obere Sprosse hüpfen. Antizipiert werden kann, dass damit nur noch ein Sterntaler zur Verbuchung übrigbleibt, um den Prozess abzuschließen. Es sollte nicht versäumt werden, die Lernenden zu ermuntern, die Handlungen vollständig auszuführen, sprich im 10er-Leitersystem die 8 Sterntaler zu verbuchen, dafür die Verbuchung im 2er-Leitersystem vorzunehmen und schließlich den wechselweisen Prozess mit der Verbuchung letzten Sterntaler zu vollenden.

Wertvoll ist in diesem Zusammenhang auch, im Falle eines vorgegebenen Guthabens zu entscheiden, in welchem Leitersystem es verbucht werden soll. Daran anschließend kann entschieden werden, in welchem anderen Leitersystem es ebenfalls verbucht werden soll. Manche Leitersysteme harmonieren gut wie etwa die 2er-, 4er-, 8er-Leitersysteme, nicht aber beispielsweise die 3er- und 8er-Leitersysteme. Wichtig ist, die Zusammenhänge nicht vorzugeben, sondern die Lernenden anhand geeigneter Aufgabenstellungen selbst erkunden zu lassen und sie dabei behutsam anzuleiten.

Je nach Stellenwertsystem fällt spätestens ab dem Einbezug der zweiten Leiter von rechts die verkürzte schriftliche Zahldarstellung unterschiedlich aus. Interessante Vergleiche von Ziffernmustern und damit zusammenhängenden Zahleigenschaften sind möglich, einige zu untersuchende Fälle sind in den Tabellen 12.2 und 12.3 aufgeführt. Regelmäßige Muster in der einen Zahldarstellung können Regelmäßigkeiten in einer anderen Zahldarstellung entsprechen oder auch nicht. Solche Übungen sind eine gute Gelegenheit, sich die Zusammensetzung einer Zahl aus Bauteilen wie sie in der Zahlschrift ausgedrückt ist, bewusst zu machen und sich dessen gewahr zu sein, dass immer die Größenordnung einer Stelle mitbedacht werden muss. Wichtige Erkenntnis ist: Ein und dieselbe Zahl ist unterschiedlich zusammensetzbar, unterschiedlich verkörperbar und unterschiedlich formal-symbolisch notierbar.






Eine Balance mag erstrebenswert sein zwischen benötigter Anzahl an Stellen und symbolischer Komplexität oder auch der Eigenschaften von Ziffernmuster im Hinblick auf die Eigenschaften einer Zahl.

Hilfreich ist auch, wieder den Zahlenstrahl einzusetzen. Hier wird besonders gut deutlich, dass dieselbe Zahl gemeint ist, auch denn die Beschriftung unterschiedlich ausfällt. Abbildung 12.18 zeigt wie Stellaner-Hunde jeweils ausgehend von ihrer Position null zu ihrer Position acht gehüpft sind, wofür alle acht Hüpfen benötigen. In welchem System sie unterwegs sind, wird durch die Beschriftung ihrer Hüte angezeigt. Der Zahlenstrahl ist zwar nur zur Beschäftigung mit kleineren Zahlenräumen geeignet, Zahlenstrahle mit unterschiedlichen Beschriftungen sollten aber gleich-

wohl im Zusammenhang mit unterschiedlichen Leitersystemen eingesetzt. In Rollenspielen kann von den Lernenden erkundet werden, wie Stellaner-Hunde im Vergleich zu den Stellanern hüpfen und was dies für die jeweilige Beschriftung einer erreichten Zahlenstrahl-Position bedeutet.

## Binärsystem

Das Binärsystem bildet die Grundlage der digitalen Informationsverarbeitung. Seiner unterrichtlichen Behandlung kommt eine Schlüsselfunktion zu. Hierfür stehen Stellaner bereit, die – zumindest für die kleineren Zweierpotenzen – passende Quadrat- oder Punkt-Muster aufweisen. Sie stehen so dicht zueinander, dass statt vom Senden eines Signals auch die Rede davon sein kann, dass ein Stellaner einen anderen schubst.

Dezimal-system 	Binär-system 	Quaternär-system 	Oktal-system 	Quinär-system 
2 [2·1]	10 [1·2+0·1]	2 [2·1]	2 [2·1]	2 [2·1]
4 [4·1]	100 [1·4+0·2+0·1]	10 [1·4+0·1]	4 [4·1]	4 [4·1]
5 [5·1]	101 [1·4+0·2+1·1]	11 [1·4+1·1]	5 [5·1]	10 [1·5+0·1]
8 [8·1]	1000 [1·8+0·4+0·2+0·1]	20 [2·4+0·1]	10 [1·8+0·1]	13 [2·5+3·1]
10 [1·10+0·1]	1010 [1·8+0·4+1·2+0·1]	22 [2·4+2·1]	12 [1·8+2·1]	20 [4·5+0·1]
16 [1·10+6·1]	10000 [1·16+0·8+0·4+0·2+0·1]	100 [1·16+0·4+0·1]	20 [2·8+0·1]	31 [3·5+1·1]
25 [2·10+5·1]	11001 [1·16+1·8+0·4+0·2+1·1]	121 [1·16+2·4+1·1]	31 [3·8+1·1]	100 [1·25+0·5+0·1]
50 [5·10+0·1]	110010 [1·32+1·16+0·8+0·4+1·2+0·1]	302 [3·16+0·4+2·1]	62 [6·8+2·1]	200 [2·25+0·5+0·1]
100 [1·100+0·10+0·1]	1100100 [1·64+1·32+0·16+0·8+1·4+0·2+0·1]	1210 [1·64+2·16+1·4+0·1]	144 [1·64+4·8+4·1]	400 [4·25+0·5+0·1]
625 [6·100+2·10+5·1]	1001110001 [1·512+0·256+0·128+1·64+1·32+1·16+0·8+1·4+0·2+1·1]	21301 [2·256+1·64+3·16+0·4+1·1]	1161 [1·512+1·64+6·8+1·1]	10000 [1·625+0·125+0·25+0·5+0·1]

**Tabelle 12.2**

Das „Aussehen“ schriftlicher Zahldarstellungen vergleichen. Nicht eine Zahl selbst ist „rund“, sondern ihre schriftliche Zahldarstellung endet mit einer bestimmten Ziffer (z. B. ...0) oder Ziffernfolge (z. B. ...00). Nicht eine Zahl selbst besitzt eine bestimmte Stelligkeit/Zifferigkeit (z. B. zweistellig, zweiziffrig), sondern ihre schriftliche Zahldarstellung besteht aus einer bestimmten Anzahl an Ziffern bzw. benötigt eine bestimmte Anzahl an Stellen (z. B. acht: dezimal: eine Ziffer/Stelle, binär: vier Ziffern/Stellen).

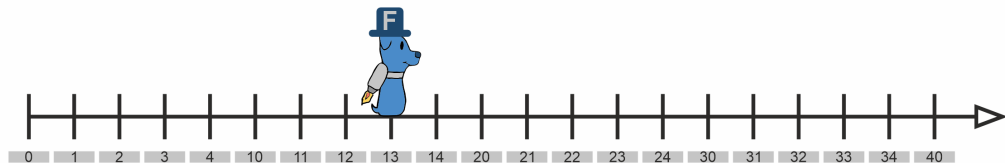
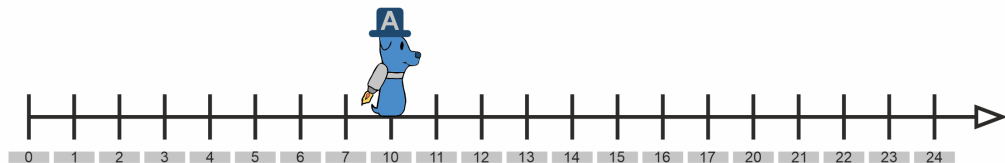
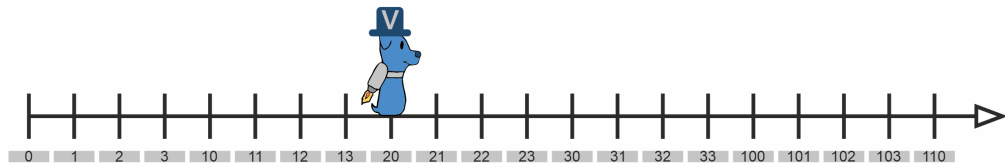
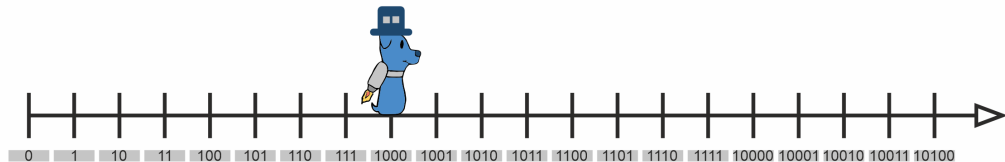
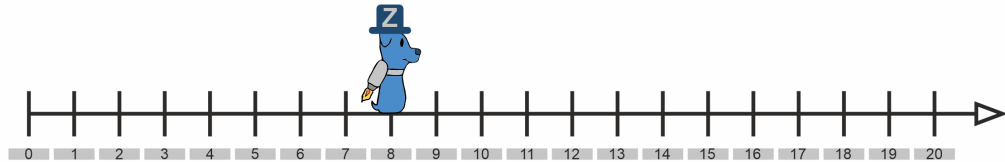
Dezimal-system	Binär-system	Quaternär-system	Oktal-system	Quinär-system
3	11	3	3	3
15	1111	33	17	30
31	11111	133	37	111
63	111111	333	77	223
64	1000000	1000	100	234

**Tabelle 12.3**

Manche Ziffernmuster sind auffällig und laden zur näheren Betrachtung und zum Vergleichen ein.

### Abbildung 12.18

Wird eine bestimmte Zahl gewählt – in diesem Beispiel die Zahl Acht – offenbart sich am Zahlenstrahl ihre Zusammensetzung aus acht Hüpfen, also aus achtmaligem ‚+1‘ von der Startzahl 0 aus. Die von den Hunden erreichte Position ist immer dieselbe. Allerdings fällt die Beschriftung der Positionen unterschiedlich aus: sie richtet sich nach dem gewählten Stellenwertsystem und damit nach der Entscheidung, welche Basis für die Aufschlüsselung einer Zahl gemäß der Stellenwertsystem-Idee gewählt wird. Die Beschriftung der Hüte zeigt an, in welchem System sie unterwegs sind. Die kann auch dadurch abgeleitet werden, dass untersucht wird, an welcher Position erstmalig die Beschriftung mit der Ziffernfolge 10 gegeben ist.

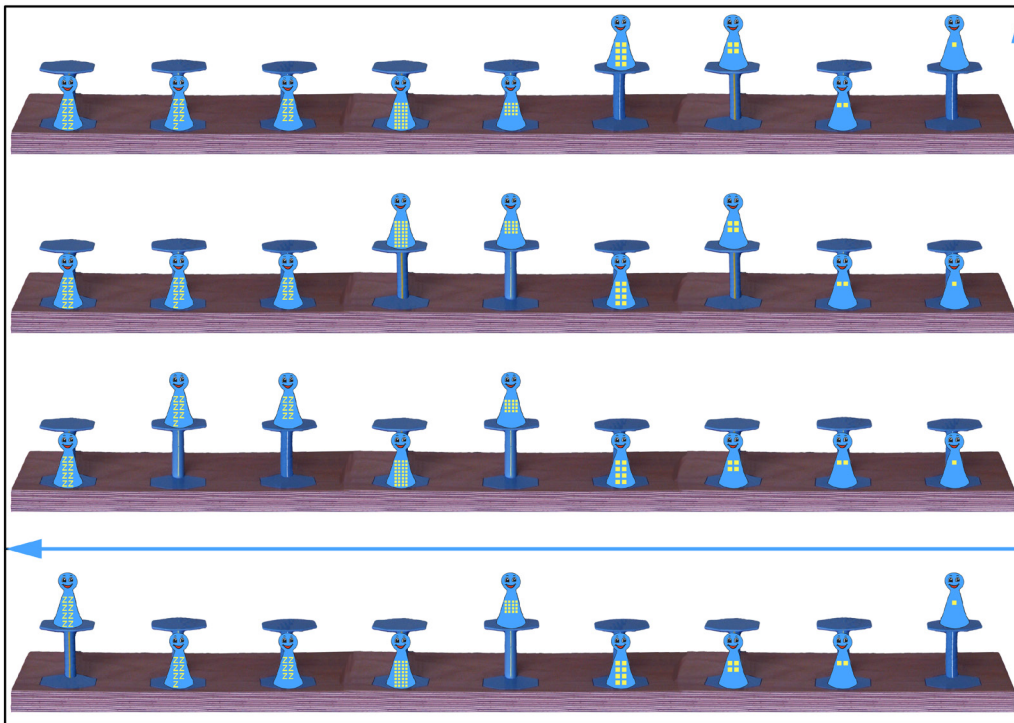


Die Berechnungen im kleinen Eins-plus-Eins wie auch im kleinen Ein-mal-Eins reduzieren sich im Binärsystem auf sehr wenige, einfache Fälle (die binäre Zahldarstellung wird in der Schriftform nur im Fall 1+1 sichtbar):

- Addition:  $0+0=0$ ,  $0+1=1$ ,  $1+0=1$ ,  $1+1=10$
- Multiplikation:  $0\cdot0=0$ ,  $0\cdot1=0$ ,  $1\cdot0=0$ ,  $1\cdot1=1$

Abbildung 12.19 zeigt die Addition dreier Summanden. In der untersten Reihe haben die Stellener die drei darüber angezeigten Guthaben zusammengeführt, also aufaddiert. Wie sie zu ihrer Endstellung gelangt sind, ist natürlich zu erforschen. Im nachfolgenden Kapitel wird diese Berechnung wieder aufgegriffen.

Im Prinzip kann in der untersten Reihe jeder Stellener mit seiner Aktivität beginnen, und jeder weitere die Verbuchung fortsetzen. Aus praktischen Gründen ist es ratsam, stellenweise in einer



**Abbildung 12.19**

Wie hoch ist das Gesamtguthaben an Sterntalern?  
Die Verwaltung dreier einzelner Guthaben wird zur Ermittlung zusammengeführt und liefert mit der unteren Stellaner-Konstellation das Ergebnis.

Das Gesamtguthaben beträgt:  
 $1 \cdot 256 + 0 \cdot 128 + 0 \cdot 64 + 0 \cdot 32 +$   
 $1 \cdot 16 + 0 \cdot 8 + 0 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1$   
 Sterntaler;  
 und damit kurz in Binärschrift: 100010001.

festen Reihenfolge von rechts nach links vorzugehen und dabei die darüber gegebenen Positionen von unten nach oben zu verarbeiten.

Weiteres Experimentieren mit anderen Vorgehensweisen macht Spaß und ist lernförderlich. Zum Beispiel könnte man sich fragen, warum im Ergebnis der ganz linke Stellaner überhaupt zum Einsatz kommt oder weshalb hierbei sechs Stellaner ganz unten stehen. Haben sie nichts zu tun? In Abbildung 12.20 ist eine mögliche Vorgehensweise zur Erzeugung des Ergebnisses vorgeführt. In Abbildung 12.21 erfolgt eine verkürzte Darstellung aus einer Außenperspektive heraus.


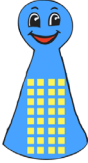




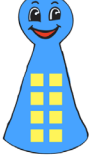

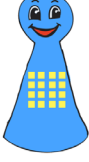
Wichtig ist, die Prozesssicht einzunehmen: Die Stellaner, die an der Verbuchung beteiligt sind, hüpfen um eins nach oben oder unten – allerdings nur dann, wenn sie dran sind und es für sie tatsächlich etwas zu tun gibt.

Ein großer Fehler besteht darin, den Lernenden nicht genügend Zeit zu lassen, um sich mit dem Prozess dieser schrittweisen Verbuchung vertraut zu machen. Was für Erwachsene umständlich erscheinen mag, ist im Lernprozess unverzichtbar. Nur ein tiefes Verständnis der Funktionsweise eines Stellenwertsystems hilft, grundlegende Fehler zu vermeiden – etwa die Stellenwertgröße nicht mitzudenken oder notwendiges stellenübergreifendes Handeln zu missachten.

Wird eine Zahl daraufhin untersucht, ob sie gerade oder ungerade ist, also beim Teilen durch zwei den Rest null oder eins ergibt, lässt sich dies in ihrer Darstellung im Binärsystem besonders leicht ablesen: Steht an der Stelle ganz rechts 0, so ist die Zahl gerade, steht dort 1, so ist die Zahl ungerade. Wird eine Zahl halbiert, also durch zwei geteilt, bedeutet das hinsichtlich ihrer Darstellung im Binärsystem, dass die Einträge aus allen Stellen um eine Stelle nach rechts rücken und

### Abbildung 12.20

Aktion für Aktion: Eine Vorgehensweise der Stellaner zur Ermittlung ihres Gesamtguthabens aus Abb. 12.19: Vom 1er-Stellaner bis zum 256er-Stellaner, also von rechts nach links – und in einer Zusammenführung der Teilverbuchungen von unten nach oben.

 <p>Sieht einen 1er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen weiteren 1er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen 1er-Stellaner in Position eins → hüpf eins nach oben.</p>	 <p>REAGIERT auf den Schubser seines 32er-Nachbarn → hüpf nach oben. Sieht einen 32er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen 32er-Stellaner in Position eins → hüpf nach unten UND schubst seinen 64er-Nachbarn. Sieht einen weiteren 32er-Stellaner in Position null → bleibt stehen.</p>
 <p>Sieht einen 2er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen weiteren 2er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht noch einen 2er-Stellaner in Position null → bleibt stehen.</p>	 <p>REAGIERT auf den Schubser seines 32er-Nachbarn → hüpf nach oben. Sieht einen 64er-Stellaner in Position eins → hüpf nach unten UND schubst seinen 128er-Nachbarn. Sieht einen 32er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen weiteren 32er-Stellaner in Position null → bleibt stehen.</p>
 <p>Sieht einen 4er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen 4er-Stellaner in Position eins → hüpf nach oben. Sieht noch einen 4er-Stellaner in Position eins → hüpf nach unten UND schubst seinen 8er-Nachbarn.</p>	 <p>REAGIERT auf den Schubser seines 64er-Nachbarn → hüpf nach oben. Sieht einen 128er-Stellaner in Position eins → hüpf nach unten UND schubst seinen 256er-Nachbarn. Sieht einen 128er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen weiteren 128er-Stellaner in Position null → bleibt stehen.</p>
 <p>REAGIERT auf den Schubser seines 4er-Nachbarn → hüpf nach oben. Sieht einen 8er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen weiteren 8er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht zudem einen 8er-Stellaner in Position eins → hüpf nach unten UND schubst seinen 16er-Nachbarn.</p>	 <p>REAGIERT auf den Schubser seines 128er-Nachbarn → hüpf nach oben. Sieht einen 256er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht einen weiteren 256er-Stellaner in Position null → bleibt stehen. Sieht noch einen 256er-Stellaner in Position null → bleibt stehen.</p>
 <p>REAGIERT auf den Schubser seines 8er-Nachbarn → hüpf nach oben. Sieht einen 16er-Stellaner in Position eins → hüpf nach unten UND schubst seinen 32er-Nachbarn. Sieht einen weiteren 16er-Stellaner in Position eins → hüpf nach oben.</p>	<p>Weitere Leitern und zugehörige Stellaner werden nicht benötigt.</p>

 <p>Übernimmt einfach die Position aus der ersten Reihe.</p>	 <p>Mit der Übergabe seines rechten Nachbarn ist er bereits auf seine obere Position gehüpft. Er sieht eine weitere zweiunddreißig. Dies ergibt vierundsechzig. Dafür ist sein linker Nachbar zuständig. Er übergibt und hüpf wieder auf Position null.</p>
 <p>Hat nicht zu tun.</p>	 <p>Mit der Übergabe seines rechten Nachbarn ist er bereits auf seine obere Position gehüpft. Er sieht eine weitere vierundsechzig. Dies ergibt einhundertachtundzwanzig. Dafür ist sein linker Nachbar zuständig. Er übergibt und hüpf wieder auf Position null.</p>
 <p>Sieht zwei Vierer, zusammen acht. Dafür ist sein linker Nachbar zuständig. Er übergibt und kann selbst auf Position null bleiben.</p>	 <p>Mit der Übergabe seines rechten Nachbarn ist er bereits auf seine obere Position gehüpft. Er sieht eine weitere einhundertachtundzwanzig. Dies ergibt zweihundertsechsfundfünfzig. Dafür ist sein linker Nachbar zuständig. Er übergibt und hüpf wieder auf Position null.</p>
 <p>Mit der Übergabe seines rechten Nachbarn ist er bereits auf seine obere Position gehüpft. Er sieht eine weitere acht. Dies ergibt sechzehn. Dafür ist sein linker Nachbar zuständig. Er übergibt und hüpf wieder auf Position null.</p>	 <p>Mit der Übergabe seines rechten Nachbarn ist er bereits auf seine obere Position gehüpft. Mehr gibt es für ihn nicht zu tun.</p>
 <p>Mit der Übergabe seines rechten Nachbarn ist er bereits auf seine obere Position gehüpft. Er sieht zwei weitere Sechzehner, also zweiunddreißig. Dafür ist sein linker Nachbar zuständig. Er übergibt und kann selbst auf seiner oberen Position bleiben.</p>	<p>Weitere Leitern und zugehörige Stellaner werden nicht benötigt.</p>

**Abbildung 12.21**

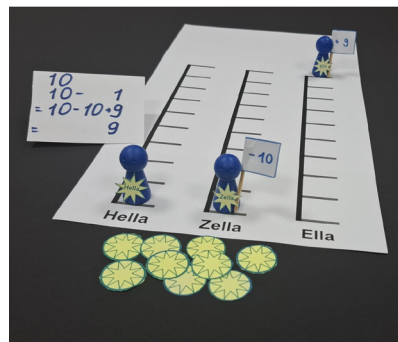
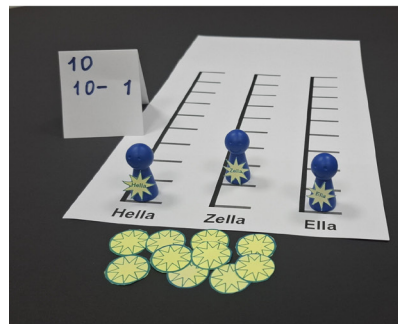
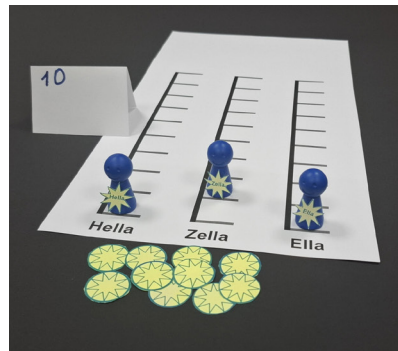
Verdichtete Sichtweise von außen zur Ermittlung des Gesamtguthabens aus Abb. 12.19: Die unteren Positionen können bei den Verbuchungen der Teilguthabens außer Acht gelassen werden. Bei den oberen Positionen gilt die besondere Aufmerksamkeit der Frage, ob im Ergebnis ein Schubser des jeweils linken Nachbarn zustande kommt, sodass hier mit zwei Stellenstellenübergreifend zu handeln ist.

die Stelle ganz rechts dabei entfällt, wenn es nicht auf den Rest ankommt bzw. zusätzlich der Rest mit 0 oder 1 notiert. Wichtig ist, dass wie weiter oben betont, die Lernenden zunächst ein Verständnis in aller Ausführlichkeit mit der Verkörperung von Zahlenräumen in unterschiedlichen Leitersystemen erwerben, den Sinn sprichwörtlich im Handeln begreifen, um dann mit den für sich genommen sinnleeren Symbolen sinnhaft umgehen zu können.

Es ist einfach, Spielpläne für die Stellenanre zu erstellen und an die Lernenden zur individuellen Arbeit zu verteilen. Ein Beispiel zeigt Abbildung 12.22. Die einzelnen Leitern werden in der gewünschten Höhe durch Zahlenstrahle dargestellt, das wichtige handelnde Erkunden erfolgt anhand von Spielfiguren, die passend zu Rahmengeschichten gestaltet werden können.

Die hier vorgestellte Verwendung von Leitersystemen zur Erarbeitung und Behandlung von Zahlen in Stellenwertschreibweise befindet sich in guter Tradition des Ansatzes „Kernidee Zähler“

**Abbildung 12.22**  
Die Leitersysteme sind leicht auf Papier darstellbar und können mit Figuren bespielt werden.



von Peter Gallin, der gemeinsam mit seinem Kollegen Urs Ruf mit dem Konzept „Dialogisches Lernen“ sehr bekannt geworden ist. Bei den Leitersystemen der Stellaner handelt es sich faktisch um eine enaktive, sprich handlungsbasierte Umsetzung des Zählerkonzepts. Zur Abgrenzung und Einordnung zu anderen Ansätzen der Behandlung des Stellenwertsystems wie etwa den Multibasen siehe beispielsweise [GAL2012] oder [HEF2023].

## D. Äthiopische Multiplikation

*Fachlicher Inhalt:* Zahlen als Summen von Zweierpotenzen, Anwendung Binärsystem, historischer, eleganter Multiplikations-Algorithmus.

Zwei Zahlen miteinander zu multiplizieren, ist nicht einfach. Im informatischen Kontext ist lehrreich, sich über das bekannte schriftliche Multiplikationsverfahren hinaus eingehender mit der Äthiopischen Multiplikation zu beschäftigen [GAL2021, S. 123-127], vgl. z. B. [SCH2000, S. 20]. Zum einen handelt es sich um einen Algorithmus, der allein aus historischer Sicht Interesse weckt, zum anderen zeigt sich ein bemerkenswerter Zusammenhang zum Binärsystem, sodass hierfür ein guter Anwendungsfall vorliegt. Die Stoffdidaktik der Informatik mit Fokus auf sonderpädagogische Förderaspekte kann davon profitieren. Wieder kann Verständnis mithilfe von Embodiment erreicht werden.

Grundsätzlich kann man ein paar Multiplikationsergebnisse auswendig wissen (z. B. das Kleine oder auch Große Einmaleins) oder aber man muss sich die Ergebnisse erzeugen. Ein Standard ist dabei, Zwischenschritte mit einfacheren Teilmultiplikationen zu nutzen, deren Produkte schließlich addiert werden. So könnte man z. B.  $625 \cdot 24$  rechnen als

$$\begin{aligned}(500 + 125) \cdot 24 &= (500 \cdot 24) + (125 \cdot 24) \\ &= [(500 \cdot 20) + (500 \cdot 4)] + [(125 \cdot 20) + (125 \cdot 4)] \\ &= 10.000 + 2.000 + 2500 + 500 \\ &= 15.000\end{aligned}$$

und auf viele andere Weisen der Aufteilung sowohl von 625 als auch von 24.

Um eine Zahl  $z$  mit einer anderen einfach zu multiplizieren, sprich als Ergebnis das Produkt der beiden Zahlen zu erhalten, kann man sich tatsächlich auch der Zerlegung von  $z$  in Zweierpotenzen bedienen. Wie beim Erforschen der Stellenwertsysteme mit unterschiedlich hohen Leitern – intuitiv, ohne formalen Beweis – ergründet worden ist, gilt: In der Welt der Stellaner kann jede beliebige Zahl in jedem ihrer Leitersysteme, bestehend aus genügend vielen gleich hohen Leitern, verkörpert werden – darunter auch ausschließlich solchen Leitern mit lediglich zwei Sprossen.

Eine systematische Verkörperung von Zahlen ist auf vielfältige Weise möglich. Schwerpunkt des vorliegenden Beitrags ist die Annäherung und vertiefte Auseinandersetzung mit der Stellenwertsystem-Idee. Auch wenn das Verdoppeln und Halbieren einer Zahl im Binärsystem äußerst einfach ist, soll gleichwohl noch eine weitere Darstellungsform genutzt werden. Damit wird alternativ ermöglicht, das Verfahren der Äthiopischen Multiplikation zu verstehen, ohne zuvor das Binärsystem eingeführt zu haben. So eröffnen sich zwei Wege: Zunächst wird in die Stellenwertsystem-Idee einschließlich ihrer Konkretisierung als Binärsystem eingeführt, worauf aufbauend

die Äthiopische Multiplikation erarbeitet wird – bzw. umgekehrt zunächst die Äthiopische Multiplikation eingeführt, um anschließend die universelle Zerlegungsmöglichkeit einer beliebigen Zahl in die Summe von Zweierpotenzen sowie die grundlegende Stellenwertsystem-Idee näher zu erkunden.

Zweierpotenzen hängen eng mit dem Halbieren und Verdoppeln und damit auch der Eigenschaft einer Zahl, entweder gerade oder ungerade zu sein, zusammen. In den Abbildungen 12.23 und 12.24 ist für den geraden Anteil einer Zahl ein Kästchen vorgesehen, daneben ein grau gefärbter Kreis, der orange eingefärbt wird, falls ein Überschuss um Eins vorliegt, sprich eine ungerade Zahl vorliegt.

Wie in Abbildung 12.23 vorgeführt, genügt es, um die Zerlegung einer Zahl  $z$  als Summe von Zweierpotenzen zu ermitteln, einen iterativen Prozess des Halbierens der jeweils geraden Anteile von Zahlen durchzuführen und dabei zu den überschüssigen Einser-Anteilen mit den orange eingefärbten Kreisen Buch zu führen.

Durch das so vorgenommene fortgesetzte Halbieren erfolgt eine Zerlegung in zwei, dann vier, dann acht, usw. Summanden – dies tatsächlich solange bis mit orangen Kreisen ausschließlich Einser-Teile vorliegen und der Prozess des Halbierens stoppt. Zusätzlich zu den in der abschließenden Reihe erzeugten Einser-Teilen können weitere Einser-Teile im Verlauf des Prozesses entstanden sein, die ebenfalls additive Bestandteile der Ausgangszahl sind: Zunächst ein oranger Kreis, falls die Ausgangszahl ungerade ist, dann weitere in den Fällen, dass als Zwischenergebnis eine ungerade Zahl erreicht wird. Bemerkenswert ist, dass die Anzahl der neu hinzu kommenden orangen Kreise immer einer Zweierpotenz entspricht, da sie in Kombination mit den sich zeilenweise verdoppelnden Summanden-Kästchen entstehen.

Schlussendlich ist eine strukturierte Zerlegung von  $z$  in orange Kreise erreicht, deren zeilenweise Anzahl – von oben nach unten – aufsteigenden Zweierpotenzen entspricht.

Nur wenn die Ausgangszahl selbst eine Zweierpotenz ist, geht jeder Halbierungsschritt glatt auf, wobei die im Halbierungsprozess zuletzt erreichte Reihe anzeigt, um welche es sich handelt. Mit der Zeit sind die kleineren Zweierpotenzen und deren Umrechnung bekannt, so dass auf den Halbierungsprozess verzichtet werden kann.

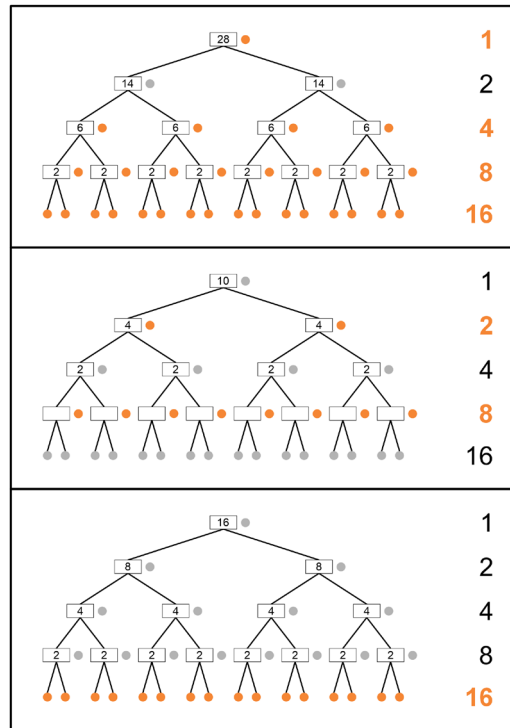
Die Ergebnisse zu den Zweierpotenzen in der ersten und der letzten Reihe lassen sich mit recht wenigen Kenntnissen direkt im Voraus erschließen:

- Mit der Ausgangszahl ist unmittelbar klar, ob 1 als Summand in der gesuchten Zweierpotenz-Zerlegung vorkommt: Ist die Ausgangszahl ungerade, dann ja, ansonsten nicht.
- Vorab erschließbar ist auch, welche Anzahl an orangen Kreisen in der letzten Reihe im Prozess erzeugt wird. Sie entspricht der größten Zweierpotenz, die unterhalb der Ausgangszahl liegt.

Hilfreich ist, im Unterricht mit Schablonen für dieses Zerlegungsverfahren zu arbeiten (Abb. 12.24 links oben). Zunehmend wird Allgemeingültiges thematisiert und dabei Grundlagen für das Verständnis des Variablenkonzepts sowie damit einhergehenden Operationen gelegt.

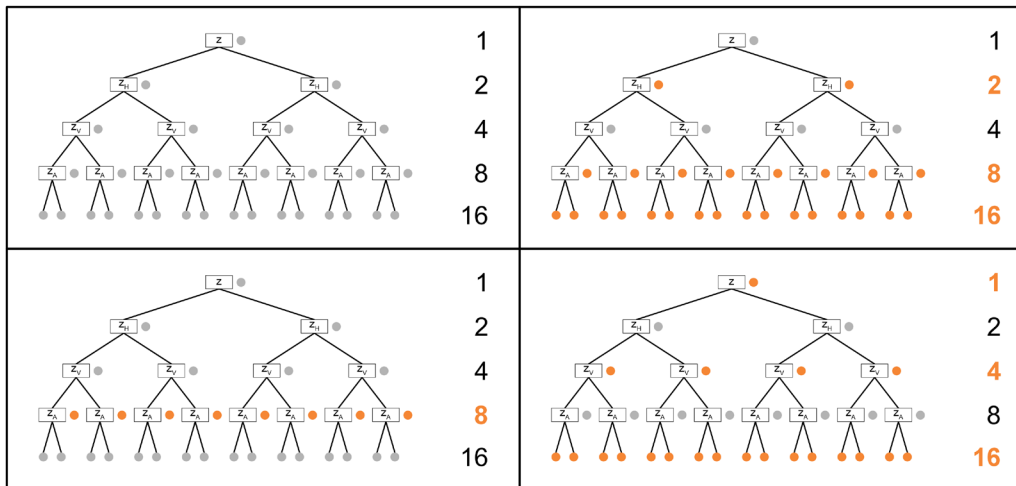
Bezüglich der Verschriftlichung im Binärsystem können die Lernenden sich folgendes erschließen:

- Die Stelle ganz rechts in der binären Darstellung (gerade/ungerade) ist unmittelbar ersichtlich.



**Abbildung 12.23**

Beginnend mit einer Zahl wird der iterative Prozess des Halbierens des jeweiligen geraden Zahl-Anteils gestartet. Dieser wird solange durchgeführt, bis schließlich nichts zum weiteren Halbieren übrigbleibt, da nur noch Einer-Kreise vorliegen. Durch die Kombination aus Kästchen und einem optionalen orange eingefärbten Kreis ist eine Darstellung für die additive Zusammensetzung einer Zahl aus ihrem geraden Anteil und möglicherweise eines zusätzlichen Einer-Anteils geben. Aufgrund des durchgängigen Halbierens verdoppeln sich die Kreise zeilenweise und die Anzahl der orange eingefärbten entspricht von oben nach unten den aufsteigenden Zweierpotenzen. Oben: 29 ergibt sich zu 16 plus 8 plus 4 plus 1 orangen Kreisen; also  $29 = 16 + 8 + 4 + 1 = 24 + 23 + 22 + 20$ . Mitte: 10 ergibt sich zu 8 plus 2 orangen Kreisen; also  $10 = 8 + 2 = 23 + 21$ . Unten: 16 ergibt sich zu 16 orangen Kreisen; also  $16 = 24$



**Abbildung 12.24**

Ist eine Zerlegung durch fortwährendes Halbieren gegeben, kann auf die Ausgangszahl geschlossen werden. Links oben: Schablone für Ausgangszahlen  $z$  von 0 bis 31. Sie kann genutzt werden, indem für  $z$  eine Zahl eingesetzt wird, dann fortwährend halbiert wird, mit Markierung des ungeraden Anteils an orangenen Kreisen, die im Weiteren aus der Halbierung herausfallen. Diese Struktur ist beliebig fortsetzbar. Links unten / rechts: Die Schablone kann auch ‚ausgemalt‘ genutzt werden. Zu ermitteln ist dann, welche Zahl  $z$  vorliegt: Fall rechts oben:  $z = 16 + 8 + 2$ , also  $z = 26$  bzw. in der gewünschten binären Darstellung  $z = 11010$ . Fall rechts unten:  $z = 16 + 4 + 1$ , also  $z = 21$  bzw. in der gewünschten binären Darstellung  $z = 10101$ . Eine Überprüfung ist Selbstverständlichkeit und erhöht das Verständnis wie auch das leichte Verändern der Ausgangszahl und das Verfolgen der Auswirkungen.

- Die Stelle ganz links (höchste Zweierpotenz, damit auch Hinweis auf die Stellenzahl) ist insofern ersichtlich als eine Zahl immer zwischen zwei unmittelbaren Zweierpotenzen-Nachbarn liegt und ausgehend von der kleineren der beiden additiv aufgebaut wird – bzw. sie in seltenen Fällen selbst direkt einer Zweierpotenz entspricht. Beispielsweise liegen 26 wie auch 21 zwischen 16 und 32, kommen also mit  $16=2^4$  und damit von  $2^0$  bis  $2^4$  mit 5 Stellen in binärer Zahlschrift aus.

Die Zerlegung einer Zahl in die Summe von Zweierpotenzen erweist sich als nützlich für ein einfaches Multiplikationsverfahren, das anstelle aufwändiger Multiplikationsreihen lediglich Verdoppeln und Halbieren benötigt. Im Sinne der oben gewählten Berechnung von  $625 \cdot 24$  ist eine Berechnung des Produkts z. B. für  $21 \cdot 13$  mit  $21 = 16 + 4 + 1$  wie folgt möglich:

$$21 \cdot 13 = (24 + 22 + 20) \cdot 13 = 24 \cdot 13 + 23 \cdot 13 + 20 \cdot 13.$$

Man beachte wieder die Schreibweise für 1 als 20 – wieder ein Beispiel einer nützlichen symbolisch-formalen Vereinheitlichung. Legt man die vollständige Zerlegung in Zweierpotenzen zugrunde – so wie sie in der binären Stellenschreibweise in verkürzter Form verwendet wird – ergibt sich:

$$21 \cdot 13 = (1 \cdot 16 + 0 \cdot 8 + 1 \cdot 4 + 0 \cdot 2 + 1 \cdot 1) \cdot 13$$

$$21 \cdot 13 = (1 \cdot 2^4 + 0 \cdot 2^3 + 1 \cdot 2^2 + 0 \cdot 2^1 + 1 \cdot 2^0) \cdot 13$$

$$21 \cdot 13 = (1 \cdot 2^4 \cdot 13) + (0 \cdot 2^3 \cdot 13) + (1 \cdot 2^2 \cdot 13) + (0 \cdot 2^1 \cdot 13) + (1 \cdot 2^0 \cdot 13).$$

$$21 \cdot 13 = (16 \cdot 13) + (4 \cdot 13) + (1 \cdot 13)$$

$$21 \cdot 13 = 208 + 52 + 13$$

$$21 \cdot 13 = 273$$

Es fällt auf, dass 13 immer mit Zweierpotenzen multipliziert wird, wobei in der vollständigen Notation (mittlere Zeile) ersichtlich wird, dass sinnvollerweise alle Zweierpotenzen, von der kleinsten ( $2^0$ ) bis zur größten benötigten, notiert werden. Von einer zur nächsten findet jeweils eine Verdopplung statt, von einer Zweierpotenz zur nächsten zu gelangen bedeutet ja nichts weiter als sie mal zwei zu nehmen.

Ein einfacher Weg, die erforderlichen Zweierpotenz-Vielfachen von 13 zu erhalten besteht nun in Folgendem:

Ausgehend von 13 wird das jeweils aktuelle Zwischenergebnis so oft verdoppelt, bis das höchste der benötigten Zweierpotenz-Vielfachen von 13 erreicht ist – hier  $24 \cdot 13 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13 = 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 26 = 2 \cdot 2 \cdot 52 = 2 \cdot 104 = 208$ . Von diesen Teilergebnissen werden dann nur die in der Summe benötigten Teilergebnisse aufaddiert, die anderen werden außer Acht gelassen – sie dienen lediglich als Hilfsmittel beim fortwährenden Verdoppeln. Zum erhaltenen Ergebnis ist noch  $1 \cdot 13$  zu addieren, da sich bei der Zahl 21 als ungeradem Multiplikationsfaktor auch ein Eintrag bei  $2^0 = 1$  ergibt.

Wichtig sind allerdings alle Teilergebnisse sowie der Fall  $2^0$  als wichtige Information für die in der binären Zahlschrift notwendigen Ziffern 0 und 1, die in die Zahldarstellung mit dem 0-fachen bzw. 1-fachem einer Zweierpotenz eingehen – im vorliegenden Beispiel gilt:  $21 = 16 + 4 + 1$  [dezimal] entspricht 10101 [binär].

Eine solche Vorgehensweise zur Multiplikation zweier Zahlen ist bereits seit dem Altertum in verschiedenen Hochkulturen belegt, etwa in Ägypten, Indien und China. Moderne Formen formal-symbolischer Notation, wie hier angewendet, werden dafür tatsächlich nicht benötigt. Gelehrte oder gebildete Handeltreibende bedienten sich vom Prinzip her einer schlaun Auflistung oder tabellarischen Darstellung der Berechnung. Letztere wird hier übernommen, ist aber in moderner Zahlschrift ausgefüllt (Abb. 12.25). Die Zahl in der linken Spalte wird fortwährend halbiert und zwar mit Kennzeichnung im Fall einer ungeraden Zahl. Die Zahl in der rechten

21	13	16	8	4	2	1	256	128	64	32	16	8	4	2	1
20 + 1	13		0		0								0		
10	26			0		0						0		0	
4 + 1	52				0						0		0	0	
2	104					0					0		0	0	0
1	208										0		0	0	0
	273							0	0	0		0	0	0	

**Abbildung 12.25**

Äthiopische Multiplikation: Multiplizieren zweier Zahlen, indem bestimmte Verdopplungsergebnisse aufaddiert werden. Welche, ergibt sich aus der jeweils linken Zahl in der Tabelle. Einer Halbierung entspricht eine Verdopplung der Partnerzahl in der jeweiligen rechten Spalte. Im Falle ungerader Zahlen, wird der Überschuss festgehalten und ist am Ende in der Aufsummierung mit zu berücksichtigen (vgl. Abb. 12.23, 12.24).

Hinter der Aufsummierung von Verdopplungsergebnissen aus bestimmten Zeilen verbirgt sich eine Umformungsabfolge:

$21 \cdot 13 = (20+1) \cdot 13$   
 [Damit Halbierung von 21 möglich wird, wird 1 ‚ausgesondert‘]  
 $21 \cdot 13 = 10 \cdot (2 \cdot 13) + 1 \cdot 13$   
 [Halbierung von 10 klappt direkt]  
 $21 \cdot 13 = (4+1) \cdot (2 \cdot 2 \cdot 13) + 1 \cdot 13$   
 [Damit Halbierung von 5 möglich wird, wird 1 ‚ausgesondert‘]  
 $21 \cdot 13 = 2 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13) + 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13 + 1 \cdot 13$   
 [Halbierung von 2 klappt direkt.]  
 $21 \cdot 13 = 1 \cdot (2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13) + 1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13 + 1 \cdot 13$   
 [Eine weitere Halbierung ist nicht möglich]  
 Insgesamt ergibt sich:  
 $21 \cdot 13 = [1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13] + [1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13] + [1 \cdot 13]$   
 bzw.  
 $21 \cdot 13 = [1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13] + [0 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13] + [1 \cdot 2 \cdot 2 \cdot 13] + [0 \cdot 2 \cdot 13] + [1 \cdot 13]$

Spalte wird fortwährend verdoppelt, wohl wissend, dass womöglich nicht alle Zwischenergebnisse benötigt werden. Tatsächlich werden nur in den seltenen Fällen der ‚echten‘ Vorkommnisse aller Zweierpotenzen (keine ‚0-Fälle‘) auch alle Zeilen benötigt. Dies ist z. B. bei der Multiplikation mit fünfzehn der Fall:  $15 = 8 + 4 + 2 + 1$  [dezimal] entspricht 1111 [binär], wie auch bei allen weiteren Zahlen, die um eins geringer ausfallen als eine Zweierpotenz.

Unnötige Zeilen, in denen Fälle verbucht sind, in denen die Halbierung glatt vollzogen werden kann, werden gestrichen, bzw. die notwendigen Zeilen extra markiert (Abb. 12.25: in orange).

Besonders einfach wird die Rechnung im Binärsystem (Abb. 12.25 rechts). Bereits im vorhergehenden Abschnitt ist die Besonderheit des Teilens oder Vervielfachens mit zwei erkundet worden. Beim Halbieren entfällt die letzte Stelle, beim Verdoppeln verschieben sich die Ziffern um eine Stelle nach links und rechts kommt das Zeichen 0 dazu.

Wie Abbildung 12.25 zu entnehmen ist, wird die letzte Zeile in einer solchen Tabelle (höchste in der Zahl enthaltene Zweierpotenz) immer benötigt, die erste Zeile nur, falls die Zahl nicht mit Rest 0 (gerade), sondern mit Rest 1 (ungerade) durch zwei teilbar ist (vgl. auch Abb. 12.23, 12.24). Die Art und Weise, sich in der Tabelle zurecht zu finden, überzeugt. Der Dokumentationsaufwand ist vergleichsweise gering, das Verfahren im Allgemeinen effizient.

Lernende mit sonderpädagogischen Förderbedarfen können in besonderer Weise von der Beschäftigung mit der Äthiopischen Multiplikation profitieren, erlaubt sie doch mithilfe der einfachen Grundoperationen des Halbierens, Verdoppelns und Addierens tief in die Funktionsweise eines Algorithmus einzutauchen. Diese klaren, zeilenweisen Transformationen fördern genau jene Denkprozesse, die für diese Lernenden oft besonders hilfreich sind: Schrittfolge verstehen, Regelmäßigkeiten erkennen und funktionale Abhängigkeiten nachvollziehen. Die klare Übersicht und die reduzierte Informationsmenge pro Schritt machen den Berechnungsvorgang transparent und kontrollierbar, was die Selbstwirksamkeit der Lernenden stärkt. Voraussetzung ist natürlich, dass die Funktionsweise des Binärsystems bzw. die Zerlegung von Zahlen als Summe von Zweierpotenzen (vgl. Abb. 12.23, 12.24) zuvor tatsächlich verstanden worden ist.

## E. Funktional-logisches versus prädikativ-logisches Denken

Weltweit bekannt geworden sind die Matrizenaufgaben von Spearman, die als Raven-Tests [RAV1965] eingesetzt werden. Unser Interesse gilt der Förderung und Entwicklung jener Kognition, die Aktionen erfassen und zu einem Prozess zusammenführen kann. Während sich die Original-Raven-Aufgaben erfolgreich lösen lassen, indem entweder visuell mit den vorhandenen Lösungsvorschlägen abgeglichen oder in Strukturen und Kategorien gedacht wird, arbeiten wir daher gezielt mit Aufgabenvarianten, die sich unterschiedlich leicht erfassen lassen – je nachdem, ob eine Präferenz bzw. Fähigkeit zum prädikativ-logischen Denken [P-LD] oder zum funktional-logischen Denken [F-LD] gegeben ist. P-LD orientiert sich an statischen Eigenschaften und Strukturen, während sich F-LD an dynamischen Aktionen orientiert, die zu Prozessen verschaltet werden. Beim P-LD bilden Invarianten und Ähnlichkeiten die Grundlage, beim F-LD Unterschiede und Werkzeuge. Eine erste Idee vermittelt die Abbildung 12.26.

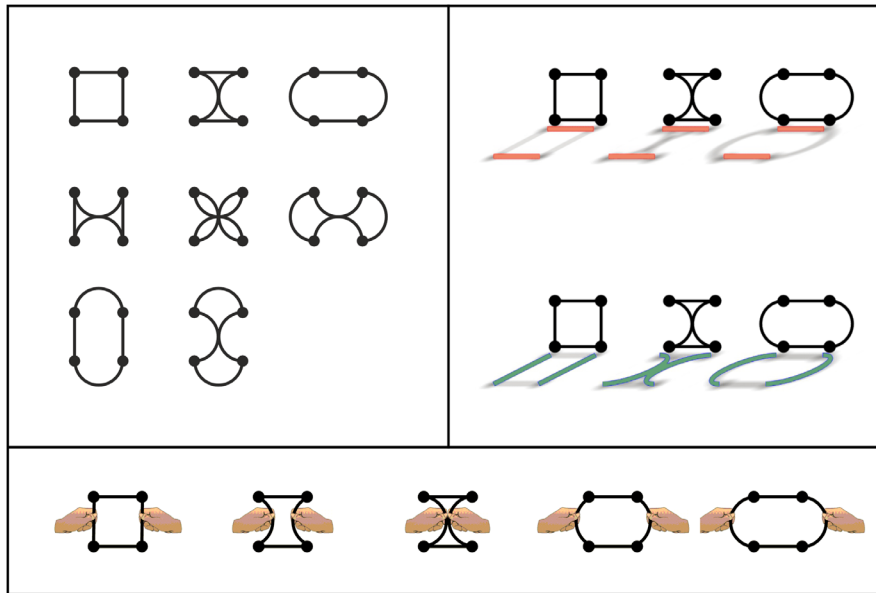
Anhand einer weiteren Matrix (Abb. 27) seien die beiden Analyseformen im Einzelnen erläutert

*Prädikativ-logisches Schließen:* In den Ecken befinden sich Flächen: links die kleinen, rechts die großen. Zeilenweise ist das Farbmuster wie folgt: in der oberen Reihe weiß-grau, in der unteren grau-weiß. Die Pfeile gehören zwar zueinander, spielen für die Lösungsfigur jedoch keine Rolle. Aus dieser Analyse ergibt sich als Lösungsfigur die große Figur oben rechts mit der Einfärbung grau-weiß.

*Funktional-logisches Schließen:* Die jeweils mittleren Objekte in den Zeilen und Spalten fungieren als Werkzeuge. In der obersten Zeile wird mit dem Pfeil die linke Figur zur rechten Figur vergrößert. In der mittleren Zeile wird mit dem Drehkreuz der linke Doppelpfeil in die Position der rechten Figur gedreht. In der ersten Spalte passiert ein Farbwechsel, in der mittleren Spalte wieder eine Drehung. Die beiden übrigen Pfeile sind Werkzeug-Verkettungen: in der untersten Zeile wird die linke Figur zunächst vergrößert, dann gedreht. In der letzten Spalte wird die obere Figur zuerst gedreht, dann erfolgt ein Farbwechsel. Aus dieser Analyse ergibt sich als Lösungsfigur ein auf der Spitze stehendes Quadrat (Karo), halbiert durch die von links unten nach rechts oben verlaufende Mittellinie, wobei die Fläche oberhalb dieser Linie grau und die darunterliegende Fläche weiß eingefärbt ist.

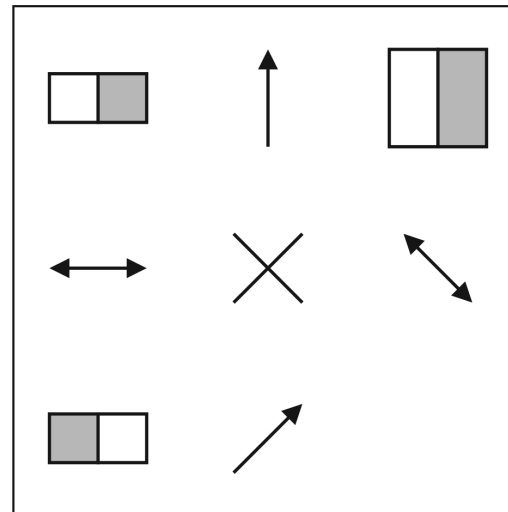
Wie der in diesem Kapitel dargestellte Weg vom ZARAO-null-bis-vier über den ZARAO-null-bis-neun, die Rechenwendeltreppe und das Buchführungssystem der Stellaner mit ihren unterschiedlichen Leitersystemen zeigt, ist ein kognitives Einlassen auf die dynamischen Gegebenheiten des Zahlenraums sowie ein Zurechtfinden in ihnen außerordentlich hilfreich. Analysen zu Problembearbeitungen der jährlichen Mathematik-Olympiade für Drittklässlerinnen und Drittklässler weisen sehr deutlich darauf hin, dass insbesondere in der Arithmetik funktional-logisches Denken zu äußerst erfolgreichen Herangehensweisen führen kann [SCH2020]. Embodiment von Zahlräumen und von Umgangsweisen mit Zahlen kommt eine Schlüsselfunktion zu insofern hier Handlungen im Vordergrund stehen.

In der philosophisch-logischen Entwicklung der Mathematik gibt es viele Hinweise darauf, dass die dynamische Produktionssicht auf Zahlen eine zentrale und für das Verständnis unverzichtbare Rolle spielt, darunter von Persönlichkeiten wie Leibniz, Frege und Dedekind. Zitiert seien hier zwei Bemerkungen aus Freges Schrift „Die Grundlagen der Arithmetik. Eine logisch mathematische Untersuchung über den Begriff der Zahl“ [FRE1884, S. IV bzw. S. 8]:



**Abbildung 12.26**

In der abgebildeten Matrix [SCH2000, S. 1] fehlt unten rechts eine Figur? Welche könnte es sein? Sie soll sich gut ins Gesamtbild einfügen. Eine Fokussierung auf Invarianten (rote gefärbte Seiten) oder Unterschiede (grün gefärbte Seiten) ist möglich. Die Matrix ist als statisches Bild gegeben, mental können dynamisch Handlungen erfolgen, die Abfolgen an Figuren zeilen- wie auch spaltenweise erzeugen.



**Abbildung 12.27**

Eine weitere, etwas komplizierter zu bedenkende Konstellation liegt hier vor [SCH2000, S. 20]. Eine einfache prädikativ-logische Analyse könnte zu einer Lösungsfigur führen, die der flächigen, großen Figur oben rechts entspricht mit der Farbverteilung der flächigen kleinen Figur unten links. Wie könnte funktional-logisch argumentiert werden und welche Lösungsfigur könnte sich ergeben?

*„Man kann freilich die Zahlzeichen mechanisch gebrauchen, wie man papageimässig sprechen kann; aber Denken möchte das doch kaum zu nennen sein.“*

*„Es ist dann jede Zahl aus der vorhergehenden zu definieren. In der That sehe ich nicht, wie uns etwa die Zahl 437986 angemessener gegeben werden könnte als in der leibnizischen Weise. Wir bekommen sie so, auch ohne eine Vorstellung von ihr zu haben, doch in unsere Gewalt.“*

Eine Zahl verstehen die Lernenden, indem sie begreifen, wie sie diese konstruieren und damit deren Erreichbarkeit fokussieren, womit ihnen die Grundlagen der Arithmetik gelegt werden [SCH2013]. Dieser Ansatz ist insbesondere in sonderpädagogisch geprägten Fördersituationen noch weitaus stärker zu berücksichtigen – erst recht, wenn informatische Bildung für diese Ler-

nenden ernst genommen wird. Sie müssen Zugang zu Denkweisen erhalten, die Regelmäßigkeit, Sequenzen, Zustandsveränderungen und algorithmische Schritte verständlich machen. Die dynamische Produktionssicht auf Zahlen bietet dafür eine ideale Brücke, weil sie dieselben kognitiven Grundoperationen nutzt wie algorithmisches Denken: schrittweises Konstruieren, explizite Zustandsfolgen und funktionale Abhängigkeiten. Sie stärkt somit genau jenes kognitive Zurechtfinden, das später für das Programmieren und informatische Problemlösungen zentral ist. Lernende mit sonderpädagogischem Förderbedarf dürfen hiervon nicht ausgeschlossen werden, vielmehr ist es Aufgabe einer inklusiven Bildungslandschaft ebenso wie ausgewiesener Förderschulen, ihnen den Zugang zu diesen grundlegenden mathematisch-informatischen Denkweisen nachhaltig zu eröffnen.

## Literatur

[ABD2016] Dor Abrahamson & Raúl Sánchez-García „Learning is moving in new ways: The ecological dynamics of mathematics education“. *Journal of the Learning Sciences*, 25(2), 203–239, 2016. <https://doi.org/10.1080/10508406.2016.1143370>

[BAR2008] Lawrence W. Barsalou „Grounded cognition“. *Annual Review of Psychology*, 59, 617–645, 2008. <https://doi.org/10.1146/annurev.psych.59.103006.093639>

[BOO2011] Tony Booth & Mel Ainscow „The index for inclusion: Developing learning and participation in schools“. CSIE, 2011.

[BRU1965] Jerome S. Bruner „Toward a theory of instruction“. Harvard University Press, 1965.

[CAS2024] J. Juan C. Castro-Alonso, Paul Ayres, Shirong Zhang, Björn B. de Koning, Fred Paas „Research Avenues Supporting Embodied Cognition in Learning and Instruction“. *Educational Psychology Review*, 36, Nr. 10, 2024. <https://doi.org/10.1007/s10648-024-09847-4>

[DIM2023] Dimmel, Justin K. „Reduction and enactment with digital images: What can 0s and 1s represent?“ *Constructivist Foundations*, 18(2), 206–209. Special issue Education in the 21st Century (Ronnie Videla, Tomas Veloz & Alexander Riegler, Eds.). 2023.

[FLO2014] Lani Florian „What counts as evidence of inclusive education?“ *European Journal of Special Needs Education*, 29(3), 286–294, 2014. <https://doi.org/10.1080/08856257.2014.933551>

[GAL2021] Jens Gallenbacher „Abenteuer Informatik: IT zum Anfassen – vom Navi bis Social Media“ (5. Auflage). Springer, 2021.

[GAL2012] Peter Gallin „Die Praxis des Dialogischen Mathematikunterrichts in der Grundschule“. IPN, 2012.

[GME2014] Susan Goldin-Meadow „How gesture works to change our minds“. *Trends in Neuroscience and Education*, 3(1), 4–6, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.tine.2014.01.002>

[HEH2023] Lisa Hefendehl-Hebeker & Inge Schwank „Arithmetik: Leitidee Zahl“. In Regina Bruder, Andreas Büchter, Hedwig Gasteiger, Barbara Schmidt-Thieme & Hans-Georg Weigand (Hrsg.), *Handbuch der Mathematikdidaktik* (S. 85–121). Springer Spektrum, 2023.

- [GRO2013] Shuchi Grover & Roy Pea „Computational Thinking in K–12: A Review of the State of the Field“. *Educational Researcher*, 42(1), 38–43, 2013. <https://doi.org/10.3102/0013189X12463051>
- [HUB2015] Peter Hubwieser, Michail N. Giannakos, Marc Berges, Torsten Brinda, Ira Diethelm, Johannes Magenheim, Yogendra Pal, Jana Jackova & Egle Jasute „A global snapshot of computer science education in K–12 schools“. *ACM Transactions on Computing Education, ITICSE-WGR* ,15: Proceedings of the 2015 ITiCSE Working Group Reports, S. 65–83, 2015. <https://doi.org/10.1145/2858796.2858799>
- [HUS1954] Edmund Husserl „Die Krisis der europäischen Wissenschaften und die transzendente Phänomenologie“. In Walter Biemel (Hrsg.), *Sammlung Husserliana, Band VI*. Martinus Nijhoff, 1954.
- [KRE2010] Gunther Kress „Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication“. Routledge, 2010.
- [LAK2000] George Lakoff & Rafael E. Núñez „Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being“. Basic Books, 2000.
- [LYE2014] Sze Yee Lye & Joyce Hwee Ling Koh „Review on teaching and learning of computational thinking through programming: What is next for K-12?“. *Computers in Human Behavior*, 41, 51–61, 2014. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2014.09.012>
- [NEM2009] Ricardo Nemirovsky & Francesca Ferrara „Mathematical imagination and embodied cognition“. *Educational Studies in Mathematics*, 70(2), 159–174, 2009. <https://doi.org/10.1007/s10649-008-9150-4>
- [RAV1965] John Carlyle Raven „Advanced Progressive Matrices. Sets I and II“. Lewis, 1965.
- [SCH2000] Inge Schwank „QuaDiPF – Qualitatives Diagnoseinstrument für prädikatives versus funktionales Denken“. Forschungsinstitut für Mathematikdidaktik, 2000.
- [Sch2013] Inge Schwank „Die Schwierigkeit des Dazu-Denkens“. In Michael von Aster & Jens-Holger Lorenz (Hrsg.), *Rechenstörungen bei Kindern. – Neurowissenschaft, Psychologie, Pädagogik*. 93-138. 2. überarbeitete und erweiterte Auflage. Vandenhoeck & Ruprecht.
- [SCH2015] Inge Schwank & Elisabeth Schwank „Development of mathematical concepts during early childhood across cultures“. In James D. Wright (Ed.), *International Encyclopedia of the Social and Behavioral Sciences* (2. Aufl., S. 772–784). Elsevier, 2015.
- [SCH2020] Inge Schwank „Herausfordernde Aufgaben – 13 Jahre Zwergen-Mathematik-Olympiade“. In Lukas Baumanns, Janine Dick, Anna-Christin Söhling, Nina Sturm & Benjamin Rott (Hrsg.), *Wat jitt dat, wenn et fädich es? Tagungsband der Herbsttagung des GDM-Arbeitskreises Problemlösen in Köln 2019* (S. 107–120). WTM, 2020.
- [TAN2021] Sofia Tancredi, Rachel S.Y. Chen, Christina Krause, Dor Abrahamson & Filippo Gomez Paloma „Getting up to SpEED: Special Education Embodied Design for Sensorially Equitable Inclusion“. *Education Sciences & Society*, 1, 114–136, 2021.
- [UNE2023] UNESCO „Technology in education: A tool on whose terms? Global Education Monitoring Report“. UNESCO, 2023. <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>



# 13 – Best Practice: Was lief gut, was weniger?

Im Projekt „Gemeinsam Lehrpersonen bilden – Digitalität mit Informatik nachhaltig gestalten (GeLb-DIng)“ wurden verschiedene Konzepte pilotiert und erprobt. Dies haben wir in den vorausgehenden Kapiteln bereits thematisch näher beleuchtet. Im Folgenden werden technische Umsetzungen, Entscheidungen zu Herausforderungen in der Praxis kritisch reflektiert, sowie Vorschläge zur Weiterentwicklung in Projekten mit ähnlicher Zielsetzung präsentiert. Dabei stehen insbesondere die Methodik der hochschulübergreifenden hybriden Lehre und des Inverted Classrooms im Mittelpunkt.

In den begleitenden Interviews wurde deutlich, dass die gemeinsame Lehre bei Studierenden und Lehrenden grundsätzlich gut ankam, allerdings einige Prämissen zu beachten sind.

## Technische Umsetzung und Immersion

Gemeinsame Lehre über Distanz zu organisieren, ist allein technisch bereits eine Herausforderung. Unter den Corona-Beschränkungen wurden vielfältige Methoden getestet, Teilnehmerinnen und Teilnehmer zusammenzubringen, die jeweils am Arbeitsplatz oder Zuhause einzeln zugeschaltet waren. Frontale Formate wie reine Vorlesungen sind so prinzipiell machbar, aber für Lehrende und Lernende teilweise frustrierend, weil Kameras aus technischen oder persönlichen Gründen ausgeschaltet bleiben und oft der Eindruck entsteht, mit einer schwarzen Wand zu interagieren.

Deutlich angenehmer und auch nachhaltiger sind interaktive Formate: Kleinere Gruppen bis 50 Personen werden aufgefordert, ihre Kamera dauerhaft eingeschaltet zu lassen und ermutigt, sich wie in einer Vor-Ort-Situation bei Fragen oder Anmerkungen zu melden. Für die Lehrenden ist eine gewisse Aufmerksamkeit erforderlich, sowohl die eigenen Präsentationen, Aufschriebe und die Galerie der Lernenden im Blick zu behalten. Besonders unter Verwendung mehrerer Bildschirme in Verbindung mit Systemen, die Galerie, Bildschirmfreigabe und Verwaltungsfunktionen auf unterschiedliche Fenster verteilen, gelingt dies recht gut. Im Gegensatz zur Vor-Ort-Situation muss jedoch in der Regel eine Vernetzung der Lernenden immer explizit von den Lehrenden initiiert werden, etwa durch Breakout-Sessions. Selbst wenn diese – unterstützt vom System – auch von den Teilnehmerinnen und Teilnehmern angelegt und verwaltet werden können, wird dies in der Praxis kaum genutzt. Kollaborative Plattformen wie *Gather* oder (einst) *wonder.me*

nutzen eine Art virtuellen Raum, um Gespräche der Lernenden untereinander einfacher zu ermöglichen. Experimente mit den Systemen haben jedoch gezeigt, dass dies sehr selten genutzt wird. Als Grund wurde in Befragungen oft angegeben, dass man selbst keine Kontrolle darüber habe, wer die Kommunikation mithöre. Es wird befürchtet, andere damit zu stören und nicht frei genug kommunizieren zu können.

Aus diesen Gründen war für die Pilotierungen dieses Projekts gesetzt, dass die Studierenden eines Standorts an einer Veranstaltung jeweils in einem Raum ihrer Universität gemeinsam teilnehmen. Lediglich in begründeten Ausnahmefällen, etwa Krankheit oder einem schulischen Pflichtpraktikum, war es erlaubt, sich individuell zuzuschalten. An der JGU wurde zu diesem Zweck ein Medienwagen gebaut und immer weiter verbessert. Die UdS und UzK haben auf Standardtechnik wie die Konferenzkamera „Meeting Owl“ gesetzt.

Sowohl seitens der Studierenden als auch der Lehrenden ist unserer Erfahrung nach sehr wichtig, eine gewisse Immersion, also den Eindruck einer einzigen Kohorte, zu erreichen. Hierfür sind eine hochauflösende 360° Sicht der Remote-Räume sowie eine gute Audioqualität der Übertragung entscheidend, wie auch die Sichtbarkeit der Studierenden untereinander. Letztere wurde an der JGU durch einen weiteren Beamer und Handmikrofone erreicht. Diese erschweren die Interaktionen zwar leicht, da das Mikrophon zwischen den Sprecherinnen und Sprechern weitergereicht werden muss, doch spielt sich die entsprechende Disziplin nach einigen Sitzungen ein. Die Studierenden aus Saarbrücken und Köln waren dagegen oft nicht gut zu verstehen, und das Bild war aufgrund geringer Übertragungsbandbreite verschwommen, sodass Meldungen kaum zu erkennen und die entsprechenden Studierenden nicht zu identifizieren waren.

Eine Empfehlung für gemeinsame Veranstaltungen ist daher, dass alle beteiligten Standorte mit der – nicht preisintensiven – Ausrüstung des Medienwagens ausgestattet werden, wie im entsprechenden Kapitel beschrieben. Dieser ermöglicht eine akzeptable, wenn auch nicht ideale Lösung. Bestehen bleibt das beschriebene Problem bei den Videoübertragungen: Es wird lediglich eine Tonspur für alle genutzt, was die Interaktivität stark einschränkt. Erfahrungen aus anderen Projekten mit deutlich hochpreisigeren Systemen wie Mikrophon-Arrays zeigen aber, dass auch diese Lösungen im Zusammenhang mit gängiger Software für Konferenzen zwar das Weitergeben eines Handmikrofons ersparen, aber trotzdem eine hohe Disziplin erfordern, da in der Regel nur die lauteste Stimme wirklich übertragen wird. Aufgrund dieser Disziplin haben die Studierenden meistens auch das in anderen Veranstaltungen übliche Gespräch mit Sitznachbarinnen und -nachbarn nicht genutzt.

Gleichwohl ist abzuwägen, ob stattdessen der inzwischen vielfach eingeübte Standardfall von Videokonferenzen – also ein eigener Rechner mit Kamera pro Teilnehmerin bzw. Teilnehmer – angewendet werden sollte. Für Studierende, die nach Beendigung der Corona-Einschränkungen oft nicht mehr die entsprechende technische Ausrüstung besitzen und eventuell auch keinen geeigneten privaten Arbeitsplatz haben, kann eine Reihe solcher Plätze in einem Seminarraum oder Hörsaal eingerichtet werden.

Die jedes Semester stattfindenden Treffen aller Beteiligten an einem Ort haben sich als sehr wirksames Mittel zur Steigerung der Immersion – auch in anschließenden Videokonferenzen – erwiesen. Wurden die Projekttreffen in den ersten Semesterwochen veranstaltet, hatten die Lehrenden und Studierenden der anderen Standorte einen deutlich höheren Bezug zu den zugeschalteten Beiträgen, selbst wenn die Bildqualität nicht ausreichend war. Auch wenn im gesamten Projekt-

verlauf die eigentlich geplanten gemeinsamen Treffen über eine ganze Woche nicht realisiert werden konnten, geht aus den Befragungen aller Beteiligten hervor, dass selbst die kürzeren vor-Ort-Treffen die Qualität der Rezeption der gemeinsamen Lehre deutlich gesteigert haben.

Für standortübergreifende Lehre ist also die für alle zu Beginn eines Semesters verpflichtende Zusammenkunft in Präsenz zu einer mindestens eintägigen Blockveranstaltung sehr wichtig.

## Kulturen an den Standorten

Mit dem Bologna-Prozess wurde die Vision geschaffen, Studiengänge und deren Komponenten einerseits weitgehend zu vereinheitlichen und andererseits so strukturiert zu beschreiben, dass für Studierende der Wechsel zwischen Studiengängen oder Studienstandorten möglichst leicht fällt und auch der Lehraustausch ohne formelle Hürden funktioniert.

Die konkreten Studienpläne mit den zugehörigen Modulhandbüchern sind allerdings oft sehr durch eine lokale Kultur geprägt. Für eine inhaltlich ansatzweise identische Lehrveranstaltung – zum Beispiel „Einführung in die Fachdidaktik der Informatik“ – können unter anderem folgende Fragen sehr unterschiedlich gelöst sein:

- Wird die Veranstaltung im Wintersemester oder Sommersemester angeboten?
- Wird eine klassische Vorlesung oder eine Art Seminarform gepflegt?
- Wie viele ECTS bzw. CP sind der Veranstaltung zugewiesen und wie hoch ist dementsprechend der Anteil an der Semesterleistung der Studierenden?
- Welche Prüfungsformate sind vorgesehen?
- Wie viel Arbeitsleistung wird den Studierenden abverlangt?

Besonders beim letztgenannten Punkt gibt es sehr unterschiedliche Auffassungen: An der JGU liegt gemäß der in Deutschland üblichen 40-Stunden-Woche das obere Spektrum der Bologna-Empfehlung zugrunde und damit, dass durchschnittliche Studierende pro CP etwa 30 Stunden Leistung zu erbringen haben.

Hier wurde mit Bologna allerdings bewusst ein Konflikt in Kauf genommen: Während die Qualifikationen in den Modulhandbüchern als Kompetenzen und damit strikt output-orientiert formuliert sein sollen, ist die Vorgabe eines Zeitaufwands zur Erlangung dieser Kompetenzen eher input-orientiert zu sehen. Der Aufwand „durchschnittlicher Studierender“ ist daher auch von der Interpretation der Lehrenden abhängig und auch von einer generellen Kultur des Studiengangs einer Universität. Hinzu kommt, dass bei der Umsetzung der Bologna-Empfehlungen zunächst meistens eine starre Zuordnung von Semesterwochenstunden (SWS) zu CP vorgenommen wurde, oft im Verhältnis 2 SWS  $\leftrightarrow$  3 CP. Daher ist noch in vielen Kulturen verankert, dass man für 3 CP zwei akademische Stunden Präsenzzeit habe und darüber hinaus lediglich selbstdefinierte Vor- und Nachbereitung.

Im Projektverlauf war daher im Rahmen gemeinsamer Lehrveranstaltungen oft eine sehr unterschiedliche Beurteilung des akzeptablen Aufwands zu bemerken. Diese resultierten mitunter in der Aufforderung von Studiengangverantwortlichen an die Durchführung der Lehre von der JGU, den Umfang zu reduzieren, teilweise mit der Begründung, dass nicht die wenigen Lehramtsstudierenden auch noch aufgrund von Überforderung abgeschreckt werden sollten.

Solche kulturellen Unterschiede müssen bei der Planung gemeinsamer Lehrveranstaltungen berücksichtigt werden. Ideal wäre, wenn sich Studienverantwortliche im Vorfeld auf ein gemeinsames Verständnis der Bewertung gerechtfertigten Arbeitsaufwands verständigen könnten, was aber eventuell erst nach dem Sammeln gemeinsamer Erfahrungen möglich ist.

Die Micromodulstruktur bietet einen praktischen Weg, den Arbeitsaufwand standortindividuell anzupassen: Den Modulen wird eine Bearbeitungszeit in Minuten zugeordnet, zum Beispiel auf Basis wiederkehrender Interviews mit Studierenden und einer Selbstbewertung. Dies hilft, eine sinnvolle Auswahl zu treffen, um das Pensum für einzelne Teilkohorten zu reduzieren oder auch die Bearbeitung für einen späteren Zeitpunkt vorzusehen, etwa für das Selbststudium in der vorlesungsfreien Zeit.

In den Pilotierungen wurden die persönlichen Erkenntnisse der Studierenden zu allen, auch nur von Teilkohorten bearbeiteten, Micromodulen gemeinsam im Plenum diskutiert. Aus Sicht der Lehrenden ist es sinnvoll, dass hier auch die Teilnehmerinnen und Teilnehmer anwesend sind, die das entsprechende Modul noch nicht als Pflicht bearbeiten mussten, da eventuell die Diskussion im Vorgriff wertvolle Informationen und Hinweise für den eigenen Kompetenzerwerb liefert. Einzelne Studierende fühlten sich von dieser Vorgehensweise allerdings unter Druck gesetzt, andere beteiligten sich – unvorbereitet aber mit einem intuitiven Verständnis – an der Diskussion.

Die Empfehlung ist, alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer standortübergreifend im Plenum möglichst weitgehend gemeinsam diskutieren zu lassen. Gegebenenfalls ist die Diskussion so zu moderieren, dass sowohl unvorbereitete Studierende profitieren, weil sie von den vorbereiteten einen Einblick in die Thematik erhalten, die vorbereiteten dadurch, dass sie andere Blickwinkel aus einem intuitiven Verständnis heraus erhalten. Auf diese Weise wird auch gewährleistet, dass gemeinsame Lehrveranstaltungen „auf Augenhöhe“ stattfinden, was unserer Evidenz nach eine relevante Gelingensbedingung darstellt.

Eine weitere sehr wichtige Gelingensbedingung ist das geschlossene Auftreten der für die Lehre verantwortlichen Personen der Standorte. Hierfür ist es nötig, sich über alle Maßnahmen persönlich abzustimmen und ggf. auftretende Konflikte zeitnah zu diskutieren. Die Studierenden erhalten auf diese Weise das Bild einer von allen unterstützten, gemeinsamen Veranstaltung und damit einer gemeinsamen Kohorte mit den Studierenden der anderen Standorte.

Gut gelungen ist im Projekt die Einbindung der Studierenden, die an allen Veranstaltungen aktiv partizipierten und deren Feedback immer wieder über Interviews eingeholt und zurückgespiegelt wurde.

## **Juristisch-strukturelle Probleme**

Lehre strukturell formell gemeinsam durchzuführen und dabei auch noch den unterschiedlichen Aufwand der beteiligten Universitäten bzw. Fachbereiche zu kompensieren, ist ein sehr komplexer Prozess. Die betreffenden Verordnungen und Gesetzen bieten bereits in der vorliegenden Fassung sowohl Rahmenbedingungen, so etwas umzusetzen, aber auch Anhaltspunkte für damit verbundene strukturelle Risiken.

Daher erfordert eine Umsetzung zunächst den politischen Willen. Unserer Erfahrung nach sind in den Verwaltungen die Stimmen, alles beim Status Quo zu belassen, stets sehr stark. Im Rahmen des Projektes ist eine ausgearbeitete Blaupause für einen institutionellen Lehrauftrag entwickelt worden, die ermöglicht, entsprechende Kooperationsverträge unkompliziert zu schließen.

Die Idee, dies strukturell zu verankern, um die Schwelle für gemeinsame Veranstaltungen zu senken, wurde in Gesprächen mit entsprechenden Verantwortlichen der Universitäten in der Regel als sinnvoll und umsetzbar erachtet. Es gab jedoch Bedenken hinsichtlich verschiedener Aspekte wie Finanzierung, Status der Teilnehmenden, Doppelfinanzierung von Lehre, organisatorische und vertragliche Hindernisse, so dass während der Projektlaufzeit keine Umsetzung erfolgen konnte.

Leider konnte so an der Universität zu Köln bislang noch immer kein Lehramtsstudiengang Informatik eingerichtet werden – auch nicht im Lehramt für Sonderpädagogische Förderung –, obwohl gerade dieses Lehramt angesichts der Vielzahl der in Köln studierbaren Förderschwerpunkte einen besonderen Bedarf an digitaler und fachlicher Expertise hat. In der Konsequenz werden Förderschulen faktisch abgehängt: Für das Lehramt an Förderschulen existiert derzeit i.W. keinerlei Möglichkeit, speziell ausgebildete Informatiklehrkräfte zu gewinnen, weil es hierfür schlicht nahezu keine entsprechenden Studiengänge gibt.

## Fazit

Trotz zahlreicher Herausforderungen konnten wertvolle und übertragbare Modelle für die Gestaltung digital gestützter Hochschullehre entwickelt werden. Diese bilden die Kernelemente der erarbeiteten „Blaupause“ für zukünftige Kooperationsvorhaben, so wie das in den entsprechenden Kapiteln ausführlich dokumentiert ist. Hierzu zählen insbesondere folgende Punkte:

- Mit der Kombination aus Micromodulen und Inverted Classroom wird eine anpassungsfähige Lernumgebung gestaltet und selbstgesteuertes Lernen gefördert. Die resultierende Modularität ist Eckpfeiler für ein flexibles, auf standortabhängige Kulturen anpassungsfähiges Lehr- und Lernmodell. Dies rechtfertigt auch den hohen initialen Erstellungsaufwand für über 150 Micromodule. Diese wurden bereits der Informatik Fachdidaktik-Community vorgestellt und stehen nach dem Projektende dauerhaft im deutschsprachigen Raum zur Verfügung.
- Die entwickelte niederschwellige, plattformunabhängige Technologie für die Veröffentlichung der Micromodule und deren Einbindung in etablierte Lernmanagementsysteme wird in der Informatikdidaktik weiter verwendet und lässt sich problemlos für andere Fachgebiete einsetzen.
- Das beschriebene technische Setting für hybride Lehre kann als Ausgangspunkt für entsprechende Vorhaben dienen. Die Grundidee der hybriden Lehre wurde positiv aufgenommen. Zentrale Schwierigkeiten wie mangelhafte Bild- und Tonqualität wurden aufgezeigt und sollen berücksichtigt werden.
- Die Abkehr von starren Abgabefristen hin zur semesterbegleitenden Portfolioarbeit fördert die studentische Autonomie beim Kompetenzerwerb unter reduziertem Leistungsdruck. Das Konzept erweist sich als besonders wertvoll für die standortübergreifende Lehre.

- Standortübergreifende Blockseminare in Präsenz, in unserem Fall zyklisch in Mainz, Köln und Saarbrücken, schaffen eine persönliche Vertrauensbasis, die für die anschließende virtuelle Zusammenarbeit sehr wichtig ist. Ergänzt durch Tandem- und Mentoring-Systeme fördern sie den direkten Austausch zwischen den Studierenden.
- Die entwickelte Blaupause für einen „Institutionellen Lehrauftrag“ kann zusammen mit den von uns dokumentierten Erfahrungen zukünftigen Projekten als Ausgangspunkt dienen. Innerhalb der Projektlaufzeit ist es nicht gelungen, diesen strukturell an den beteiligten Universitäten zu verankern.

Das Projekt hat nachdrücklich gezeigt, dass Lehre immer wieder bewusst und innovativ gestaltet werden muss, nicht nur getrieben von technologischen Möglichkeiten oder den Notwendigkeiten eines Ausnahmezustands wie einer Pandemie, sondern vor allem, um den Lernenden einen dem aktuellen Forschungsstand entsprechenden, optimalen und möglichst individuellen Kompetenzerwerb zu ermöglichen.

Gute Lehre ist ein zentrales Standbein für die Bildung. Gute Lehre und gute Forschung bedingen sich gegenseitig. Die Ausbildung von Lehrkräften wirkt zudem in die Schulpraxis hinein und entfaltet dort eine Multiplikatorwirkung. Daher sind sich alle Projektbeteiligten einig, dass GeLB-Ding und die weiteren von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre geförderten Projekte einen wichtigen Beitrag für eine stabile, demokratische, würdige Zukunft unserer Gesellschaft leisten.







**GeLb-DIng**  
**Gemeinsam Lehrpersonen bilden -**  
**Digitalität mit Informatik nachhaltig gestalten**

**Projekt der**  
**Johannes Gutenberg-Universität Mainz**  
**Universität zu Köln**  
**Universität des Saarlands**  
**gefördert von der Stiftung Innovation in der Hochschullehre**  
**2021 bis 2025**

**Abschlussbericht**