

# Lehrkräfteprofessionalisierung zum digital unterstützten naturwissenschaftlichen Arbeiten in heterogenen Klassen

Eine Interventionsstudie mit Biologielehrkräften an Gymnasien und FOS/BOS

Patrizia Claudia Weidenhiller

Vollständiger Abdruck der von der TUM School of Social Sciences and Technology der Technischen Universität München zur Erlangung einer

Doktorin der Naturwissenschaften (Dr. rer. nat)

genehmigten Dissertation.

Vorsitz: Prof. Dr. Andreas Vorholzer

Prüfende der Dissertation:

1. Prof. Dr. Claudia Nerdel
2. Prof. Dr. Lisa Stinken-Rösner

Die Dissertation wurde am 16.11.2023 bei der Technischen Universität München eingereicht und durch die TUM School of Social Sciences and Technology am 21.02.2024 angenommen.

## Zusammenfassung

Inklusion und Digitalisierung sind Schlüsselthemen für die Professionalisierung von Lehrkräften. Die Heterogenität der Schüler\*innen in inklusiven Klassen bringt unterschiedliche Bedürfnisse der Lernenden mit sich. Folglich benötigen Lehrkräfte Konzepte, die allen Schüler\*innen insbesondere im naturwissenschaftlichen Unterricht und seinen spezifischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen gerecht werden. Um digitale Medien effektiv zur Förderung des naturwissenschaftlichen Arbeitens und zum Abbau von Barrieren einsetzen zu können, benötigen Lehrkräfte Professionswissen und Kompetenzen. Neben dem Professionswissen beeinflussen nach der Theory of Planned Behavior u.a. positive Einstellungen und eine hohe Selbstwirksamkeit das unterrichtliche Handeln. Dies ist sowohl für den Einsatz digitaler Medien als auch für die inklusive Unterrichtsgestaltung bestätigt. Um diese allgemeinen Aussagen zu inklusivem Unterricht und Medieneinsatz auf fachspezifische Fragestellungen wie das naturwissenschaftliche Arbeiten anwenden zu können, müssen die Themen Inklusion und Digitalisierung (auch als Diklusion bezeichnet) im Zusammenhang betrachtet werden. Ziel der Studie ist es, Lehrkräfte gezielt für den Einsatz digitaler Medien in heterogenen Klassen im Biologieunterricht zu schulen. Es stellt sich zum einen die Frage, inwiefern sich eine Lehrkräftefortbildung zu diklusivem Biologieunterricht auf die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte auswirkt. Zum anderen soll untersucht werden, inwiefern die systematische Variation von Wissenspräsentation sich auf die genannten Persönlichkeitsmerkmale auswirkt. Außerdem wird die Implementation der in der Fortbildung behandelten Themen in den Unterricht untersucht.

Das Studiendesign bestand aus einer Lehrkräftefortbildung mit Prä- und Posttest, sowie einer Follow-Up-Befragung. Biologielehrkräfte nahmen an einem eintägigen Webinar zum Thema "Digital gestütztes Experimentieren für alle" teil. Im Webinar planten und führten die Lehrkräfte ein Experiment zur enzymatischen Bräunung von Äpfeln durch, das in allen Phasen digital unterstützt wird. Darüber hinaus berücksichtigten sie die Bedürfnisse der Schüler\*innen und erarbeiteten mögliche Barrieren. Das Ergebnis des Trainings war ein geplantes Experiment, das durch digitale Medien unterstützt wird, um die Phasen des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnungsprozesses zu differenzieren. Die Teilnehmer\*innen wurden nach dem Zufallsprinzip in drei Versuchsgruppen eingeteilt. Die Versuchsgruppen unterschieden sich in den Instruktionsphasen, die der Praxisphase vorausgingen. Die erste Gruppe konzentrierte sich auf die Gestaltung digitaler Medien, Mediendidaktik und den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die zweite Gruppe konzentrierte sich auf Ansätze einer inklusiven Didaktik, Konzepte zur Differenzierung und deren Umsetzung im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die letzte Gruppe hatte ein integriertes Format. Dieses beinhaltete sowohl die genannten Aspekte digitaler Medien aus der ersten Versuchsgruppe, als auch die Aspekte

der Differenzierung der Kontrollgruppe. Die Prä-Post-Befragung enthielt Skalen zur Einstellung der Lehrkräfte zur Digitalisierung und zur Inklusion. Darüber hinaus wurden Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen erfasst. Die Intervention fand von Juni 2021 bis Januar 2022 als eintägige Lehrkräftefortbildung statt. Insgesamt wurden 141 bayerische Biologielehrkräfte (70% weiblich) in Kleingruppen von bis zu zehn Personen geschult.

Zusammenfassend lassen sich die folgenden Hauptergebnisse beschreiben: Die systematische Variation des Wissens in der Instruktionsphase zeigte keinen Unterschied in der Einstellung oder den Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte. Die Einstellung zur Inklusion blieb über die Intervention hinweg stabil, während sich die Einstellung zur Digitalisierung verbesserten. Bei der Einstellung zur Inklusion waren die Fragen zur sozialen Inklusion deutlich leichter zu bejahen als die Fragen zur angemessenen Förderung. Im Posttest trat eine Korrelation zwischen der Einstellung zu Inklusion und der Einstellung zu digitalen Medien auf, die im Prätest nicht vorhanden war. Zwischen den Einstellungen und den Selbstwirksamkeitserwartung bestanden insgesamt nur schwache Korrelationen. Die Entscheidungsfindung zur Implementation der Fortbildungsinhalte in den Unterricht war stark von den Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkraft in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien und in Bezug auf die Klassenführung beim Experimentieren abhängig.

## **Abstract**

Inclusion and digitalization are key topics for the professionalization of teachers. The heterogeneity of students in inclusive classes means that learners have different needs. Consequently, teachers need concepts that do justice to all students, especially in science lessons and their specific scientific working methods. In order to be able to use digital media effectively to promote scientific work and reduce barriers, teachers need professional knowledge and skills. In addition to professional knowledge, according to the Theory of Planned Behavior, positive attitudes and a high level of self-efficacy influence teaching activities. This has been confirmed both for the use of digital media and for inclusive teaching. In order to apply these general statements on inclusive teaching and media use to subject-specific issues such as scientific work, the topics of inclusion and digitalization (also known as diclusion) must be considered together. The aim of the study is to train teachers specifically for the use of digital media in heterogeneous classes in biology lessons. On the one hand, the question arises as to what extent teacher training on diclusive biology teaching affects teachers' attitudes and self-efficacy expectations. On the other hand, the extent to which the systemic variation of knowledge presentation affects the personality traits mentioned will be investigated. In addition, the implementation of the topics covered in the training course in the classroom will be examined.

The study design consisted of a teacher training course with a pre- and post-test, as well as a follow-up survey. Biology teachers took part in a one-day webinar on the topic of "Digitally supported experimentation for all". In the webinar, the teachers planned and carried out an experiment on the enzymatic browning of apples, which is digitally supported in all phases. In addition, they considered the needs of the students and worked out possible barriers. The result of the training was a planned experiment that is supported by digital media to differentiate the phases of the scientific knowledge acquisition process. The participants were randomly divided into three experimental groups. The experimental groups differed in the instructional phases that preceded the practical phase. The first group concentrated on the design of digital media, media didactics and the use of digital media in science lessons. The second group focused on approaches to inclusive didactics, concepts for differentiation and their implementation in science lessons. The last group had an integrated format. This included both the mentioned aspects of digital media from the first experimental group and the aspects of differentiation from the control group. The pre-post survey contained scales on teachers' attitudes towards digitalization and inclusion. In addition, self-efficacy assumptions were recorded in the TPACK dimensions. The intervention took place from June 2021 to January 2022 as a one-day teacher training course. A total of 141 Bavarian biology teachers (70% female) were trained in small groups of up to ten people.

The following main results can be summarized: the systematic variation of knowledge in the instruction phase showed no difference in the teachers' attitudes or self-efficacy assumptions. Attitudes towards inclusion were stable across the intervention, while attitudes towards digitalization improve. In terms of attitudes towards inclusion, the questions on social inclusion were significantly easier to answer in the affirmative than the questions on appropriate support. In the post-test, there was a correlation between attitudes towards inclusion and attitudes towards digital media that was not present in the pre-test. Overall, there were only weak correlations between attitudes and self-efficacy assumptions. The decision-making process for implementing the training content in the classroom was heavily dependent on the teacher's self-efficacy assumptions with regard to the use of digital media and with regard to classroom management during experimentation.



**Abbildung 1** Abstrakte Darstellung von digitalen Medien im inklusiven Biologieunterricht:  
„Verschiedenartige abstrakte Formen und Farben, die Vielfalt und Technologie repräsentieren, mit einem stilisierten Apfel als zentrales Symbol der Erkenntnis.“  
(Open AI's Dall E, 2023)

Teile dieser Dissertationsarbeit wurden vorab in den folgenden Publikationen veröffentlicht:

Weidenhiller, P., Miesera M. & Nerdel, C., (2024). Promoting Digitally Supported Inquiry Learning in Diverse Classrooms Through Teacher Training. In K. Korfiatis, M. Grace & M. Hammann (Hrsg.), *Shaping the Future of Biological Education Research - Selected Papers from the ERIDOB 2022 Conference*. Springer International Publishing.

Weidenhiller, P., Witzke, S. & Nerdel, C. (2022). Das Apfelexperiment – Enzymkinetik der Apfelbräunung mit digitalen Tools messen. In E. Watts, L. Stinken-Rösner & M. Meier (Hrsg.), *digital unterrichten. Biologie. 6/2022*. Hannover: Friedrich Verlag:.

# Inhaltsverzeichnis

1. DIGITALISIERUNG UND INKLUSION ALS HERAUSFORDERUNGEN .....	1
2. FACHWISSENSCHAFTLICHE GRUNDLAGEN: ENZYME ALS BIOKATALYSATOREN .....	2
2.1 Energetische Betrachtung nach Michaelis-Menten .....	4
2.2 Enzymregulation .....	7
2.3 Enzymatische Bräunung: Polyphenoloxidasen .....	8
2.4 Enzyme im Unterrichtsfach Biologie .....	14
2.5 Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen .....	16
3. DIGITALISIERUNG UND INKLUSION ALS AUFGABEN DES BIOLOGIEUNTERRICHTS.....	21
3.1 Digitalisierung in der Schule .....	21
3.1.1. Allgemeine Ansätze der Mediendidaktik .....	23
3.1.2. Digitale Medien im Biologieunterricht .....	27
3.2 Schulische Inklusion .....	28
3.2.1 Allgemeine Ansätze inklusiver Didaktik .....	31
3.2.2 Inklusion im Biologieunterricht.....	33
3.3 Verknüpfung von Digitalisierung und Inklusion im Biologieunterricht .....	36
4. PROFESSIONALISIERUNG VON LEHRKRÄFTEN.....	41
4.1 Gestaltung von Lehrkräftefortbildungen .....	41
4.2 Professionelle Handlungskompetenz .....	45
4.3 Verhaltensprädiktoren .....	53
4.4 Lehrkräfteprofessionalisierung zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht zur Förderung der Inklusion .....	56
5. ZIELE UND FORSCHUNGSFRAGEN .....	61
6. PILOTIERUNG.....	63
6.1 Stichprobe .....	63
6.2 Fragebogenentwicklung und Skaldokumentation .....	64
6.2.1 Personenbezogene Daten.....	65
6.2.2 Unterrichtsverhalten .....	65
6.2.3 Einstellung zu Inklusion .....	65
6.2.4 Einstellung zu digitalen Medien.....	67
6.2.5 Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK Dimensionen .....	68
6.5.6 Statistischer Überblick .....	75
6.3 Diskussion .....	76

7.	HAUPTSTUDIE.....	77
7.1	<b>Stichprobe</b> .....	<b>77</b>
7.1.1.	Gematchte Stichproben .....	78
7.1.2.	Follow-Up-Interview.....	82
7.2	<b>Material und Methoden</b> .....	<b>82</b>
7.2.1	Fragebogen und Interviewleitfaden .....	82
7.2.2	Fachlicher Gegenstand der Lehrkräftefortbildung Das Apfelexperiment.....	84
7.2.3	Studiendesign .....	87
7.2.4	Ablauf der Studie .....	93
7.2.5	Durchführung der Fortbildung.....	95
7.2.6	Statistische Auswertungsmethoden .....	103
7.2.7	Qualitative Methodik.....	111
7.3	<b>Ergebnisse</b> .....	<b>120</b>
7.3.1	Skalenanalyse .....	120
7.3.2	Deskriptive Statistik der Personenfähigkeiten.....	180
7.3.3	Korrelationen.....	195
7.3.4	MANOVA.....	195
7.3.5	Ergebnisse der Follow-Up-Befragung .....	197
7.4	<b>Diskussion</b> .....	<b>220</b>
7.4.1	Methodische Diskussion .....	220
7.4.2	Inhaltliche Diskussion .....	222
8	FAZIT .....	236
9	DANKSAGUNG .....	239
10	ABBILDUNGSVERZEICHNIS .....	240
11	TABELLENVERZEICHNIS .....	243
12	LITERATURVERZEICHNIS.....	245

<b>13 ANHANG.....</b>	<b>257</b>
<b>13.1 Laborjournal Enzymatic Browning</b>	<b>257</b>
<b>13.2 Erprobung mit Studierenden Datentabelle</b>	<b>267</b>
<b>13.3 Genehmigung Kultusministerium</b>	<b>268</b>
<b>13.4 Instrument Pilotierung</b>	<b>271</b>
<b>13.5 Fortbildungsmaterial</b>	<b>286</b>
<b>13.6 Instrument Hauptstudie</b>	<b>330</b>
<b>13.7 Präsentation für Interview</b>	<b>346</b>
<b>13.8 Anschreiben Schule</b>	<b>352</b>
<b>13.9 Anschreiben Lehrkräfte</b>	<b>355</b>
<b>13.10 Skaldokumentation, Winsteps Datentabellen</b>	<b>358</b>
<b>13.11 Korrelationen</b>	<b>450</b>
<b>13.12 Deskriptive Statistik und MANOVA</b>	<b>451</b>
<b>13.13 Interviewtranskripte</b>	<b>463</b>
<b>13.14 Abbildungsverzeichnis Anhang</b>	<b>545</b>
<b>13.15 Tabellenverzeichnis Anhang</b>	<b>545</b>

## 1. Digitalisierung und Inklusion als Herausforderungen

Alles begann mit einem Apfel. Schneidet man einen Apfel auf, so wird sich das Fruchtfleisch mit der Zeit braun färben. Durch die Zerstörung der Zellkompartimentierung kommt es zu oxidativen Prozessen, die in Fachkreisen als enzymatische Apfelbräunung bezeichnet werden. Hauptakteure sind die Polyphenoloxidasen, jene Enzyme, die die Reaktion von sekundären Pflanzenstoffen, Phenolen, zu Chinonen katalysieren. Die ausgelöste Reaktionskaskade führt zur Bildung von Melaninen, braunen Farbstoffen, die die Erscheinung des Apfels gänzlich verändern. Möchte man nun eine Aussage darüber treffen, wie braun der Apfel geworden ist, reicht eine rein qualitative Beschreibung nicht mehr aus. Mit Hilfe eines Spektralphotometers oder einer App zur Aufnahme von Farbwerten kann die Farbigekeit im zeitlichen Verlauf gemessen werden und eine quantitative Betrachtung der Färbung wird möglich. Diese kann mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms als Diagramm dargestellt werden, welches den zeitlichen Verlauf der Bräunung visualisiert. Auch wenn das beschriebene Phänomen banal und alltäglich wirken mag, zeigt sich in diesem Beispiel, wie viel fachliches Wissen, Kompetenz im Bereich der Erkenntnisgewinnung, Kompetenz zum wissenschaftlichen Kommunizieren und Medienkompetenz nötig ist, um einfach wirkende Phänomene zu erklären (KMK, 2004). Lehrkräfte stehen vor großen Herausforderungen, alle geforderten Kompetenzen in ihrem Unterricht zu vereinen und somit ihren Schüler\*innen eine naturwissenschaftliche Grundbildung auf der einen Seite mitzugeben und sie auf der anderen Seite auf ein Leben in einer digitalisierten Welt vorzubereiten. Die Einführung der „Strategie Bildung in der digitalen Welt“ greift diese Herausforderungen auf und bildet die Grundlage für die Aufnahme von digitalen Kompetenzen als immanente Bestandteile des Lehrplans (KMK, 2016). Der immer schneller werdende digitale Wandel und die damit einhergehenden Transformationen zeigen sich in den ständig neuen Herausforderungen, mit denen Lehrkräfte konfrontiert werden, wie beispielsweise der Release der ersten frei zugänglichen künstlichen Intelligenz Chat GPT von Open AI, welcher nicht nur bei Lehrkräften, sondern in der gesamten Bildungswissenschaft und darüber hinaus für neue Fragen über Urheberrecht, Fake News und vieles mehr sorgt. Die Wichtigkeit, kompetent mit diesen und weiteren Fragen umzugehen, ist sowohl für Lehrkräfte als auch für Schüler\*innen relevant. Dabei sollten nicht nur die herausfordernden Seiten der Digitalisierung betrachtet werden, sondern auch das Potential, das in ihnen steckt. Wie schon im Apfelbeispiel beschrieben, können digitale Medien im Unterricht dazu beitragen, dass Phänomene begreifbarer werden, sprich, dass Barrieren für das Verständnis von Naturwissenschaften abgebaut werden und eine naturwissenschaftliche Grundbildung allen Schüler\*innen zu Teil werden kann. Lehrkräfte benötigen jedoch gezielte Unterstützung, um die Potentiale des Einsatzes digitaler Medien für einen inklusiven Unterricht für alle Schüler\*innen nutzen zu können. Umso wichtiger ist es, Lehrkräfte in diesen Prozessen zu unterstützen, ihnen somit Handwerkszeug zu geben, mit dem sie die Herausforderungen der Digitalisierung und Inklusion bewältigen können.

# Theoretischer Teil

## 2. Fachwissenschaftliche Grundlagen: Enzyme als Biokatalysatoren

Enzyme spielen in der Biologie eine Schlüsselrolle. Sie katalysieren biochemische Reaktionen und beschleunigen und kontrollieren diese (Campbell et al., 2019). Die meisten Enzyme sind Proteine, die über die Proteinbiosynthese gebildet werden. Sie übernehmen lebensnotwendige Funktionen im Stoffwechsel von Organismen wie die Transkription und Replikation der Erbinformation oder die Verdauung. Enzyme werden anhand ihrer katalysierten Reaktionen in sechs Klassen unterteilt, wobei manche Enzyme mehreren Klassen zugeordnet werden können (Berg et al., 2018):

- EC 1: Oxidoreduktasen: Redoxreaktionen katalysieren
- EC 2: Transferasen: funktionelle Gruppen übertragen
- EC 3: Hydrolasen: Bindungen unter Einsatz von Wasser spalten
- EC 4: Lyasen: Spaltung von komplexen Molekülen
- EC 5: Isomerasen: Umwandlung von chemischen Isomeren
- EC 6: Ligasen/Synthetasen: Additionsreaktionen

Neben ihrer Funktion lassen sich Enzyme anhand ihres Aufbaus unterscheiden. Monomere sind Enzyme, die aus einer einzigen Polypeptidkette bestehen. Enzyme aus mehreren Untereinheiten nennt man Oligomere. Lagern sich mehrere Enzyme zusammen, spricht man von einem Multienzymkomplex (Berg et al., 2018). In diesem kooperieren oder regulieren sich die Enzyme gegenseitig. Die Größe des Enzyms steht dabei nicht in Zusammenhang mit der Funktion. Es gibt einkettige Enzyme, die multifunktionell sind. Bei reinen Proteinenzymen wird das aktive Zentrum ausschließlich aus Aminosäureresten gebildet. So genannte Holoenzyme haben neben dem Proteinanteil (Apoenzym) mindestens einen Kofaktor, welcher ein niedermolekulares Molekül, aber kein Protein ist (ebd.). Die Funktionalität des Enzyms ist dabei von Apoenzym und Kofaktor abhängig. Organische Kofaktoren werden Koenzyme genannt. Das Koenzym kann kovalent an das Apoenzym gebunden sein (prothetische Gruppe) oder als Kosubstrat vorliegen, welches bei der Enzymreaktion in äquivalenter Menge mit dem Substrat umgesetzt wird (ebd.). Beispielsweise ist Adenosintriphosphat (ATP) ein häufiges Kosubstrat, welches als Energiequelle für die Reaktion von Proteinkinasen genutzt wird. Nicotinamidadeninukleotid (NAD) ist ebenfalls ein Kosubstrat, welches beispielsweise von der Alkoholdehydrogenase als Elektronenakzeptor verwendet wird. Kosubstrate werden entsprechend bei der Katalyse verändert und müssen regeneriert werden für die nächste Katalyse, wohingegen prothetische Gruppen direkt am Enzym regeneriert werden. Enzyme mit Metallionen bezeich-

net man als Metalloenzyme. Beispielweise enthält die Hexokinase Magnesium ( $Mg^{2+}$ ), die Carboanhydrase Zink ( $Zn^{2+}$ ) und die Polyphenoloxidase Kupfer ( $Cu^{2+}$ ) (Berg et al., 2018; Güell & Siegbahn, 2007).

Enzyme fungieren als Biokatalysatoren. Sie beschleunigen biochemische Prozesse, indem die Aktivierungsenergie der Reaktion herabgesetzt wird (Campbell et al., 2019). Die Erhöhung der Geschwindigkeit entsteht durch die Stabilisierung des Übergangszustandes der Reaktion. Es erhöht sich also die Reaktionsrate. Enzyme sind durch ein aktives Zentrum gekennzeichnet, an welches spezifische Moleküle (Substrate) durch intermolekulare Wechselwirkungen binden können. Vereinfacht dargestellt wird diese Passung mit dem Schlüssel-Schloss-Prinzip. Modellhaft wird eine enzymatisch katalysierte Reaktion wie in Abbildung 2<sup>1</sup> gezeigt. Konkret bindet ein hochspezifisches Substrat an das aktive Zentrum des Enzyms. Laut der Induced fit Theory verändert sich während der Anbindung des Substrats die Konformation des Enzyms. Ein Enzym-Substrat-Komplex entsteht. Anschließend kommt es zur Reaktion, in diesem Fall eine Spaltung, und Enzym und Produkte trennen sich. Das aktive Zentrum nimmt wieder seine ursprüngliche Form ein. Das Enzym liegt nach der Reaktion unverändert vor, wie alle Katalysatoren (Campbell et al., 2019). Enzyme sind hoch substrat- und reaktionsspezifisch. Das bedeutet, sie setzen nur Substrate mit bestimmten Eigenschaften um und katalysieren nur bestimmte Reaktionen, meist nur eine Reaktion dieser Substrate.

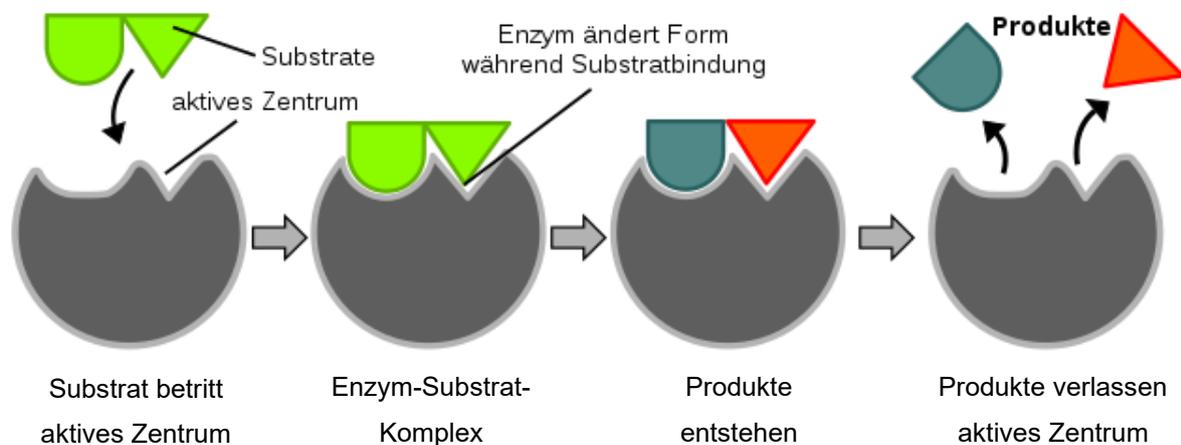


Abbildung 2 Induced fit Modell: enzymatisch katalysierte Reaktion<sup>1</sup>

Biochemische Reaktionen in Lebewesen würden ohne die Anwesenheit von Enzymen nur sehr langsam ablaufen (Campbell et al., 2019). Eine spontan ablaufende Reaktion benötigt eine negative freie Reaktionsenthalpie, ist also exergon. Die Aktivierungsenergie der Reaktion muss aufgebracht werden, um das Substrat in den energetisch ungünstigen Übergangszustand zu bringen. Danach kann die Reaktion ablaufen. Die Aktivierungsenergie der Reaktion

<sup>1</sup> Bildlizenz: Induced\_fit\_diagram.svg: Created by TimVickers, vectorized by Fvasconcellos derivative work: Matt (talk) ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Induced\\_fit\\_diagram\\_de.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Induced_fit_diagram_de.svg)), „Induced fit diagram de“, Beschriftung verändert, <https://creativecommons.org/publicdomain/zero/1.0/legalcode>

wird durch die Stabilisierung des Übergangszustandes durch nicht-kovalente Bindungen zwischen Substrat und Enzym gesenkt (Campbell et al., 2019). Es wird also weniger Energie benötigt, um das Substrat in den Übergangszustand zu bringen und die Reaktion kann schneller ablaufen. Graphisch wird das beschriebene Phänomen in Abbildung 3<sup>2</sup> verdeutlicht. Sobald also ein Enzym beteiligt ist, stellt sich das chemische Gleichgewicht deutlich schneller ein, ohne dabei verändert zu werden. Zu beachten ist, dass in lebenden Systemen nie der Gleichgewichtszustand erreicht wird, da die Substrat- oder Produktkonzentrationen durch vor- oder nachgeschaltete Reaktionen stetig angepasst werden (Campbell et al., 2019). Durch die Senkung der Aktivierungsenergie laufen die katalysierten Reaktionen schneller ab und können gezielt gesteuert werden.

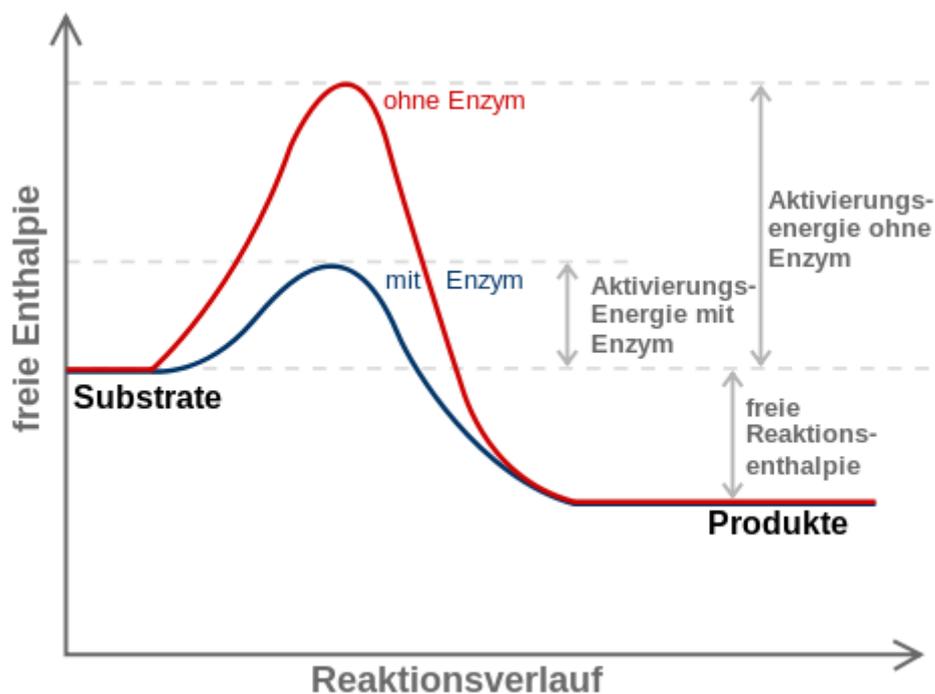


Abbildung 3 Reaktionsverlauf mit und ohne Enzymbeteiligung<sup>2</sup>

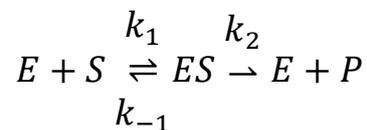
## 2.1 Energetische Betrachtung nach Michaelis-Menten

Der zeitliche Verlauf von Enzymreaktionen wird durch die Enzymkinetik beschrieben. Die Reaktionsgeschwindigkeit ist das Maß für die Änderung der Substratkonzentration über die Zeit, d.h. die Menge des umgesetzten Substrats pro Reaktionsvolumen und pro Zeitspanne (Einheit: mol/(l\*s)). Sie hängt neben den Reaktionsbedingungen wie Temperatur, Salzkonzentration und pH-Wert der Lösung auch von den Konzentrationen des Enzyms, der Substrate und Produkte sowie der Effektoren (Aktivatoren oder Inhibitoren) ab. Die Enzymaktivität ist direkt

<sup>2</sup> Bildlizenz: Matthias M. (<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Energiediagramm-Enzymreaktion.svg>), „Energiediagramm-Enzymreaktion“, <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/legalcode>

proportional zur Reaktionsgeschwindigkeit und entsprechend in hohem Maße abhängig von den genannten Faktoren. Nach der RGT-Regel steigt die Enzymaktivität mit zunehmender Temperatur in einem bestimmten Temperaturbereich. Durch zu hohe Temperaturen kommt es jedoch zu einem starken Abfall der Aktivität durch Denaturierung des Enzyms.

Die energetische Betrachtung der Enzymaktivität erfolgt nach der Michaelis-Menten-Kinetik (Berg et al., 2018). Das Substrat S bindet an das Enzym E mit der Reaktionskonstanten  $k_1$ . Sobald ein Substrat im Übergangszustand im Enzym-Substrat-Komplex ES vorliegt, kann es entweder wie bereits diskutiert zum Produkt P weiterreagieren mit der Reaktionskonstante  $k_2$ , oder sich ohne zu reagieren aus dem Komplex lösen mit der Reaktionskonstante  $k_{-1}$ . Welcher Fall eintritt, hängt von den Geschwindigkeitskonstanten  $k$  ab. Die Enzymreaktion kann in folgender Gleichung beschrieben werden (ebd.):



Bei hoher Produktkonzentration wäre auch eine Rückreaktion mit einer Reaktionskonstanten  $k_{-2}$  möglich. Diese kann jedoch für eine geringe Produktkonzentration vernachlässigt werden. Die Michaelis-Menten-Kinetik besagt, dass mit steigender Substratkonzentration auch die Reaktionsgeschwindigkeit steigt, bis die maximale Geschwindigkeit  $V_{\max}$  erreicht ist. In Abbildung 4<sup>3</sup> wird dieser Zusammenhang graphisch dargestellt.

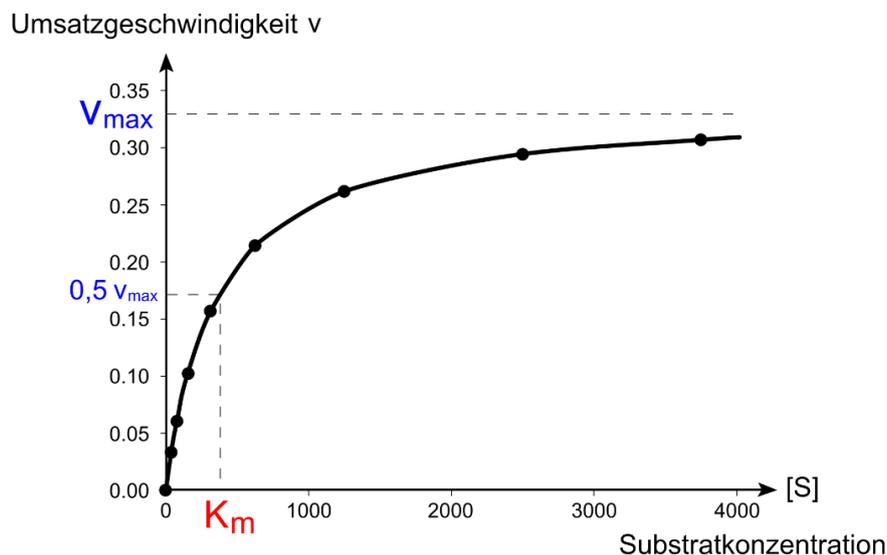


Abbildung 4 Michaelis-Menten Kinetik<sup>3</sup>

Gezeigt ist die Reaktionsgeschwindigkeit  $V_0$  als Funktion der Substratkonzentration [S]. Die Annäherung an  $V_{\max}$  findet asymptotisch statt. Die Michaelis-Konstante ( $K_M$ ) bezeichnet die

<sup>3</sup> Bildlizenz: Yikrazuul ([https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michaelis-Menten\\_plot.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Michaelis-Menten_plot.svg)), „Michaelis-Menten plot“, als gemeinfrei gekennzeichnet, Details auf Wikimedia Commons: <https://commons.wikimedia.org/wiki/Template:PD-self>

Substratkonzentration, bei der die halbmaximale Geschwindigkeit der Reaktion erreicht ist (ebd.).  $K_M$  ist dabei ein Charakteristikum und unabhängig von der tatsächlich vorliegenden Substrat- oder Enzymkonzentration. Die Substratkonzentration bei  $K_M$  ist der in der Zelle normalerweise vorliegenden Substratkonzentration sehr ähnlich. Das hat den Vorteil, dass das Enzym bei dieser Konzentration eine signifikante Aktivität zeigt, aber dennoch empfindlich auf eine Änderung der Substratkonzentration reagieren kann. Bei Konzentrationen deutlich unter  $K_M$  ist das Enzym sehr sensibel für Konzentrationsschwankungen, aber nicht so aktiv. Bei hohen Werten ist das Enzym zwar aktiv, aber nicht sensibel (Berg et al., 2018).

Die Bildungsgeschwindigkeit für ES ist definiert als:  $ES = k_1[E][S]$ . Die Zerfallsgeschwindigkeit als:  $ES = (k_{-1} + k_2)[ES]$ . Unter Annahme des Fließgleichgewichts (steady state), also der Annahme, dass  $[ES]$  konstant bleibt aufgrund gleich schneller Bildung und Zerfall von ES, können die beiden Gleichungen gleichgesetzt und umgestellt werden, woraus die Michaelis-Konstante definiert wird:

$$k_1[E][S] = (k_{-1} + k_2)[ES]$$

$$\frac{[E][S]}{[ES]} = \frac{(k_{-1} + k_2)}{k_1} = K_M$$

Nach Umstellung erhält man den Ausdruck der Konzentration des Enzym-Substrat-Komplexes als:  $[ES] = [E][S]/K_M$ . Die Konzentration an freiem Enzym  $[E]$  entspricht der Gesamtkonzentration  $[E]_T$  minus der im Komplex befindlichen Enzymmenge  $[ES]$ .

$$[ES] = \frac{([E]_T - [ES])[S]}{K_M} = [E]_T \frac{[S]}{[S] + K_M}$$

Nun soll die Geschwindigkeit betrachtet werden. Die Katalysegeschwindigkeit  $V_0$  entspricht dabei dem Produkt aus  $k_2$  und der Konzentration des Enzym-Substrat-Komplexes  $[ES]$ . Durch Einsetzen der oberen Gleichung erhält man:

$$V_0 = k_2[E]_T \frac{[S]}{[S] + K_M}$$

Bei Sättigung der Reaktion ist die maximale Geschwindigkeit  $V_{max}$  erreicht und das gesamte Enzym liegt als ES vor. Es gilt also  $[ES] = [E]_T$  und entsprechend gilt:  $V_{max} = k_2[E]_T$

Die Michaelis-Menten-Gleichung beschreibt letztendlich die Sättigungsfunktion eines der Michaelis-Menten-Kinetik folgenden Enzyms und lautet also wie folgt:

$$V_0 = V_{max} \frac{[S]}{[S] + K_M}$$

Einfluss auf die Enzymkinetik haben Umgebungsbedingungen wie Temperatur und pH-Wert und auch Inhibitoren. Sie verändern je nach Mechanismus der Hemmung den  $K_M$ -Wert oder die maximale Geschwindigkeit.

## 2.2 Enzymregulation

Enzyme können über die Genregulation gesteuert werden. Das An- oder Ausschalten des codierenden Operons regelt, ob und wie viele Moleküle des Enzyms in einer Zelle vorliegen. Ebenso kann über die Konzentration von Kofaktoren die Menge an einsatzfähigen Enzymen reguliert werden. Die Aktivität eines Enzyms wird durch die Wechselzahl angegeben. Diese gibt an, wie viele Substratmoleküle 1 mol des Enzyms pro Sekunde umsetzen kann (Berg et al., 2018). Die Enzymaktivität hängt von Reaktionsbedingungen wie der Temperatur ab. Typische menschliche Enzyme haben ein Temperaturoptimum zwischen 35°C und 40°C, im Einklang mit der menschlichen Körpertemperatur (Campbell et al., 2019). Bis zu dieser Temperatur steigt die Enzymaktivität an durch Erhöhung der Molekularbewegungen. Bei höheren Temperaturen (z.B. durch Fieber) sinkt die Enzymaktivität rapide ab, da die aus Proteinen bestehenden Enzyme denaturieren, also ihre Tertiärstruktur verlieren und entsprechend nicht mehr funktionsfähig sind (ebd.). Thermophile Bakterien heißer Quellen haben dagegen Enzyme mit hitzeresistenten Enzymen bis 70°C oder höher. Auch der pH-Wert im umgebenden Milieu ist entscheidend für die Enzymaktivität. Die meisten Enzyme haben ein pH-Optimum von pH 6-8 (ebd.). Wobei beispielsweise Pepsin im menschlichen Magen ein Optimum von pH 2 hat und entsprechend angepasst ist auf das saure Milieu. Andere Enzyme würden bei zu niedrigen pH-Werten denaturieren (ebd.).

Enzyme sind substratspezifisch, das bedeutet, bereits kleine Veränderungen an der Substratstruktur können dazu führen, dass dieses nicht mehr gebunden werden kann, beispielsweise Stereoisomere des Substrats. Die Hemmung von Enzymen dient unter anderem der kontrollierten Umsetzung von Substraten. So können Organismen beispielsweise durch die gezielte Ausschüttung von Hemmstoffen Enzyme blockieren. Es werden verschiedene Hemmtypen unterschieden (Campbell, et al., 2019). Bei der kompetitiven Hemmung konkurrieren die Hemmstoffe (Inhibitoren) mit dem Substrat um die gleiche Bindungsstelle am aktiven Zentrum des Enzyms. Inhibitoren blockieren das aktive Zentrum für eine gewisse Zeit und werden nicht vom Enzym umgesetzt, sondern in ihrem ursprünglichen Zustand wieder freigesetzt. Das Substrat ist dabei in der Lage, den Inhibitor zu verdrängen (ebd.). In Bezug auf die Enzymaktivität erhöht die kompetitive Hemmung den  $K_M$ -Wert, lässt  $V_{max}$  jedoch unverändert (Berg et al., 2018). Die gleiche Situation kann auch durch zwei konkurrierende, aber verschiedene Substrate entstehen, die beide vom Enzym umgesetzt werden können (ebd.). Unter der allosterischen Enzymhemmung versteht man die Hemmung durch einen Inhibitor, der nicht an das aktive Zentrum des Enzyms, sondern an einer anderen Stelle, dem allosterischen Zentrum

bindet (Campbell et al., 2019). Dabei verändert sich die räumliche Struktur des Enzyms, so dass eine Bindung des Substrats an das aktive Zentrum nicht mehr möglich ist. Von einer negativen Rückkopplung spricht man, wenn ein Enzym, das am Anfang einer Reaktionskaskade steht, vom Endprodukt dieser Kaskade gehemmt wird (ebd.). Als nicht kompetitive Hemmung wird hingegen bezeichnet, wenn ein Hemmstoff nicht die Substratbindefähigkeit, sondern das Abscheiden des Produkts hemmt. Diese Hemmung kann nicht durch die Zugabe von mehr Substrat aufgehoben werden (Berg et al., 2018). Beispiele dafür wären die Wirkungsweise des Antibiotikums Doxycyclin, welches die Kollagenase hemmt, oder die toxische Wirkung einer Bleivergiftung durch Bindung des Bleis an die Sulfhydrylgruppen vieler Enzyme (ebd.). Die Enzymaktivität verhält sich in beiden Fällen so, als ob weniger Enzym vorläge. Die unkompetitive Hemmung beschreibt einen Inhibitor, der an den Enzym-Substrat-Komplex bindet und dessen Bindungsstelle erst durch die Bindung des Substrats am Enzym entsteht. Dieser Hemmtyp ist ebenfalls nicht durch einen Substratüberschuss aufzulösen (ebd.).

Insgesamt ist die Anwesenheit von Enzymen für viele Stoffwechselprozesse von großer Bedeutung, wobei viele Prozesse noch nicht ausreichend beforscht sind. Anhand des Beispiels der enzymatischen Bräunung wird die Komplexität enzymatischer Reaktionen und ihrer Auswirkungen dargestellt.

### **2.3 Enzymatische Bräunung: Polyphenoloxidasen**

Polyphenole zählen zu den sekundären Pflanzenstoffen und sind für den Menschen wichtige Bestandteile von Nahrung mit vielfältigen Wirkungen auf die Gesundheit des Menschen. Dazu zählt die antioxidative Wirkung, Senkung des Krebsrisikos, Verringerung des Risikos an Herz-Kreislauferkrankungen zu erkranken, u.v.m. (DGE, 2014). Die Forschungslage zur genauen Wirkung von einzelnen Polyphenolen beim Menschen ist noch nicht ausgereift. In-Vitro Untersuchungen und Tierversuche deuten jedoch auf die genannten positiven Eigenschaften hin. In Lebensmitteln wie Äpfeln, Birnen, Trauben, Kirschen, Pflaumen, Beerenobst, Zwiebeln, Grünkohl, Auberginen, Soja, Süßkartoffeln, schwarzem und grünem Tee kommen viele Polyphenole wie Flavonoide und Phenolsäuren vor (ebd.). Polyphenole werden in der Vakuole der Pflanzenzelle gespeichert. In den Plastiden vorliegende Polyphenoloxidasen (PPO) sind dazu in der Lage, Polyphenole zu oxidieren. Bei einer Verletzung von Zellen kommt es zu einer Dekompartimentierung, woraufhin die Polyphenole austreten und mit der PPO reagieren können. Es kommt zu einer Reaktionskaskade, die enzymatische Bräunung genannt wird. Diese Reaktion dient der pflanzlichen Zelle als Schutz vor Fraßfeinden und dem Eindringen von Krankheitserregern, da durch die Bildung von großen Molekülen die Oberfläche verschlossen wird und sich der Geschmack des Fruchtfleisches ändert. Außerdem dient der Verschluss als Schutz vor dem Austrocknen. Entsprechend ist die enzymatische Bräunung von Obst und Gemüse eines der größten Probleme der Lebensmittelindustrie, da sich durch diese Reaktion

Farbe, Geschmack, Aroma und Nährwerte von verarbeiteten Lebensmitteln negativ verändern können und somit große Mengen an gebräunten Lebensmitteln entsorgt werden.

Zu Beginn der enzymatischen Bräunung wird das Enzym Phenylalanin-Ammoniak-Lyase (PAL) aktiviert, welches die Bildung weiterer Phenole in Stresssituationen katalysiert (Mai et al., 2019). Anschließend folgt die enzymatische Oxidation der Phenole zu Chinonen, welche nicht-enzymatisch zu braunen Farbstoffen polymerisieren. Für den enzymatischen Schritt sind die Polyphenoloxidasen (PPOs) ausschlaggebend. Die Polyphenoloxidasen sind eine Gruppe kupferhaltiger Enzyme, die je nach ihrer Herkunft und Spezifität Tyrosinase, Creolase, Catecholase (= Catecholoxidase) oder Diphenolase heißen (ebd.). Erstmals gefunden wurden sie in Pilzen, wobei inzwischen bekannt ist, dass sie in Pflanzen, Tieren und Mikroorganismen ebenso vorkommen. Die PPOs katalysieren einerseits die Hydroxylierung von Monophenolen zu Diphenolen (Tyrosinase, Creolase) und andererseits die Oxidation von ortho-Diphenolen zu ortho-Chinonen (Diphenoloxidase-Aktivität, Catecholase) (ebd.). Der Unterschied zwischen der Tyrosinase und der Catecholase ist im Aufbau des Enzyms zu finden, wobei ein Asparaginstoffrest in der Tyrosinase zusätzlich die Enzymfunktion, Monophenole zu Diphenolen zu hydroxylieren ausmacht (Solem et al., 2016). Als Kosubstrat wird jeweils molekularer Sauerstoff benötigt (Mai et al., 2019). Einfache phenolische Verbindungen wie Kaffeesäure und Chlorogensäure werden von den PPOs schneller umgesetzt als komplexere Moleküle wie Anthozyane oder Flavonoide. Eine Ausnahme bilden die Catechine (Flavan-3-ole), die ebenfalls schnell umgesetzt werden (ebd.). Laccasen oder Peroxidasen sind ebenfalls dazu in der Lage, phenolische Substrate umzusetzen. Laccasen kommen in höheren Pflanzen jedoch nur bedingt vor (ebd.). Die Anwesenheit von Peroxidasen erleichtern die Umsetzung mit PPOs, da sie mutmaßlich die entstandenen ortho-Chinone als Peroxisubstrat für die Katalyse nutzen, wobei dieser Mechanismus noch nicht vollständig erforscht ist (ebd.). In Abbildung 6<sup>4</sup> ist die Tertiärstruktur des Enzyms Catecholoxidase gezeigt (Güell & Siegbahn, 2007). Das Enzym wurde in diesem Fall aus einer Süßkartoffel gewonnen (PDB code 1BT3). Es enthält in seinem aktiven Zentrum zwei Kupferionen, Cu(II), welche in der Abbildung gelb dargestellt sind. Einen detaillierteren Einblick in das aktive Zentrum der Catecholoxidase bietet Abbildung 5<sup>5</sup>. Dargestellt ist hier die oxidierte Form des Enzyms. Güell und Siegbahn (2007) schlagen auf der Grundlage einer Röntgenstrukturanalyse ein verbrückendes Peroxid zwischen den Kupferionen vor. Charakteristisch für die PPOs sind die jeweils drei Histidinliganden am Kupfer im aktiven Zentrum.

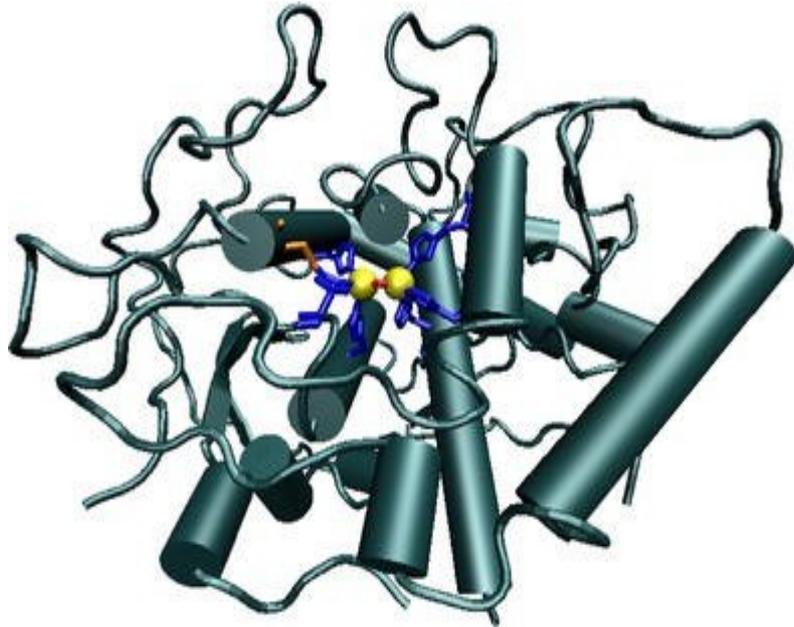


Abbildung 6 Tertiärstruktur der oxidierten Catecholoxidase aus Süßkartoffeln<sup>4</sup>

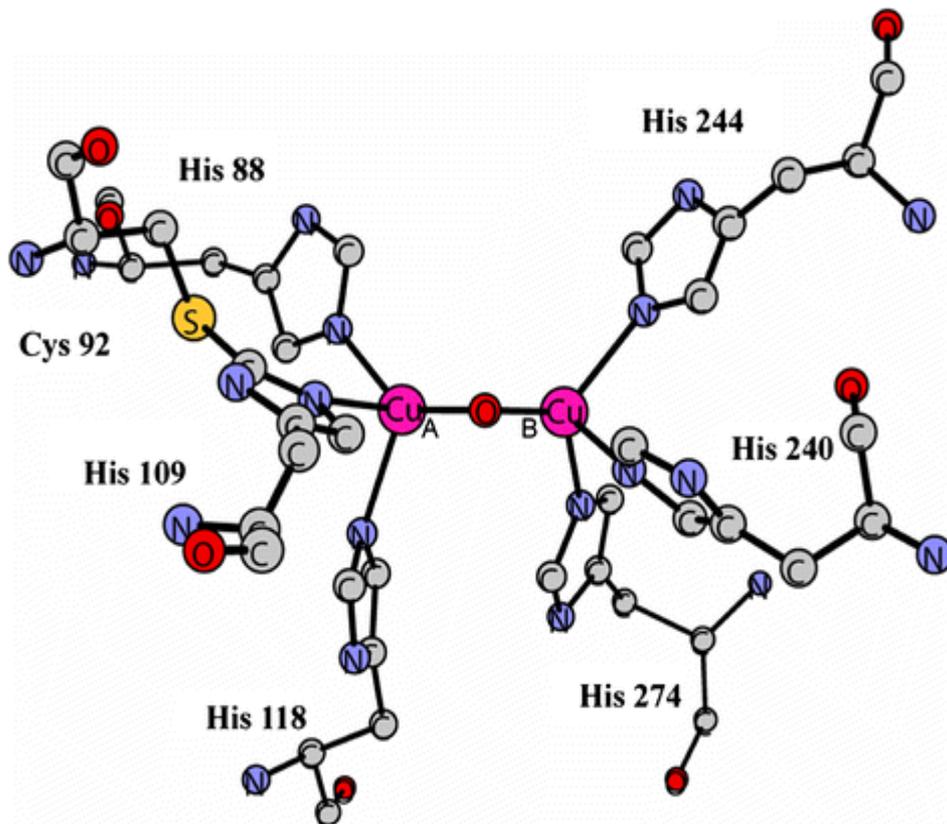


Abbildung 5 Aktives Zentrum der oxidierten Catecholoxidase aus Süßkartoffeln<sup>5</sup>

Im ersten Schritt der enzymatischen Bräunung werden Phenolverbindungen durch PPOs oxidiert zu Chinonen. Im weiteren Verlauf bilden sich durch Polymerisierung der Chinone mit weiteren Chinonen und Phenolen dunkle Pigmente, sogenannte Melanine. Vor allem Äpfel sind

<sup>4</sup> Bildlizenz: Güell & Siegbahn, 2007 © 2007, SBIC

<sup>5</sup> ,Bildlizenz: Güell & Siegbahn, 2007 © 2007, SBIC

reich an Polyphenolen und entsprechend anfällig für diese Bräunungsreaktion. Im Kontrast stehen also die positive Wirkung von Polyphenolen auf die menschliche Gesundheit in Frischlebensmitteln wie frischen Äpfeln und die enzymatische Bräunung von beschädigten oder verarbeiteten Lebensmitteln. Der Polyphenolgehalt unterscheidet sich zwischen verschiedenen Arten, aber auch z.B. zwischen Apfelsorten und Fruchtentwicklungsstadien (Holderbaum et al., 2010). In gängigen Apfelsorten wie Elstar, Mellow, Fuji liegen häufig die Polyphenole Chlorogensäure, (-)-Epicatechin und Procyanidin B2 vor. Umso reifer das Obst ist, desto niedriger ist der Polyphenolanteil der Früchte. Der Grad der enzymatischen Bräunung hängt dabei direkt von der Menge an Polyphenolen ab (ebd.).

Güell und Siegbahn (2007) schlagen folgenden Reaktionsmechanismus der Catecholoxidase vor (Abbildung 7<sup>6</sup>).

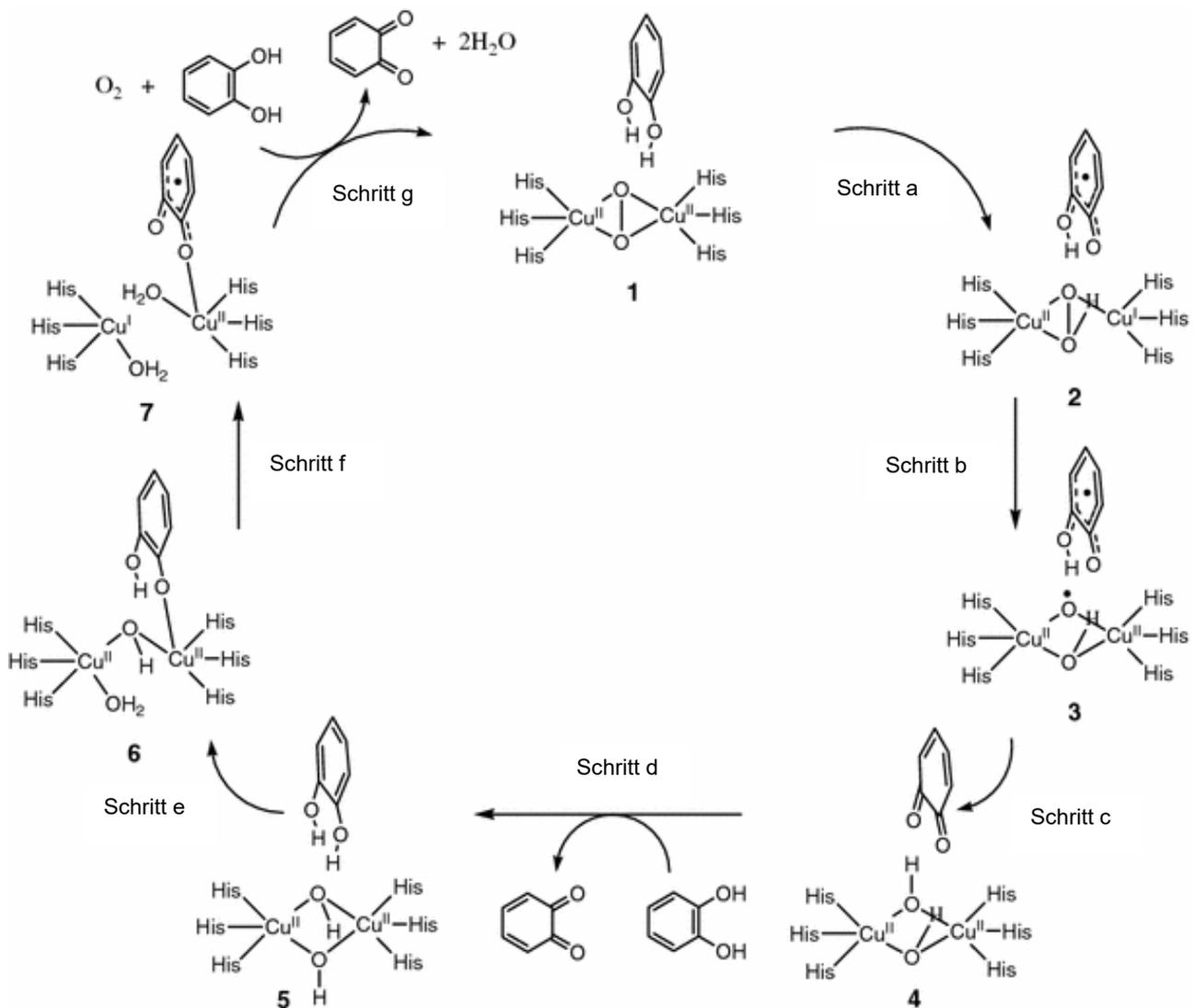
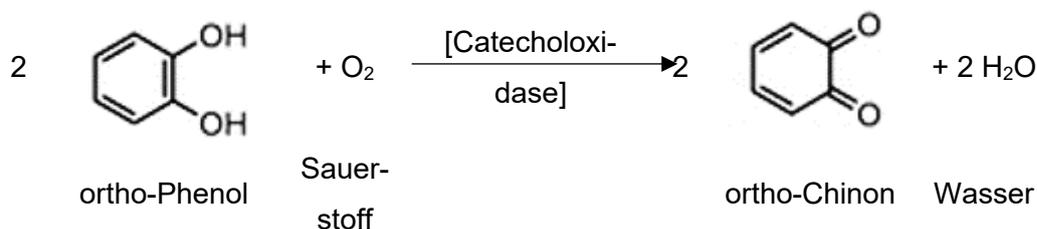


Abbildung 7 Katalytischer Kreislauf der Catecholoxidase<sup>6</sup>

<sup>6</sup> Bildlizenz: Güell & Siegbahn, 2007 © 2007, SBIC

Nummer 1 zeigt die oxidierte Catecholoxidase und ein ortho-Phenol, welches sich an das aktive Zentrum der Catecholoxidase koordiniert. In Schritt a wird ein Proton vom Phenol auf einen Sauerstoff der PPO übertragen. Nummer 2 zeigt das Phenol mit negativer Teilladung. Ein Cu(II) wird reduziert zu Cu(I) und die Bindung zwischen Cu(I) und Sauerstoff wird aufgelöst. In Schritt b kommt es zu einer negativen Teilladung beim zweiten Sauerstoff der Catecholoxidase, indem Cu(I) wieder zu Cu(II) oxidiert wird. Das vormalige ortho-Phenol koordiniert mit dem verbleibenden Proton an die negative Teilladung des Sauerstoffs der Catecholoxidase (Schritt c) und wird vollständig zum ortho-Chinon reduziert. Die Catecholoxidase liegt nun doppelt protoniert vor (Nummer 4). Das Chinon wird in Schritt d als Produkt aus dem Kreislauf entlassen. Ein weiteres ortho-Phenol koordiniert an das aktive Zentrum der Catecholoxidase (Nummer 5) und wird in Schritt e deprotoniert und geht eine Verbindung zu einem der Kupferionen ein. Dabei wird die Bindung zwischen dem Kupferion und dem protonierten Sauerstoff der Catecholoxidase gelöst und das zweite Proton lagert sich an die OH-Gruppe an. Es entsteht eine OH<sub>2</sub>-Gruppe, die an das zweite Kupferion gebunden ist (Nummer 6). In Schritt f wird das vormalige Phenol erneut deprotoniert und es entsteht eine negative Teilladung. Das Proton wandert an die verbleibende OH-Gruppe und es entsteht eine weitere OH<sub>2</sub>-Gruppe, die an das Kupferion gebunden ist. Dabei wird die Bindung vom zweiten Kupferion zur OH-Gruppe gelöst und Cu(II) zu Cu(I) reduziert (Nummer 7). In Schritt g werden das Chinon und die beiden Wassermoleküle unter Anwesenheit von Sauerstoff abgespalten vom aktiven Zentrum der Catecholoxidase. Der Sauerstoff oxidiert das aktive Zentrum der Catecholoxidase, welche nun wieder im ursprünglichen Zustand vorliegt (Nummer 1; ebd.).

Die Anwesenheit von Sauerstoff ist für die Regeneration des Enzyms zwingend erforderlich. Wasser entsteht als Nebenprodukt. Das verwendete Diphenol ist beispielhaft. Die Gesamtgleichung der Enzymreaktion lautet wie folgt:



Nach ggf. der Hydroxylierung von Monophenolen zu Diphenolen (Schritt A in Abbildung 8) und der anschließenden, bereits beschriebenen Reduktion der Diphenole zu Chinonen (Schritt B) startet eine Reaktionskaskade, die die Bildung des braunen Farbstoffs Melanin zum Produkt hat. Die hoch reaktiven ortho-Chinone polymerisieren zumeist nicht enzymatisch. In Abbildung 8 sind die Reaktionsmechanismen der enzymatischen Bräunung im Überblick dargestellt (Mai et al., 2019). Ausgehend von den phenolischen Ausgangsprodukten entstehen verschiedene

Polymere mit unterschiedlichen Farben (Mai et al., 2019). Schritt C zeigt die oxidative Kuppelung von ortho-Chinonen und weiteren Phenolen. Diese Reaktion läuft sehr schnell ab. Es folgen weitere Polymerisationen bis hin zu den hochpolymeren Melaninen. Schritt D zeigt eine Form des Redoxcyclings, hierbei werden die Chinone hydriert und 1,2,3-Trihydroxyaromaten, die die PPOs nicht umsetzen können, werden stattdessen nicht-enzymatisch oxidiert zu ihren Chinonen.

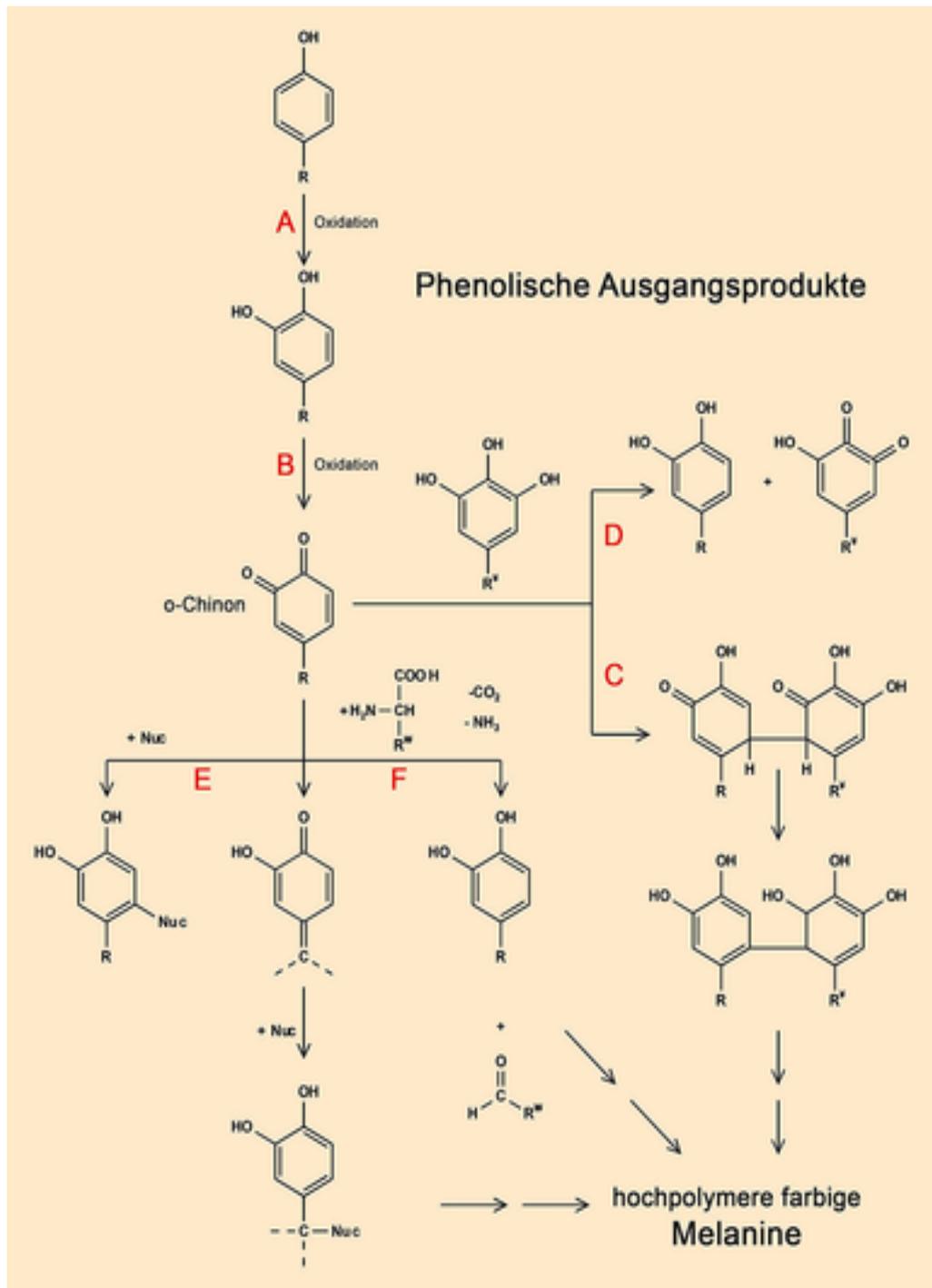


Abbildung 8 Reaktionskaskade vom Monophenol zum Melanin<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Bildlizenz: Mai, Mertens & Glomb, 2019 © 2019 WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Weinheim

Schritt E zeigt, dass ortho-Chinone als Elektrophile mit Nucleophilen wie funktionellen Gruppen von Proteinen oder Aminosäuren reagieren können (ebd.). Schritt F zeigt die Beteiligung von Chinonen am nicht-enzymatischen Strecker-Abbau von Aminosäuren. Dieser Vorgang ist vor allem bei der Aromabildung von Kaffee, Tee und Kakao anzutreffen. Am Ende der enzymatischen Bräunung steht die Bildung von hochpolymeren farbigen Melaninen (ebd.).

Da die enzymatische Bräunung in der Lebensmittelindustrie eine eher unerwünschte Reaktion ist, gibt es bereits eine Reihe von Hemmstrategien. Beliebter Ansatzpunkt sind dabei die enzymatisch katalysierten Schritte A und B. Beispielsweise kann der Reaktion das Kosubstrat Sauerstoff entzogen werden durch Schaffung einer Schutzatmosphäre. Des Weiteren denaturiert eine Hochtemperaturbehandlung (mind 70 °C) das Enzym. Bei Zugabe von Zitronensaft zum System kommen drei weitere Komponenten zum Tragen: Zum einen wird das Milieu saurer als das pH-Optimum des Enzyms. Es liegt je nach Quelle zwischen pH 4 und pH 8 (Yoruk & Marshall, 2003) oder zwischen pH 5 und pH 7 (Moon et al., 2020). Durch das Absenken des pH-Werts wird die Bindung des Enzyms an das Kupfer im aktiven Zentrum verringert, da die Histidinliganden protoniert werden und entsprechen die Koordination zum Kupferzentrum beeinträchtigt wird (Yoruk & Marshall, 2003). Dieser Prozess tritt in etwa ab pH 3 oder niedriger auf (Moon et al., 2020). Außerdem wirkt Zitronensäure als Chelatbildner und bindet somit die Kupferionen im aktiven Zentrum der PPOs (ebd.). Zum anderen kommt es durch das enthaltene Vitamin C zu einem Redoxcycling-Prozess. Aufgrund der antioxidativen Wirkung der Ascorbinsäure werden die gebildeten Chinone wieder zu Phenolen reduziert. Die Ascorbinsäure wird dabei selbst oxidiert (wie Schritt D in Abbildung 8). Die Reaktionskaskade wird dabei unterbrochen. Es kommt nicht zur Bildung von Melaninen, solange Ascorbinsäure in ausreichendem Maß vorhanden ist (ebd.).

Des Weiteren gibt es bereits gentechnisch veränderte Organsimen, die eine unterdrückte Genexpression der PPOs aufweisen. Ein bekanntes Beispiel ist der Arctic® Apple, der seit 2015 für den kommerziellen Anbau in den USA zugelassen ist (Stowe & Dhingra, 2021). Durch die genetische Veränderung kommt es nicht mehr zur beschriebenen enzymatischen Bräunung des Fruchtfleisches (ebd.).

## **2.4 Enzyme im Unterrichtsfach Biologie**

Die fachliche Relevanz der Thematik Enzyme für das Fach Biologie wird ersichtlich aus den vielfältigen Prozessen, in denen Enzyme vorkommen und wirken. Ein biologisches Grundverständnis kommt nicht ohne ein Fachwissen über Enzyme, deren Funktion und Hemmung aus. Auch die gesellschaftliche Relevanz der Thematik Enzyme als Biokatalysatoren wird deutlich am beschriebenen Beispiel enzymatische Bräunung und deren Auswirkung auf die lebensmit-

telverarbeitende Industrie. Direkt für Schüler\*innen relevant sind unter anderem die Alltagsphänomene und Prozesse des eigenen Körpers, die sich durch die Funktionsweise von Enzymen erklären lassen. Vorgänge der Verdauung oder die Verwendung von Enzymen in Waschmitteln sind lebensnahe Beispiele, die die Relevanz des Wissens über Enzyme erkennbar machen.

Betrachtet man die Basiskompetenzen der Kultusministerkonferenz [KMK] (2004) für den Mittleren Schulabschluss im Fach Biologie, so können Enzyme und Prozesse, an denen Enzyme beteiligt sind, den Basiskonzepten System, sowie Struktur und Funktion zugeordnet werden. In beiden Basiskonzepten werden unter anderem Steuerungs- und Regelungsprozesse betrachtet, zu welchen Enzyme und deren Regulation zugeordnet werden können. In den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife werden die Basiskonzepte für Biologie noch konkreter ausformuliert (KMK, 2020). Enzyme finden sich hier im Basiskonzept Struktur und Funktion mit dem wesentlichen Prinzip Schlüssel-Schloss-Prinzip wieder. Im Basiskonzept Stoff- und Energieumwandlung spielen Enzyme bei vielen Prozessen eine wichtige Rolle. Wesentliche Prinzipien des Basiskonzepts Steuerung und Regelung sind die positive und negative Rückkopplung und die Homöostase, bei welchen Enzyme ebenfalls als Beispiele herangezogen werden.

Explizit sind Enzyme im bayerischen Gymnasiallehrplan LehrplanPLUS stark in der 10. Jahrgangsstufe im Fach Biologie vertreten unter B10 Lernbereich 3.2 Verdauung: Am Beispiel der Verdauung sollen Schüler\*innen die Kompetenzen erwerben, die „allgemeine Wirkungsweise von Enzymen auf Stoff- und Teilchenebene [...]“ zu erläutern und dabei „das Energiekonzept und das Schlüssel-Schloss-Modell auf enzymkatalysierte Reaktionen anwenden“ (ISB, 2023a, B10 3.2). Außerdem sollen sie die Enzymausstattung des Menschen und den Einfluss auf die Enzymaktivität durch Außenfaktoren erläutern können (ebd.). Inhaltlich konkret bedeutet das die Auseinandersetzung mit dem Aufbau von Proteinenzymen, mit der katalytischen Wirkung und der Absenkung der Aktivierungsenergie, mit dem Schlüssel-Schloss-Modell und der Substrat- und Wirkungsspezifität (ebd.). Außerdem liegt ein Schwerpunkt auf der Beeinflussung der Enzymaktivität durch verschiedene Faktoren wie Substratkonzentration, pH-Wert, Temperatur und Denaturierung (ebd.). In Jahrgangsstufe 13 werden die Inhalte entlang des Spiralcurriculums vertieft behandelt in B13 im Lernbereich 3.2 Umbau von Stoffen (ISB, 2023b, B13 3.2). Auch die Kompetenzen vertiefen sich entsprechend und bauen auf den vorhergehenden auf. So sollen Schüler\*innen die Kompetenzen erwerben, „selbstständig Experimente [zu planen], um Hypothesen zur Beeinflussung der Enzymaktivität durch verschiedene Außenfaktoren zu überprüfen“ (ISB, 2023b, B13 3.2). Außerdem sollen sie dazu in der Lage sein, „die Bedeutung von Enzymen für eine bedarfsgerechte Regulation des Stoffwechsels“ zu erklären (ISB, 2023b, B13 3.2). Inhaltlich ausformuliert sind hierbei Experimente zur Enzymaktivität in

Abhängigkeit von Substratkonzentration, Temperatur und pH-Wert, sowie die Regulation des Stoffwechsels durch Enzyme (ebd.). Dabei sollen die reversible Hemmung (kompetitiv und nicht kompetitiv), die (In-)Aktivierung und das Schlüssel-Schloss-Modell betrachtet werden (ebd.).

Ebenso sind Enzyme im Unterrichtsfach Chemie verankert. Unter anderem sind sie in Jahrgangsstufe 11 vertreten in C11 im Lernbereich 2 Lebensmittelchemie. Schüler\*innen sollen hier u.a. Kompetenzen erwerben zum Aufbau von komplexen Molekülen und deren Bindungsverhältnissen (ISB, 2023c, C11 2). Dazu wird im Sinne des Spiralcurriculums fächerübergreifend das Wissen aus B10 zum Thema Verdauung aufgegriffen, chemisch betrachtet und vertieft an den Beispielen der Wirkungsweise von Verdauungsenzymen, unterschiedlicher Enzymausstattung, wie bei Laktoseintoleranz, und der Enzymhemmung. In Lernbereich C11 3.1 Arzneimittel im Verdauungstrakt werden Wirkungsweisen von bestimmten Medikamenten auf Enzyme thematisiert (ISB, 2023c, C11 3.1). In Jahrgangsstufe 13 C13 4.1 Natürliche Makromoleküle werden im Sinne der vertikalen Vernetzung Enzyme im Stoffwechsel und in technischen Anwendungen betrachtet und ihre Reaktionsbedingungen, sowie die Denaturierung behandelt (ISB, 2023d, C13 4.1). Außerdem enthalten sind die Funktionsweise als Biokatalysatoren und die Einflussfaktoren auf die Geschwindigkeit der Enzymreaktionen, sowie Enzymcharakteristika wie Substrat- und Wirkungsspezifität und das Schlüssel-Schloss-Prinzip (ebd.).

Die Ausgestaltung des Lehrplans gibt explizit vor, dass Schüler\*innen sich praktisch mit der Thematik Enzyme auseinandersetzen sollen wie in Jahrgangsstufe 13 Experimente zur Enzymaktivität (ISB, 2023b). Darüber hinaus beinhalten Lehrplan und Bildungsstandards allgemein den Erwerb von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten.

## **2.5 Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen**

Unter naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen versteht man Methoden der Erkenntnisgewinnung in den naturwissenschaftlichen Disziplinen. Im schulischen Kontext sollen sie als methodische Fähigkeiten beherrscht und durch sie sollen fachliche Aspekte vermittelt werden (Nerdel, 2017). Zu den Arbeitsweisen, die im Fach Biologie relevant sind, zählen unter anderem Untersuchen, Beobachten, Betrachten, Experimentieren, Ordnen und Vergleichen und Modellieren. Unter Beobachten und Betrachten versteht man das Erkunden auf der makroskopischen Ebene, wobei lediglich die Sinnesorgane verwendet werden. Betrachten bezieht sich auf unbewegliche Objekte und Beobachten auf Prozesse, also das Verhalten von Systemen oder Lebewesen. Es werden keine Eingriffe in die Struktur oder die Prozesse vorgenommen. Im Gegensatz dazu werden beim Untersuchen Objekte auf der mikroskopischen, beziehungsweise submikroskopischen Ebene analysiert. Dabei werden Hilfsmittel wie Mikroskope einge-

setzt. Diese drei Arbeitsweisen werden aus der Lernendenperspektive unter Beobachten zusammengefasst, wobei Untersuchen dann als Beobachten mit Hilfsmittel betrachtet wird (Nerdel, 2017). Sowohl auf makroskopischer als auch auf mikroskopischer Ebene kann die Arbeitsweise Experimentieren durchgeführt werden. Beim Experimentieren wird durch eine systematische Variation von Variablen eine Ursache-Wirkungs-Beziehung untersucht, die einer alleinigen Beobachtung nicht zugänglich wäre. Modelle werden zum Beschreiben und Erklären von Phänomenen, als Originalersatz oder zum Hypothesenprüfen genutzt (Nerdel, 2017). Das Mathematisieren stellt dabei eine Sonderform dar, in der z.B. Daten aus Experimenten zum mathematischen Modellieren genutzt werden, um Zusammenhänge darzustellen. Vergleichen und Ordnen findet immer kriteriengeleitet statt. Dabei dient das Vergleichen auch dem Ordnen und Bestimmen (ebd.).

Je nach Quelle verläuft ein Experiment in unterschiedlich vielen Schritten, die jedoch alle immer Planung, Durchführung und Auswertung beinhalten (Gropengießer, 2013; Nerdel, 2017; Mattes, 2002). Vor der Planung kommt es im experimentellen Unterricht zu einer Konfrontation mit dem Phänomen, welches im Experiment untersucht werden soll (Mattes, 2002). In der anschließenden Planung werden eine Forschungsfrage generiert und Hypothesen aufgestellt (Nerdel, 2017). Die Forschungsfrage kann dabei aus einer Theorie oder aus einer Beobachtung generiert werden. Sie ist weit gefasst, grenzt aber den Forschungsbereich ein (ebd.). Dazu passend werden konkrete Hypothesen aufgestellt. Hypothesen sind gerichtete Vermutungen, die durch ein Experiment bestätigt oder falsifiziert werden können (ebd.). Durch die Bezugnahme zur Theorie werden Vermutungen begründet und somit werden sie zur wissenschaftlichen Hypothese (Gropengießer, 2013). Anschließend wird ein aussagekräftiges Design des Experiments entworfen. Dabei ist besonders auf die Variablenkontrolle zu achten. Das bedeutet, dass der Einfluss einer Größe (unabhängige Variable) auf die Messgröße (abhängige Variable) untersucht wird und dabei andere Faktoren konstant gehalten werden (Nerdel, 2017). Die unabhängige Variable wird dabei vom Experimentator verändert und die abhängige Variable dadurch in Abhängigkeit von der unabhängigen Variablen gemessen. Erst wenn dieser Sachverhalt gegeben ist und Störfaktoren konstant gehalten werden, ist eine eindeutige Aussage über eine Ursache-Wirkungsbeziehung zwischen unabhängiger und abhängiger Variablen möglich. Mindestens einen Kontrollansatz muss es beim Experimentieren geben, das bedeutet beispielsweise die Überprüfung der Auswirkung von Anwesenheit oder Abwesenheit des Faktors. Bei aufwändigeren Versuchsansätzen wird mit mehreren Experimentalansätzen und/oder Kontrollansätzen gearbeitet, beispielsweise wird eine Verdünnungsreihe hergestellt, um den Einfluss der Konzentration auf die zu messende Größe zu untersuchen. In multifaktoriellen Designs werden mehrere unabhängige Variablen systematisch variiert, wobei trotzdem eine Kontrolle der Störvariablen stattfinden muss (ebd.). Bei der Durchführung kommen Messwerterfassung und auch weitere Arbeitsweisen wie das systematische Beobachten

zum Einsatz. Zudem werden die Beobachtungen protokolliert. Um die Ergebnisse auswerten zu können, werden die Beobachtungen geordnet und die Zusammenhänge geklärt. Dazu werden die Ergebnisse diskutiert, und ggf. mathematisiert und modelliert. Die in der Planungsphase aufgestellten Hypothesen werden nun mit den Ergebnissen des Experiments abgeglichen und nach Möglichkeit eindeutig angenommen oder abgelehnt. Wichtig an dieser Stelle ist vor allem der Rückbezug zur Theorie und zur aufgestellten Forschungsfrage. Nicht außer Acht gelassen werden dürfen dabei die Methodendiskussion und die Limitation des Geltungsbereichs des Experiments, um eine wissenschaftlich korrekte Aussage treffen zu können. Zudem findet eine Sicherung der Ergebnisse des Experiments statt. Die Ergebnisse des Experiments müssen reproduzierbar, also unabhängig vom Experimentator sein (Nerdel, 2017). Dieser Fakt wird im Unterricht oftmals nicht durch Wiederholung des Experiments, sondern durch parallele Ausführung durch mehrere Gruppen überprüft (Gropengießer, 2013).

Beim induktiven Vorgehen werden Schlussfolgerungen von beobachteten Phänomenen auf Gesetzmäßigkeiten vollzogen (Nerdel, 2017). Das deduktive Vorgehen hingegen geht von auf der Grundlage einer Theorie gebildeten Hypothesen aus. Dabei ist die Falsifizierbarkeit der Hypothesen ausschlaggebend. Jede Theorie ist demnach so lange gültig, bis sie widerlegt wurde. Beim Experimentieren können sowohl der induktive als auch der deduktive Ansatz gewählt werden, wobei die Deduktion bevorzugt wird. Dabei ist auch entscheidend, in welcher Funktion ein Experiment im Unterricht eingesetzt wird. Das Experiment kann verschiedene Funktionen erfüllen und verschieden umgesetzt werden. Von einem Demonstrationsexperiment spricht man, wenn ein Experiment von der Lehrkraft vorgeführt wird. Im Gegensatz dazu experimentieren die Schüler\*innen bei Schüler\*innenexperimenten selbst. Das einführende Experiment kann den Beginn der Unterrichtsstunde oder -einheit gestalten, um Interesse zu wecken und das Vorwissen zu aktivieren. Beim deduktiven Forschungsexperiment haben die Schüler\*innen die Möglichkeit, offen zu experimentieren. Das bestätigende Experiment dient zur Wiederholung und Vertiefung von theoretischen Zusammenhängen (Nerdel, 2017). Des Weiteren kann zwischen qualitativen und quantitativen Experimenten unterschieden werden (Gropengießer, 2013). Qualitative Experimente werden zur Überprüfung von Ja-Nein-Fragen herangezogen. Sie beschäftigen sich nur damit, ob ein Faktor einen Einfluss hat oder nicht. Im Gegensatz dazu liefern quantitative Experimente differenziertere Antworten. Mehrere Einzelergebnisse werden miteinander in Beziehung gesetzt, um einen Zusammenhang darzustellen. Dazu sind oft eine präzisere Arbeitsweise und ein vertieftes Verständnis bei den Beteiligten nötig (ebd.).

Experimentieren spielt im Biologieunterricht in mehreren Weisen eine Rolle: Es soll den Schüler\*innen Einblick in das naturwissenschaftliche Arbeiten geben und die wissenschaftliche Erkenntnisgewinnung beim deduktiven und induktiven Vorgehen aufzeigen (Berck & Graf, 2005;

Killermann, Hiering & Starosta, 2008). Außerdem sollen die Schüler\*innen eine positive Einstellung zur Naturwissenschaft Biologie entwickeln, ihr Interesse soll gefördert werden (ebd.), und das Verantwortungsbewusstsein gegenüber Natur und Umwelt soll geschärft werden (Mattes, 2002). Durch das Experimentieren sollen das Wahrnehmungs-, Denk- und Urteilsvermögen geschult werden, vertiefte Kenntnisse von biologischen Zusammenhängen erworben (Killermann et al., 2008) und die Problemlösekompetenz gefördert werden (Berck & Graf, 2005). Außerdem werden durch das Experimentieren die Experimentierkompetenz (ebd.) und soziale und technische Fähigkeiten mit Alltagsbezug gefördert (Killermann et al., 2008). Dazu gehören kreatives Denken, planvolles Handeln, gute Beobachtungsfähigkeit, Sorgfalt und eine Förderung der elaborierten Ausdrucksweise (Mattes, 2002). Experimente eignen sich unter anderem aufgrund ihres direkten Objektbezugs und ihrer Anschaulichkeit zur Anregung der Schüler\*innenaktivität und zur Steigerung der Lerneffektivität, wenn eine sinnvolle und planvolle didaktische Einbettung stattfindet und keine „Kochrezept“-Experimente stattfinden, die lediglich abgearbeitet werden durch die Schüler\*innen ohne diese zum selbstständigen Denken anzuregen (Killermann et al., 2008).

In den Bildungsstandards und im LehrplanPLUS sind die aufgeführten Kompetenzen zum Experimentieren ebenso verankert. In den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss für das Fach Biologie werden im Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung explizit Kompetenzen zum Planen, Durchführen und Auswerten von einfachen Experimenten (Kompetenz E6) und zum Nutzen des experimentellen Weges der Erkenntnisgewinnung zur Erklärung (E7) formuliert (KMK, 2004). In den Standards für die Allgemeine Hochschulreife im Fach Biologie wird ebenso der hypothetisch-deduktive Erkenntnisprozess unter anderem beim Experimentieren ausformuliert (KMK, 2020). Der Gymnasiallehrplan sieht Experimentieren bereits in der sechsten Jahrgangsstufe im Fach Natur und Technik vor (ISB, 2023e). Dabei soll der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg inklusive Forschungsfrage, Hypothesen, Planung und Durchführung einer Untersuchung, Datenauswertung und -interpretation behandelt werden, und bereits Variablen, Konstanten und Kontrollversuche beim Experimentieren geklärt werden (ebd.). Vertieft werden diese Kompetenzen im Biologieunterricht ab Jahrgangsstufe 8, wobei auch digitale Medien vor allem bei der Auswertung der Experimentaldaten zum Einsatz kommen sollen (ISB, 2023f).

Beim Fördern der angesprochenen Kompetenzen muss vor allem auf bekannte Schwierigkeiten von Schüler\*innen beim Experimentieren eingegangen werden. Diese finden sich am häufigsten in drei Bereichen: Hypothesen, Planung und Dateninterpretation. Bei den Hypothesen beginnen die Schwierigkeiten zumeist schon beim Aufstellen derselben, da diese oft ohne Datengrundlage oder unwissenschaftlich formuliert werden (Nerdel, 2017). Das Annehmen oder Ablehnen einer Hypothese oder das Aufstellen einer Alternativhypothese auf der Grundlage

von erhobenen Daten fällt Schüler\*innen oft schwer (ebd.). Oft werden widersprüchliche Daten ignoriert oder Hypothesen aufgestellt, die nicht widerlegt werden können mit dem geplanten Experiment (fear of rejection) (ebd.). Beim Planen von Experimenten werden oftmals Ansätze gewählt, die die aufgestellte Hypothese bestätigen (confirmation bias) oder insgesamt nicht aussagekräftige Ergebnisse liefern. Das nicht systematische Variieren von Variablen oder das Verändern von nicht aussagekräftigen Variablen ist ebenfalls eine typische Schwierigkeit von Schüler\*innen. Als engineering approach bezeichnet man, wenn Schüler\*innen Experimente planen, die ein gewünschtes Ergebnis erzielen und nicht die Theorie der Fragestellung testen (ebd.). Bei der Dateninterpretation treten oftmals Schwierigkeiten auf im systematischen Auswerten. Ein Fehler kann sein, die Interpretation durch die Hypothese zu leiten und somit eine Fehlinterpretation in Kauf zu nehmen, um die Hypothese zu bestätigen. Eine weitere Schwierigkeit besteht im Erstellen und Interpretieren von Diagrammen (ebd.). Auch die Wertung von Ergebnissen birgt Probleme, da Messungenauigkeiten mit negativen Befunden vertauscht werden können und somit Gesetzmäßigkeiten nicht erkannt werden (Kurth & Wodzinski, 2020). Auch Unsicherheiten bei der Durchführung gefährden den Erfolg eines Experiments erheblich (ebd.).

Für die Lehrkraft entstehen aus den geforderten Kompetenzen für die Schüler\*innen und den diversen Schwierigkeiten von Schüler\*innen beim Experimentieren große Herausforderungen (Mattes, 2022). Zudem müssen Aufwand und Ertrag für ein Experiment in einer guten Relation stehen, um effektiv Unterricht zu gestalten und dennoch eine sichere Experimentierumgebung zu schaffen. Dabei sollten auch die Steuerung durch die Lehrkraft und die Selbstständigkeit der Schüler\*innen beim Experimentieren reflektiert gewichtet werden (ebd.). Insgesamt ist es als eine Aufgabe des Biologieunterrichts zu betrachten, dass Experimentieren als Teil des *Nature of Science*, also der Kultur der Naturwissenschaften, verstanden und das Vorgehen durchdrungen wird – von allen Lernenden (Gropengießer, 2013). Hinzu kommen Herausforderungen, die sich aus den Themen der aktuellen Schulentwicklung wie inklusiver Unterricht und Digitalisierung entwickeln und somit im Unterricht umgesetzt werden müssen.

### **3. Digitalisierung und Inklusion als Aufgaben des Biologieunterrichts**

#### **3.1 Digitalisierung in der Schule**

Eine der größten Herausforderungen der aktuellen Schulentwicklung ist die Digitalisierung der Gesellschaft und damit einhergehend die notwendigen Veränderungen der Bildungslandschaft. Das Schul-Barometer „Covid-19“ zeigt im Vergleich der Länder Deutschland, Österreich und Schweiz, dass sich Lehrkräfte in Deutschland signifikant weniger kompetent im Umgang mit digitalen Lehr-Lernformen einschätzen als die Lehrkräfte der Nachbarländer (Huber et al., 2020). Auch werden in Deutschland signifikant weniger digitale Lern-Plattformen genutzt (ebd.). Bereits vor der Pandemie wurde mit dem DigitalPakt Schule ein Förderverfahren für die digitale Bildungsinfrastruktur an Schulen auf den Weg gebracht. Der Bund stellt für die Umsetzung 5 Milliarden Euro für die Jahre 2019-2024 zur Verfügung, um die Digitalisierung in den Ländern voranzutreiben, und zum einen Digitalisierung selbst als Gegenstand von Bildung umzusetzen und zum anderen das Nutzen von digitalen Werkzeugen im schulischen Bildungsprozess zu ermöglichen (Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus [KM], o.J.a). Flankiert wird die Umsetzung durch die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ der KMK (KMK 2016). Im Pilotversuch „Digitale Schule der Zukunft“ in den Schuljahren 2022/23 und 2023/24 haben sich 350 bayerische Förder-, Mittel-, Real-, Wirtschaftsschulen und Gymnasien auf den Weg gemacht, analoge und digitale Medien für den schulischen Unterricht und das Lernen zu Hause stärker zu verknüpfen und somit auch die Erfahrungen aus der Corona-Pandemie zu systematisieren und zu evaluieren (KM, o.J.b). Ziele des Schulversuchs sind es, die Implementierung zeitgemäßer Konzepte zum Lernen mit mobilen Endgeräten weiterzuentwickeln, Lehrkräfte zu professionalisieren, die Eltern-Schulbeziehung zu Fragen der Medienpädagogik zu fördern und ein geeignetes Beschaffungsverfahren zu entwickeln (ebd.).

Digitale Bildungsmedien für den Unterricht werden nicht nur als Einsatz digitaler Geräte definiert, sondern sind speziell für den Unterricht aufbereitete digitale Medien und Lernumgebungen mit konkretem Bezug zum Schüler\*innenalltag, wie digitale Lehrbücher, Arbeitsblätter, Lernsoftware, Simulationen, Filme (KMK, 2016). Die Strategie „Bildung in der digitalen Welt“ adressiert unter anderem notwendige Kompetenzen von Schüler\*innen, um den Herausforderungen in einer digitalisierten Welt zu begegnen (KMK, 2016). Dazu werden Bildungs- und Lehrpläne in allen Bundesländern beginnend mit der Primarstufe angepasst, indem digitale Kompetenzen als Querschnittsthema in alle Fächer integriert werden. Jedes Fach hat spezifische Zugänge zur Digitalität und es können somit nicht nur allgemeine, sondern auch fachspezifische Kompetenzen erworben werden. Es werden Kompetenzen für Schüler\*innen formuliert auf Grundlage des DigComp (Ferrari, 2013), des kompetenzorientierten Konzepts für die schulische Medienbildung der Länderkonferenz MedienBildung vom 29.01.2015 und des Modells der computer- und informationsbezogenen Kompetenzen, welches der ICILS-Studie

(Bos et al., 2014) zugrunde liegt. Ziele sind „individuelles und selbstgesteuertes Lernen fördern, Mündigkeit, Identitätsbildung und das Selbstbewusstsein stärken sowie die selbstbestimmte Teilhabe an der digitalen Gesellschaft ermöglichen“ (KMK, 2016, S. 15). Es werden dazu sechs Kompetenzbereiche definiert: Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren (1), Kommunizieren und Kooperieren (2), Produzieren und Präsentieren (3), Schützen und sicher Agieren (4), Problemlösen und Handeln (5), Analysieren und Reflektieren (6). Im ersten Kompetenzbereich Suchen, Verarbeiten und Aufbewahren stehen die Datenrecherche, das Identifizieren von relevanten Inhalten, das kritische Bewerten und das Organisieren von Informationen im Fokus. Der Kompetenzbereich Kommunizieren und Kooperieren untergliedert sich in die Bereiche Interagieren, Teilen, Zusammenarbeiten, Umgangsregeln für die digitale Kommunikation und aktive Teilhabe an der Gesellschaft. Im dritten Kompetenzbereich Produzieren und Präsentieren werden Kompetenzen für Schüler\*innen formuliert, die das Entwickeln und Produzieren, die Weiterverarbeitung und Integration, und rechtliche Vorgaben adressieren. Unter dem Kompetenzbereich Schützen und sicher Agieren werden sowohl die Aspekte des sicheren Agierens in digitalen Umgebungen und Schutz der Privatsphäre angesprochen, als auch gesundheitliche Aspekte und Aspekte zum Natur- und Umweltschutz. Das Problemlösen und Handeln in Kompetenzbereich fünf beinhaltet das Lösen technischer Probleme und auch das bedarfsgerechte Einsetzen von Werkzeugen. Eigene Defizite bei der Nutzung digitaler Medien sollen ebenfalls ermittelt und bewältigt werden. Außerdem sollen digitale Werkzeuge und Medien zum Lernen, Arbeiten und Problemlösen genutzt werden und Algorithmen erkannt und formuliert werden können. Im sechsten und letzten Kompetenzbereich Analysieren und Reflektieren geht es darum, Medien zu analysieren und zu bewerten, und ihre Rolle in der digitalen Welt zu verstehen und zu reflektieren (KMK, 2016). Die Kompetenzen sind dabei so allgemein gefasst, dass sie für die einzelnen Schularten und Fächer angepasst werden können und sollen.

Die digitalen Kompetenzen im LehrplanPlus in Bayern bauen auf den Kompetenzen der KMK-Strategie (2016) auf. Im Rahmen der schulischen Medienbildung sollen Schüler\*innen auf ein sachgerechtes, selbstbestimmtes und verantwortungsvolles Handeln in der Gesellschaft vorbereitet werden (ISB, 2023i). Diese Ziele sind schulart- und fachübergreifend und werden entsprechend direkt in die spezifischen Lehrpläne integriert. Im Fachprofil Biologie im bayerischen Gymnasium wird der Beitrag zur Medienbildung wie folgt beschrieben (ISB, 2023j):

„[...] Durch den gezielten Einsatz verschiedener Medien als Recherche-, Gestaltungs-, Präsentations- oder Lernwerkzeuge wird das selbstgesteuerte, entdeckende und eigenverantwortliche Lernen im Biologieunterricht gefördert. Die kritische Analyse von Medien und der darin dargestellten Informationen trägt zum bewussten Umgang mit Medien bei, z.B. auch hinsichtlich der Validität von Informationen und urheber- und datenschutzrecht-

licher Fragen. Bei der Anwendung digitaler Hilfsmittel, künstlicher Intelligenz und von Modellierungsprogrammen erhalten die Schülerinnen und Schüler Einblick in moderne wissenschaftliche Arbeitsverfahren.“

Spezifischer auf den Fachbereich Biologie zugeschnitten sind die einzelnen Kompetenzen in den Jahrgangsstufen hauptsächlich im Lernbereich 1: Erkenntnisse gewinnen – kommunizieren – bewerten dargestellt: In Jahrgangsstufe 9 werden beispielsweise die Verwendung digitaler Hilfsmittel zur Bearbeitung unbekannter Sachverhalte, das Nutzen digitaler Nachschlagewerke zur Bestimmung, digitale Datenauswertung, digitale Messwerterfassung und die Anfertigung von verschiedenen Darstellungsformen wie Diagrammen, Begriffsnetzen und Reaktionsschemata auch mithilfe digitaler Medien als Optionen vorgeschlagen (ISB, 2023g). In Jahrgangsstufe 10 werden ebenfalls als Option die digitale Datenveranschaulichung und -auswertung und die Darstellungsformen erwähnt (ISB, 2023a). Ab Jahrgangsstufe 12 werden die digitalen Praktiken nicht mehr optional betrachtet, sondern sind feste Bestandteile der Kompetenzerwartungen. Angeführt werden die Aufnahme qualitativer und quantitativer Daten mit digitalen Werkzeugen, die zielgerichtete Recherche zu biologischen Sachverhalten mit digitalen Medien und die sach-, adressaten- und situationsgerechte Präsentation von biologischen Sachverhalten mit digitalen Medien (ISB, 2023h). Jahrgangsstufe 13 beinhaltet identische Kompetenzen wie Jahrgangsstufe 12, welche jedoch auf andere Themenbereiche angewandt werden müssen (ISB, 2023b). Dementsprechend geht der Einsatz digitaler Medien über den technischen Aspekt hinaus und schließt das darin steckende Lernpotenzial mit ein (Girwitz, 2015). Um dieses Lernpotenzial zu nutzen, müssen multimediale Lernumgebungen didaktisch aufbereitet im Unterricht eingesetzt werden.

### **3.1.1. Allgemeine Ansätze der Mediendidaktik**

Bei multimedialen Lernumgebungen handelt es sich um eine Kombination unterschiedlicher Medien wie Texte, Bilder oder Grafiken, aber auch Animationen, Audiodateien und Videos bzw. Filme. Diese können ein zeit- und ortsunabhängiges Lernen und Arbeiten fördern. Wie multimediale Inhalte für Schüler\*innen gestaltet sein müssen, damit sie die kognitiven Prozesse des Lernens und Behaltens fördern, lässt sich aus Gestaltungsprinzipien ableiten. Den lehr-lerntheoretischen Hintergrund für diese Prinzipien bilden die Cognitive Load Theory (CLT) (Sweller, 2005) und die Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2005). Bei der CLT ist die Grundannahme, dass Lernen mit kognitiver Anstrengung verbunden ist, und um neues Wissen zu erwerben Schemata konstruiert, erweitert oder umstrukturiert werden. Dazu werden Kapazitäten im Arbeitsgedächtnis benötigt. Diese Kapazität wird in der CLT in drei verschiedene Arten der kognitiven Belastung (Cognitive Load) aufgeteilt (Sweller, 2005): Unter intrinsischer kognitiver Belastung versteht man die Komplexität des Lernmaterials, beziehungsweise die Interaktivität der einzelnen Lernelemente zueinander. Ist das Lernmaterial inhaltlich

sehr komplex, entsteht eine hohe Element-Interaktivität, da im Arbeitsgedächtnis einzelne Elemente gleichzeitig aktiviert sein müssen, da sie nur gemeinsam verstanden werden können. Ein Beispiel hierzu wäre das Lernen von biologischen Zusammenhängen, wie die Photosynthese. Im Gegensatz dazu müssen bei niedriger Element-Interaktivität nicht so viele Elemente gleichzeitig verfügbar sein im Arbeitsgedächtnis, sondern können nacheinander verarbeitet werden. Ein Beispiel hierfür wäre das Lernen von botanischen Namen. Für die intrinsische kognitive Belastung gilt, je höher das Vorwissen ist, desto mehr Schemata sind bereits ausgebildet und desto geringer fällt die kognitive Belastung aus. Die extrinsische oder lernirrelevante kognitive Belastung ist abhängig von der Gestaltung des Lernmaterials. Die Darbietungsart macht den Lernstoff leicht oder schwer verständlich. Viele irrelevante, wenig zielführende kognitive Informationen im Lernmaterial erzeugen eine hohe Belastung, da der Lernende erst relevante Informationen filtern muss, bevor der Kern der Information erreicht wird. Die lernbezogene, beziehungsweise lernrelevante kognitive Belastung hingegen beschreibt die eigentliche Belastung durch die Lerntätigkeit. Diese wird benötigt, um Wissen in bestehende oder neue Schemata im Langzeitgedächtnis zu integrieren (ebd.). Ein zentrales Ziel bei der Gestaltung von Lernaufgaben ist also die extrinsische kognitive Belastung zu reduzieren, um genug Kapazität für die lernbezogene oder lernrelevante kognitive Belastung zu schaffen. Lernprozesse sollen also optimal an das menschliche Gedächtnissystem und Informationsverarbeitungsprozesse angepasst werden. Die Funktionsweise des Arbeitsgedächtnisses wird nach Baddeley (2000) in drei Komponenten beschrieben, worauf sich die CLT stützt: Der räumlich-visuelle Notizblock speichert visuelle und räumliche Informationen kurzzeitig ab. Die phonologische Schleife bezieht sich auf sprachlich vermittelte Informationen. Die zentralen Executive sollen die Subsysteme kontrollieren und als Aufmerksamkeitskontrolle fungieren, sind aber umstritten und deshalb in der CLT nicht berücksichtigt (Sweller, 2005). Als Merkmale des Arbeitsgedächtnisses werden ein kurzes Speichern von Informationen, welche als bewusst wahrgenommen werden und eine beschränkte Kapazität haben, beschrieben (Baddeley, 2000). Wege von Informationen in das Arbeitsgedächtnis sind entweder durch den Abruf von zuvor erlerntem Wissen aus dem Langzeitgedächtnis oder durch neue Informationen in begrenzter Menge und Zeit aus dem sensorischen Speicher. Das Arbeitsgedächtnis bezeichnet Gedächtnisprozesse, die eben gemachte Erfahrungen aufrechterhalten und Informationen aus dem Langzeitgedächtnis abrufen. Die Deutung des Kurzzeitgedächtnisses als Arbeitsgedächtnis soll die Auffassung verstärken, dass das Kurzzeitgedächtnis kein Ort, sondern ein Prozess ist.

Ein instruktionspsychologisches Modell zur Verarbeitung von Informationen im Gedächtnis ist die Cognitive Theory of Multimedia Learning (CTML) von Mayer (2005). Dabei werden die Annahmen getroffen, dass zwei Kanäle für die Informationsverarbeitung bestehen, ein Kanal für visuell/bildhaft präsentiertes Informationsmaterial und einer für auditiv/verbales Material

(Mayer, 2005). Das Arbeitsgedächtnis verfügt dabei wie bereits diskutiert nur über eine begrenzte Kapazität. Um ein kohärentes mentales Modell des Lerngegenstands abzubilden, sind aktive Verarbeitungsprozesse nötig. Bei der Gestaltung von Lernmaterialien ist also zu beachten, die Lernenden nicht durch zu viele Informationseinheiten kognitiv zu überlasten. Gewisse Gestaltungsprinzipien helfen dabei lernförderliche Medien zu gestalten. Mayer (2005, 2014) postuliert fünf Hauptprinzipien. Das Modalitätsprinzip beschreibt, dass Behaltens- und Transferleistungen erhöht werden, wenn Bilder und Animationen mit gesprochenem statt geschriebenem Text dargestellt werden, da dadurch der visuelle Kanal entlastet und die Information über zwei Kanäle statt einem verarbeitet wird. Beim Multimediaprinzip geht es um die Darbringung des Lerninhalts mit einer Kombination aus Texten und Bildern, welche ebenfalls eine bessere Behaltens- und Transferleistung als die rein textliche Darstellung erzeugt. Vor allem für Lernende mit geringem Vorwissen ist dieses Prinzip relevant und lernförderlich. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass das Verbale auch dem Bildlichen entspricht. Nach Möglichkeit sollten verschiedene Medien zur Vermittlung des Lerninhalts eingesetzt werden. Redundanzen sind zu vermeiden, was im Redundanzprinzip beschrieben wird. Die audiovisuelle Darstellung von Inhalten ist besser als eine audiovisuell-schriftliche Darstellung. Das bedeutet, dass Filme und Animationen ohne Text effektiver sind als solche mit schriftlichem Text. Das betrifft insbesondere die gleichzeitige Präsentation von geschriebenem und gesprochenem Text wie bei Untertiteln üblich. Mit dem Kontiguitätsprinzip beschreibt Mayer (2005, 2014), dass zusammengehörige Darstellungen örtlich und zeitlich möglichst nah beieinander dargestellt werden sollen. Beispielsweise Graphiken und Erläuterungen dazu auf der gleichen Seite des Bildschirms oder gesprochene Erläuterungen im Video dann, wenn die passenden Sequenzen gezeigt werden. Der Effekt wirkt jedoch nur positiv, wenn keine der gewählten Darstellungen selbsterklärend ist. Abschließend sichert das Kohärenzprinzip, dass das Arbeitsgedächtnis nicht überbelastet, der Lernende nicht vom eigentlichen Lerninhalt abgelenkt und der Lernprozess auf diese Weise nicht beeinträchtigt wird, wenn für das Verstehen nicht notwendige Töne, Bilder oder Texte weggelassen werden. Bei der unterrichtlichen Umsetzung kann zusätzlich auf verschiedene didaktische Gestaltungsmöglichkeiten geachtet werden, um die lernirrelevante kognitive Belastung möglichst gering und die lernbezogene kognitive Belastung hoch zu halten. Eine wirksame Methode, um das Verständnis einer Frage oder Problematik zu fördern, ist es, den Schüler\*innen ausgearbeitete Lösungen, sogenannte "Worked Examples", zur Verfügung zu stellen. Diese beinhalten die Problemstellung, eine Schritt-für-Schritt-Anleitung zur Lösung und eine Lösungsoption. Die Schüler\*innen können dann eine Aufgabe bearbeiten, bei der das Lösungsbeispiel als Hilfe verwendet wird. Bei der Präsentation einer Lernsequenz kann eine Segmentierung in kleine Abschnitte sinnvoll sein, die die Lernenden selbstkontrolliert abrufen können. Durch die Bearbeitung der einzelnen Segmente können mentale Repräsentationen der einzelnen Teilbereiche nacheinander erzeugt werden. Beispielsweise können

Filme oder Animationen abschnittsweise angesehen und dann zu einem späteren Zeitpunkt fortgesetzt werden. Gerade beim Arbeiten mit multimedialen Lernumgebungen bietet sich ein Pre-Training an. Dabei wird zum einen das Vorwissen aktiviert und zum anderen werden die Voraussetzungen für das Verstehen der Aufgabe geschaffen. Ein Training hat den Effekt, dass Geübtes weniger kognitiv belastend in der Lernsituation ist als eine ungeübte Tätigkeit (Mayer, 2005, 2014).

Bezugnehmend auf den Einsatz digitaler Medien in einer multimedialen Lernumgebung kann zwischen einem *Content* und einem *Delivery System* unterschieden werden (Kerres, 2018). Bei einem *Content* handelt es sich um einen didaktisch aufbereiteten Inhalt, wie er in der oben beschriebenen Theorie diskutiert wird. Unter einem *Delivery System* werden die zugrunde liegende Medientechnik, Geräte, Gegenstände, Tools/Werkzeuge verstanden, welche genutzt werden können, um *Content* zu präsentieren. Der Einsatz von digitalen Medien im Unterricht und dessen Veränderung in Folge des Einsatzes kann durch das SAMR-Modell beschrieben werden (Puentedura, 2006). Das Modell ist in vier Stufen unterteilt, wobei durch die Stufen keine Wertung des Einsatzes, sondern eine Abstufung der Nutzungsintensität erfolgt. Auf der ersten Stufe, der Substitution, sind digitale Werkzeuge ein funktionsgleicher Ersatz für analoge Werkzeuge, z.B. das Lesen eines digitalen Schulbuches statt einer Printversion. Unter der zweiten Stufe, der Augmentation, versteht man einen Medieneinsatz mit einer funktionalen Erweiterung, die nur durch die digitale Technik möglich ist. Beispielsweise könnte der Text im digitalen Schulbuch weiterführende Hyperlinks oder interaktive Elemente beinhalten. Diese ersten beiden Stufen des Modells nennt Puentedura (2006) Erweiterungsstufe. Die digitalen Medien erweitern den Unterricht, verändern ihn jedoch nicht in seinem ursprünglichen Charakter. Eine den Unterrichtscharakter verändernde Transformation beginnt mit der dritten Stufe des Modells, der Modifikation. Dabei werden die Vorteile und Möglichkeiten von digitalen Technologien direkt in die Aufgabenstellung miteinbezogen. Digitale Kommunikationsmittel, die beispielsweise die kollaborative Bearbeitung von Dokumenten zulassen, sind auf dieser Stufe zu verorten. Bei der letzten Stufe, der Redefinition, sind die eingesetzten Technologien ein so fester Bestandteil der Aufgabenstellung, dass die Aufgabe nicht mehr ohne diese gelöst werden kann. Dies wäre beim digitalen Geschichtenerzählen oder dem Erstellen von animierten Veranschaulichungen von Inhalten der Fall. Das SAMR-Modell ist dazu in der Lage, die Komplexität des Medieneinsatzes in vier einfachen Stufen darzustellen, jedoch mangelt es dem Modell an Kontext (Hamilton, et al., 2016). Außerdem suggerieren die Stufen eine gewisse Starrheit, die dem dynamischen Prozess des Lernens nicht zwingend gerecht wird (ebd.). Das Modell sollte entsprechend im Kontext betrachtet und diskutiert werden.

Zur Beschreibung der kognitiven Aktivität der Lernenden beim Medieneinsatz kann das ICAP-Modell herangezogen werden (Chi & Wylie, 2014). Das Modell beschreibt in vier Modi, wie aktiv Schüler\*innen beim Arbeiten mit digitalen Medien sind: interactive, constructive, active,

passive. Der passive Modus ist von Lernaktivitäten wie Rezipieren, Zuhören und Anschauen geprägt und beschreibt somit einfache Speicherungsprozesse von Wissen. Beispielsweise wird einem Lehrkraftvortrag gefolgt, ein Erklärvideo angesehen oder ein Podcast angehört ohne spezifischen Arbeitsauftrag. Beim aktiven Modus sind zusätzlich einfache Lernaktivitäten wie das Anfertigen von Notizen zum Podcast oder Video enthalten. Hierbei soll Wissen in bestehende Schemata in das Langzeitgedächtnis integriert werden. Im konstruktiven Modus stellen Schüler\*innen selbstständig über die Informationen im Material hinausgehende Überlegungen an. Wissen wird hierbei verfeinert und neues Wissen wird konstruiert. Beispielsweise werden selbst Videos oder Podcasts mit eigenen Überlegungen erstellt. Der interaktive Modus verlangt von den Schüler\*innen eine kooperative Bearbeitung, sodass andere Positionen integriert werden können. Hier können kollaborative Tools zum Sammeln, Bearbeiten und Präsentieren von Inhalten zum Einsatz kommen. Eine vertiefte Elaboration und das Aufbauen und Verfeinern von Wissensstrukturen sind die Folge. Das ICAP-Modell unterstützt somit die Planung und Entwicklung von Lernaktivitäten in mediengestützten Lernsettings, wobei die passive Stufe als am wenigsten effektiv für den Lernerfolg der Schüler\*innen zugeordnet wird. Eine konstruktiv-interaktive Lernaktivität regt die Schüler\*innen dazu an, sich aktiv mit den Inhalten zu beschäftigen und somit wird die Wahrscheinlichkeit erhöht, Wissen langfristig zu speichern und ein tiefes Verständnis aufzubauen. Dabei sollte jedoch beachtet werden, dass die vier Modi nicht linear aufeinander aufbauen und ein entsprechendes Vorwissen bei den Schüler\*innen vorhanden sein muss, um anspruchsvolle Aktivitäten wie konstruktives oder interaktives Lernen umzusetzen (ebd.). Das ICAP-Modell eignet sich in besonderer Weise für das Lernen mit digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht für Tätigkeiten, bei denen die Manipulation der Lernumgebung explizit erforderlich ist, wie das Anhalten/Wiederholen von Animationen und Filmen, die Hypothesenbildung für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg und die Parameterauswahl und -manipulation bei Simulationen (Nerdel & von Kotzebue, 2020).

### **3.1.2. Digitale Medien im Biologieunterricht**

Der Einsatz digitaler Medien gilt im MINT-Unterricht als besonders nützlich, da nicht sichtbare, funktionale Strukturen und komplexe Prozesse visualisiert werden können (Kramer et al., 2019). Computerfunktionen können dazu als basale Werkzeugtypen definiert werden für den naturwissenschaftlichen Unterricht. Schaal et al. (2013) unterteilen diese in Explorations-, Visualisierungs-, Recherche-, Rechen-, Übungs-, Präsentations-, Kommunikations-, Kollaborations-, und Produktionswerkzeuge. Beispielsweise können 3D-Darstellungen im Biologieunterricht die Anatomie des menschlichen Körpers verdeutlicht darstellen oder Einblicke in Prozesse und Strukturen in Zellen bieten (Hackett & Proctor, 2016; Huk, 2006). Komplexe Abläufe können mit Hilfe von Animationen oder Simulationen nachvollziehbar dargestellt werden

(Schaal et al., 2013). Auch können sie dazu dienen, komplexe Zusammenhänge wie enzymatische Prozesse darzustellen und Vorgänge auf molekularer Ebene sichtbar zu machen. Außerdem können virtuelle Experimente reale Experimente, die aus verschiedenen Gründen nicht im Klassenraum durchgeführt werden können, ersetzen oder ergänzen und zur Untersuchung von Ursache-Wirkungsbeziehungen genutzt werden (de Jong et al., 2013; Schaal et al., 2013). Der Einsatz von digitalen Messsensoren hält ebenfalls Einzug in den MINT-Unterricht (Kuhn, 2017), da diese zum einen in einem für Schulen zumutbaren Kostenrahmen liegen und zum anderen einen hohen Zugewinn in der Präzision und Anwendungsbreite mit sich bringen. Beispielhaft sind Bluetooth-Colorimeter im Vergleich zu einem UV/VIS Spektrometer oder pH-Sonden im Vergleich zum Universalindikator zu nennen. Weiterhin können erhobene Messdaten mit Tabellenkalkulationsprogrammen ausgewertet und in andere Repräsentationsformen wie Diagramme umgewandelt werden (Schaal et al. 2013). Der Einsatz virtueller Labore bietet Einblick in sonst unzugängliche Bereiche des biologischen Arbeitens (ebd.). Die Breite der Möglichkeiten des Einsatzes digitaler Medien im Biologieunterricht zeigt sich in der Fülle an in den letzten Jahren entstandenen Materialien für den Unterricht wie Zeitschriftenreihen und Special Issues (z.B. Meier & Thyssen, 2022) zum Thema eindrucksvoll zeigen. Die besondere Rolle digitaler Medien im Biologieunterricht wird entsprechend durch die Exploration, die Visualisierung und die Rechenfunktion deutlich (Kramer et al., 2019). Die Lernwirksamkeit der eingesetzten Medien hängt jedoch von ihrer didaktischen Einbettung und Ausgestaltung für die individuellen Bedürfnisse der Schüler\*innen ab.

### **3.2 Schulische Inklusion**

Erstmals wurde mit der Salamanca-Erklärung 1994 ausdrücklich gefordert, eine „Schule für Alle“ zu entwickeln. Das Leitprinzip dieser Erklärung besagt, dass alle Kinder unabhängig von ihren Fähigkeiten gemeinsam unterrichtet werden sollen (UNESCO, 1994). Dabei wird explizit auf die körperlichen, intellektuellen, sozialen, emotionalen und sprachlichen Fähigkeiten und somit auf ein Konzept einer integrativen Schule mit kindzentrierter Pädagogik eingegangen (ebd.). Bestärkt wurde diese Erklärung durch die Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention im Jahr 2009 in Deutschland, welche die rechtlich bindende Grundlage für Inklusion in den Schulen bildet und folglich mit ihrem Inkrafttreten Gesetzesänderungen in den Schulgesetzen der Bundesländer hin zu inklusiver Bildung nach sich zog. Inklusion beschreibt im Kern das Prinzip der gleichberechtigten Teilhabe, welche in allen Lebensbereichen von Menschen mit Beeinträchtigung, zusätzlich gestärkt durch die UN-Konvention, eingefordert wird. Vor allem im schulischen Kontext ergeben sich hieraus einige Umbrüche, die die Schulen vor neue Herausforderungen stellen. Um die Tragweite des Konzepts Inklusion zu erfassen, sollte Inklusion nicht vorrangig auf die Wahl des richtigen Förderortes für Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf reduziert werden, sondern als ein grundlegendes Konzept zum

Umgang mit Heterogenität in Schulen verstanden werden, welches sich nicht auf den Kontext Behinderung beschränkt (Werning, 2014).

Dieser weite Inklusionsbegriff wird im Index for Inclusion aufgefasst, der als Leitfaden zur Schulentwicklung zur inklusiven Schule konzipiert wurde (Boban & Hinz, 2003; Booth & Ainscow, 2002). Das Modell beinhaltet drei Dimensionen: Diese sind das Schaffen von inklusiven Kulturen, das Etablieren von inklusiven Strukturen und das Umsetzen von inklusiven Praktiken. Grundannahme ist dabei, dass die Unterschiedlichkeit der Schüler\*innen eine besondere Ressource für Lehr- und Lernprozesse ist (ebd.). Die Indikatoren dieses Konzepts umfassen die gesamte Schulentwicklung bis hin zur konkreten Unterrichtssituation und bieten somit eine Möglichkeit zur Selbsteinschätzung für Schulen auf ihrem Weg zur inklusiven Schule. Ausgehend von Schüler\*innen mit individuellen Bedürfnissen beschreibt das Mehrebenenmodell nach Fischer et al. (2012) die Entwicklung zur inklusiven Schule (Fischer et al., 2012). Es geht dabei von fünf Ebenen aus, die schüler\*innenzentriert aufeinander aufbauen. Auf die individuellen Bedürfnisse der Schüler\*innen (Ebene 1) ausgerichtet wird in Ebene 2 ein inklusionsorientierter Unterricht entwickelt, der in Ebene 3 ein multiprofessionelles Team fordert, welches sich in Ebene 4 auf das inklusive Schulkonzept auswirkt und schlussendlich externe Unterstützungssysteme in Ebene 5 abrufen (ebd.). Implementationen von Innovationen wie beispielsweise die inklusive Schulentwicklung finden sowohl in Bottom-Up als auch Top-Down Prozessen statt und werden je nach Bundesland und Schulart unterschiedlich umgesetzt.

Auf Bildung bezogen handelt es sich bei Inklusion um den Einschluss aller Schüler\*innen. Dabei werden keine Gruppierungen vorgenommen, sondern jede\*r Einzelne als Individuum wahrgenommen. Eine Ausgrenzung Einzelner findet nicht statt. Die Gesamtgruppe wird als divers mit vielen Minderheiten und Mehrheiten angenommen (Hinz, 2002). In einer diversen Gruppe werden die Lernenden als grundsätzlich unterschiedlich gesehen und ihre Unterschiedlichkeit wird als Gewinn und Lernchance für individuelles und wechselseitiges Lernen betrachtet (Sliwka, 2010). Dem Index für Inklusion (Boban & Hinz, 2003) folgend wird der Aspekt der Diversität klar: „Inklusion geht es darum, alle Barrieren in Bildung und Erziehung für alle Schüler\*innen auf ein Minimum zu reduzieren.“ (Boban & Hinz, 2003, S.11). Schulische Inklusion wird entsprechend als Konzept einer Schule für alle mit gemeinsamem, aber individuellem Lernen aller Schüler\*innen beschrieben (Boban & Hinz, 2003; Hinz, 2002).

Über Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf hinausgehend prägen weitere Dimensionen wie Geschlecht, Herkunft, weiterer Förderbedarf, Hochbegabung und Teilleistungsstörungen der Schüler\*innen die Heterogenität in den Klassen. Die sich daraus ableitenden individuellen Bedürfnisse der einzelnen Schüler\*innen gilt es bei der Unterrichtsplanung

und -durchführung zu berücksichtigen. Der Umgang mit Heterogenität zum Beispiel durch Differenzierung ist ein Kriterium guten Unterrichts (Helmke, 2009), auf welche die Lehrkräfte vorbereitet sein müssen. Dies gilt sowohl bei der analogen als auch bei der digitalen Ausgestaltung von Unterricht im Präsenz- und Distanzunterricht.

Die Änderung des Bayerischen Gesetzes über das Erziehungs- und Unterrichtswesen (BayEUG) im Jahr 2011 als Reaktion auf die Ratifizierung der UN-Behindertenrechtskonvention zur Umsetzung des Artikel 24 verankerte zum ersten Mal Inklusion im bayerischen Bildungssystem. Dem Konzept zur schulischen Umsetzung als „Inklusion durch eine Vielfalt schulischer Angebote“ auf Grundlage von Artikel 30a (Zusammenarbeit von Schulen, kooperatives Lernen) und 30b (Inklusive Schule) BayEUG folgend, gibt es verschiedene Möglichkeiten zur Inklusion von Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf (KM, 2014). Satz 1 definiert, dass die inklusive Schule ein Ziel der Schulentwicklung aller Schulen ist. Satz 2 regelt die Inklusion einzelner Schüler\*innen in der Regelschule, welche die aktuell häufigste Form der Inklusion ist. Satz 3 beschreibt das Schulprofil Inklusion, welches eine Schule erwerben kann, wenn sie besondere Voraussetzungen erfüllt, die eine inklusive Beschulung aller Schüler\*innen ermöglicht. Alle diese Konzepte im BayEUG beziehen sich auf ein enges Inklusionsverständnis. Das meint die Inklusion von Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf. Sonderpädagogischer Förderbedarf geht über den Förderbedarf, den die Schule ohne zusätzliche Ressourcen abdecken kann, hinaus. In Bayern sind sieben sonderpädagogische Förderbedarfe festgelegt: Sehen, Hören, Körperliche und motorische Entwicklung, Geistige Entwicklung, Sprache, Lernen, Emotionale und soziale Entwicklung. Außerdem wird der Bereich der Autismus-Spektrum-Störungen oft separat ausgewiesen.

Bei der Inklusion einzelner Schüler\*innen werden die Lernenden je nach Bedarf und Verfügbarkeit durch den Mobilen Sonderpädagogischen Dienst (MSD) und/oder durch Maßnahmen der Jugend- oder Eingliederungshilfe, zum Beispiel durch Schulbegleiter\*innen unterstützt (ebd.). Neben der Förderung Einzelner ist es möglich, als Schule das Profil Inklusion zu entwickeln. Dabei werden externe Kooperationspartner miteingebunden, die im Kompetenztransfer untereinander und mit der Schule stehen und somit zur Entwicklung des Konzepts beitragen (ebd.). Solche Partner sind Schulen, die das Profil Inklusion bereits erfolgreich umsetzten, Förderzentren und Lehrkräfte der Sonderpädagogik, die fest in das Lehrkräfteteam miteingebunden werden (ebd.). Die Zahl der Gymnasien lag im Jahr 2015 bei 5 Schulen mit Profil Inklusion und steigt jährlich an (ISB, 2015). Aktuell (Stand Schuljahr 2023/24) haben in Bayern 25 Gymnasien das Schulprofil Inklusion (KM, o.J.c). Klemm (2015) bezeichnet den Fakt, dass Inklusion in einem separierenden Schulsystem stattfindet, in welchem der Übertritt auf eine weiterführende Schule ein immenser Separationsfaktor ist, als Inklusion in der Exklusion (Klemm, 2015). Auf das Gymnasium bezogen kann hier gesagt werden, dass Leistung vor

Partizipation von Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf steht. Die Inklusionsquote von Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in Bayern über alle Schularten hinweg stieg seit 2010 von 25% auf 33,8% im Jahr 2020 an (Ebenbeck et al., 2022). Die inklusive Beschulung erfolgt zumeist an Grund- oder Mittelschulen. Realschulen und Gymnasien sind deutlich seltener Inklusionsort. Auffällig ist auch das Land-Stadt-Gefälle, welches eine höhere Inklusionsquote auf dem Land im Vergleich zu städtischen Gebieten zeigt. Die ländlichen Gebiete zeigen dafür ein geringeres Wachstum als die städtischen im Zeitraum 2010 – 2020 (ebd.).

Laut Artikel 2 (2) BayEUG ist Inklusion die Aufgabe aller Schulen, was auch die Schulform Gymnasium miteinschließt. Das Gymnasium in Bayern umfasst die Jahrgangsstufen 5 bis 12 bzw. 5 bis 13 und vermittelt eine vertiefte allgemeine Bildung, die für ein Hochschulstudium erforderlich ist (Art. 9 BayEUG). Der Übertritt von der Grundschule auf das Gymnasium setzt einen bestimmten Notendurchschnitt voraus und ist auch in späteren Jahrgangsstufen mit Probeunterricht und Aufnahmeprüfung möglich. Ausschlaggebend für den Besuch des Gymnasiums ist das Erreichen der Klassenziele, da eine Lernziendifferenzierung für einzelne Lernende nicht vorgesehen ist.

Unabhängig von Lernenden mit diagnostiziertem sonderpädagogischem Förderbedarf gibt es eine große Heterogenität in gymnasialen Klassen. Die Schüler\*innen unterscheiden sich unter anderem in ihrer Wissensbasis, ihren Interessen, ihren Lernwegen, ihrem Arbeitsverhalten, ihrer kulturellen und sozialen Herkunft, ihren Erfahrungen und ihrer Motivation. Auch hier greift der Kerngedanke der Inklusion, um der Vielfalt an Schüler\*innen in der Klasse gerecht zu werden und diese optimal zu fördern. Daraus resultiert die Forderung nach für Inklusion qualifizierten Lehrkräften für einen inklusiven Unterricht (Miesera, 2015).

### **3.2.1 Allgemeine Ansätze inklusiver Didaktik**

Allgemein beschreibt Didaktik die Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens (Jank & Meyer, 2011). Die Merkmale guten Unterrichts mit dem didaktischen Sechseck nach Meyer (2004) mit den Dimensionen Ziel-, Inhalts-, Prozess-, Handlungs-, Sozial- und Raumstruktur, bilden ein didaktisches Konzept, welches auf nahezu jede Fachdidaktik übertragbar ist (Meyer, 2004). Diese allgemeine Didaktik ist die vernetzende Komponente und stellt die Grundlage für die spezifischen Fachdidaktiken dar (Jank & Meyer, 2011). Ebenso übergreifend sind die Ansätze zur inklusiven Didaktik zu verstehen und in die einzelnen Teildisziplinen zu integrieren. Bei der Umsetzung inklusiven Unterrichts sind die rechtlichen Rahmenbedingungen der Schulart zu beachten, wie die Lernzielgleichheit und das Fachlehrkräftesystem an bayerischen Gymnasien.

Nach der allgemeinen Pädagogik von Feuser (2013) entspricht Inklusion gutem Unterricht, da es sich seiner Auffassung nach bei Inklusion lediglich um Unterricht in einer sehr heterogenen Klasse handelt. Feusers Kerngedanke ist die kooperative Tätigkeit am „gemeinsamen Gegenstand“, die im Projektunterricht umgesetzt wird (Feuser, 2013). Dabei werden in der Planung drei Phasen durchlaufen: Als erstes erfolgt eine Tätigkeitsstrukturanalyse, die die individuellen Voraussetzungen des Lernenden betrachtet, also die aktuelle Entwicklungszone erfasst und die nächste Zone festlegt (ebd.). Anschließend erfolgt eine Handlungsstrukturanalyse, die den Lerntyp des Lerners erfasst (ebd.). Daran schließt sich die Sachstrukturanalyse an, welche die Unterrichtsinhalte gliedert und an die didaktische Analyse von Klafki angelehnt ist (Klafki, 1964). Die Lernziele sind dabei jedoch individualisiert auf die einzelnen Schüler\*innen angepasst, allerdings nicht inhaltlich reduziert (Feuser, 2013). Dieser Bestandteil von Feusers Didaktik lässt sich mit der Lernzielgleichheit am Gymnasium vereinbaren, bedarf allerdings größeren organisatorischen Aufwands mit Blick auf Curriculum und Stundenplan. Projektarbeit in Form eines Seminars oder Wahlfaches wird bereits praktiziert, jedoch aufgrund geringer Stundenzahl nicht durchgängig für den Fachunterricht.

Im Gegensatz dazu steht die Theorie gemeinsamer Lernsituationen nach Wocken (2014), die Feusers (2013) Ansatz der Projektarbeit als alleinig inklusives Setting widerspricht. Die Theorie stellt einige inklusive Lernsituationen vor, die im Unterricht und im Schulleben vorkommen. Die koexistente Lernsituation, die in Freiarbeit oder Wochenplanarbeit erreicht werden kann, beinhaltet, dass die Schüler\*innen bis auf in der raumzeitlichen Gemeinsamkeit für sich allein arbeiten (Wocken, 2014). In unterstützenden subsidiären Lernsituationen unterstützen sich Schüler\*innen gegenseitig, ohne ihren eigenen Arbeitsauftrag dabei zu vernachlässigen, wohingegen in der prosozialen subsidiären Lernsituation, auch als Sekretärsystem bezeichnet, ein\*e Schüler\*in den eigenen Arbeitsauftrag zeitweise vernachlässigt, um anderen zu helfen (ebd.). Wocken geht es dabei um die Darstellung inklusiver Lernsituationen ohne konkret Methodik und Fördermaßnahmen auszuformulieren (ebd.). Diese Lernsituationen sind im Fachunterricht, wie er am Gymnasium üblich ist, umsetzbar, müssen allerdings von Fall zu Fall ausgearbeitet werden, um zu einer inklusiven Lernsituation zu führen und können nicht als allgemeingültiges Konzept für inklusiven Unterricht verwendet werden.

Die inklusive Didaktik nach Reich folgt der Idee, allen Schüler\*innen unabhängig von deren Voraussetzungen die Teilhabe am Unterricht zu ermöglichen (Reich, 2013, 2014). Dabei stützt er sich auf die Unterrichtsprinzipien (innere Seite des Unterrichts) der Handlungsorientierung, Situationsorientierung, Bedürfnisorientierung, multisensorischen Orientierung, sozialen Lernens, Fächerverbindenden Unterrichts, Selbsttätigkeitsorientierung und Zielorientierung (Heimlich, 2004). Die äußere Seite des Unterrichts umfasst verschiedene Unterrichtsformen

wie Freiarbeit, Wochenplanarbeit, Gesprächskreis, Lehrgang (Frontalunterricht), Übungen und Einzelförderung beziehungsweise Förderung in Kleingruppen (ebd.).

### 3.2.2 Inklusion im Biologieunterricht

Im Diskurs des inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts ergibt sich ein Spannungsfeld zwischen Inklusion und Fachlichkeit (Abels, 2019). Es zeigen sich den Naturwissenschaften immanente Chancen für eine Teilhabe aller, beispielsweise bei der gemeinsamen Begegnung mit einem naturwissenschaftlichen Phänomen und beim Anknüpfen an Vorwissen und Präkonzepte der Schüler\*innen. Auf der anderen Seite entstehen durch komplexe und abstrakte Zusammenhänge und Modelle oder beim Umsetzen naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen Barrieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, die die Gefahr bergen, Schüler\*innen zu exkludieren, die jenseits einer fachlichen Normalitätserwartung liegen (Fränkel & Schroeder, 2023). Die Bereiche der Barrieren können dabei wie folgt klassifiziert und anhand des Beispiels naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung illustriert werden (Stinken-Rösner et al., 2023b; erweitert nach Krönig, 2015): Umwelt, Funktionssysteme, Kommunikation und Interaktion, Denk- und Arbeitsweisen und den Schüler\*innen immanente Barrieren, das sogenannte Selbst. Barrieren, die dem Bereich Umwelt zugeschrieben werden können, beziehen sich auf die *räumlichen Gegebenheiten und vorgefundenen Gegenstände* wie die Ausstattung des Fachraumes (z.B. mit fest verschraubten Tischen), komplexe Versuchsaufbauten oder Labormaterialien. Unter Funktionssystemen werden beispielsweise *rechtliche Rahmenbedingungen* wie die Beschränkung der Arbeit mit Gefahrstoffen, *organisatorischer Ausschluss* durch eine geringe Wochenstundenzahl oder zu wenig Lehrkräfte oder *Kosten*, die sich in mangelnder Ausstattung äußern, betrachtet. Im Bereich Kommunikation und Interaktion werden *Regeln, Strukturen* und *Fachsprache* als potentielle Barrieren genannt. Dazu gehören das Recherchieren und Lesen von Fachtexten, Verstehen von textlastigen Versuchsanleitungen, Formulierung von naturwissenschaftlichen Fragestellungen und Hypothesen, Lesen und Interpretieren von Graphiken und Tabellen, Verschriftlichung und Auswertung von Daten, fachgerechtes Protokollieren, Argumentieren, Nutzung von Fachsprache und Zusammenarbeit mit anderen Schüler\*innen. Unter Denk- und Arbeitsweisen wird vor allem die *Fachmethodik* und in ihr begründete Barrieren thematisiert. Dazu gehören das Anwenden der Variablenkontrollstrategie, die Anlage eines Messkonzepts, die Diskussion von Messgenauigkeiten, die Interpretation von Ergebnissen, sowie Idealisierungen, Modellierungen und Mathematisierungen. Im letzten Bereich, dem Selbst, geht es um Barrieren im Zusammenspiel zwischen individuellen Ausgangsbedingungen und der Unterrichtssituation. Dazu gehören zum Beispiel physische oder kognitive Barrieren (Stinken-Rösner et al., 2023b).

Um etwaige Barrieren zu umgehen, kann in Bezug auf die Erkenntnisgewinnung auf Handlungsorientierung und exploratives Vorgehen gesetzt werden, um eine Motivation für die Auseinandersetzung mit der Komplexität der Naturwissenschaften zu schaffen (ebd.). Besonders im Fokus der Naturwissenschaften steht die Kontextorientierung, die zum einen durch die hohe Anschlussfähigkeit an die Lebenswelt der Schüler\*innen inkludierend wirken kann, andererseits aber große Hürden in einer möglichen Überkomplexität mit sich bringen kann, oder das Risiko eines fachlichen Niveauverlusts durch zu starke Vereinfachung birgt (ebd.). Gerade für den naturwissenschaftlichen Erkenntnisweg gibt es bereits einige Beispiele, wie ein inklusiver Naturwissenschaftsunterricht gelingen kann. Dabei werden konkrete Fachbeispiele herausgearbeitet und verschiedene Inklusionsverständnisse herangezogen (ebd.).

In der Biologiedidaktik gibt es kein allgemeingültiges Verständnis von Inklusion und Inklusionsdidaktik (Fränkel, 2019). Vielmehr wird sich aus verschiedenen inklusionsdidaktischen Ansätzen bedient und Passendes in die Fachdidaktik integriert. Insgesamt zeichnet sich jedoch ein weites Inklusionsverständnis ab (Nehring & Walkowiak, 2017), und die dem Fach Biologie immanente Diversität, beispielsweise in den Themen Sexualität und Evolution, wird sichtbar (Großmann et al., 2022). Das Fach Biologie hebt sich durch die Untersuchung von lebenden Systemen und deren Komplexität und dem großen Lebensweltbezug von anderen Naturwissenschaften ab (ebd.). Dennoch sind die Grenzen schwimmend und die Übertragung von Ergebnissen zu geteilten Kompetenzen, Arbeitsweisen und Werten in Bezug auf die inklusive Umsetzung ist großteils möglich (ebd.). Die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen beispielsweise sind unter anderem durch ihren Abstraktionsgrad (vom Beobachten zum Experimentieren), ihre Betrachtungsebenen (vom Phänomen zur Teilchenebene) und durch die abgestufte Komplexität prädestiniert für die Differenzierung und Schüler\*innenorientierung im Rahmen eines inklusiven Unterrichts (Bruckermann et al., 2017). Betrachtet man den Biologieunterricht gesondert, bieten besonders die Kompetenz- und Problemorientierung des Biologieunterrichts gute Ansatzpunkte zur Inklusion für Schüler\*innen mit und ohne sonderpädagogischen Förderbedarf (Dochy et al., 2003). Auch die emotionale Bindung zu den Themen ist für einen inklusionssensiblen Biologieunterricht ein relevanter Faktor (Ferreira Gonzalés et al., 2016). Ferreira Gonzalés (2019) beschreibt dieses Phänomen in einer Studie zur dualen Unterrichtsplanung anhand der Humanbiologie, wobei gezeigt werden konnte, dass ein gezieltes Classroom-Management sich positiv auf das Verhalten der Schüler\*innen und ihre Kompetenz zum Erkennen und Verstehen eigener und fremder Emotionen auswirkt. Basten et al. (2021) beschreiben einen Ansatz, bei dem das Modell der didaktischen Rekonstruktion (Kattmann et al., 1997) auf die Kompetenzorientierung der KMK-Bildungsstandards (2004) angewandt und auf die Heterogenitätsdimensionen der Schüler\*innen erweitert wird. Ziel ist es, die Schüler\*innen durch eine differenzierte didaktische Rekonstruktion in den vier Kompetenzbereichen zu fördern und sie somit zur Teilhabe an wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Diskursen zu

befähigen (Basten et al., 2021). Für die relevanten Diversitätsdimensionen können einzelne Differenzierungsmaßnahmen erarbeitet und dann je nach Bedarf für den Unterricht ausgewählt werden. Dabei kann sowohl inhaltlich, als auch methodisch differenziert werden und entsprechende fachimmanente Strukturen wie die Auswahl an naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen können differenziert und adaptiert werden (ebd.). Durch die Rekonstruktion auf individueller Ebene bleibt dennoch der elementare Charakter des biologischen Themas erhalten und es wird am gemeinsamen Gegenstand (Feuser, 2013) gearbeitet.

Eine weitere Herangehensweise an die Planung von inklusivem Unterricht in den Naturwissenschaften ist die Planung mit Hilfe des NinU-Rasters, welches Inklusion und Naturwissenschaften systematisch zu naturwissenschaftlich inklusivem Unterricht (NinU) verknüpft (Stinken-Rösner et al., 2020). Das Raster ist in der naturwissenschaftsdidaktischen Dimension die Bereiche „sich mit naturwissenschaftlichen Kontexten auseinandersetzen“, „naturwissenschaftliche Inhalte lernen“, „naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben“ und „über Naturwissenschaften lernen“ nach Hodson (2014) unterteilt, welche in den Spalten des Rasters aufgetragen sind. Das bedeutet für die Planung von naturwissenschaftlichem Unterricht, dass als erstes ein für alle Lernenden relevanter Kontext gewählt werden soll, welcher den Rahmen des Unterrichts und das Stundenziel umschließt (Stinken-Rösner et al., 2021). Anschließend wird dieser inhaltlich und methodisch umgesetzt und epistemisch genutzt (ebd.). In der Dimension der inklusiven Pädagogik ist das Raster in seinen Zeilen in die Bereiche „Diversität anerkennen“, „Barrieren erkennen“ und „Partizipation ermöglichen“ unterteilt (Stinken-Rösner et al., 2021). Eine systematische Verknüpfung dieser beiden Perspektiven naturwissenschaftsdidaktische Dimensionen und inklusive Pädagogik geschieht in den Kreuzungspunkten des Rasters. Zur Planung und Reflexion werden Fragen an den Unterricht gestellt. Die Hauptfragen zu den Aspekten inklusiver Pädagogik lauten: „Wie können die vorhandenen Diversitätsdimensionen wertschätzend berücksichtigt werden?“, „Welche Barrieren können auftreten?“ und „Wie können Teilhabechancen erhöht werden?“. Die Frage nach den Diversitätsdimensionen wird untergliedert in die Aspekte Relevanz für alle, Diversität als Stärke, Präkonzepte und Vorwissen/Fähigkeiten als Ressourcen. Die Frage nach den Barrieren wird nicht weiter untergliedert, sondern präzisiert in die Frage nach Barrieren und/oder Herausforderungen. In ebenfalls vier Aspekte wird die Frage nach den Teilhabechancen unterteilt: Mögliche unterschiedliche Zugänge, Nutzen von vorhandenen Ressourcen zum Überwinden von Barrieren, aktive Einbindung aller und individuelle Unterstützung. Diese weiteren Fragen werden für die vier genannten naturwissenschaftsdidaktischen Dimensionen ausdifferenziert und präzisiert und in den *Hilfestellungen zur Anwendung des NinU-Unterstützungsrasters* (Fühner et al., 2022; verändert nach Stinken-Rösner et al., 2020 und Ferreira-González et al., 2021) dargestellt. Ferreira-González et al. (2021) zeigen darin exemplarisch am Thema *Popcorn*

*poppen*, wie die Planung einer inklusiven Unterrichtseinheit mit Hilfe des NinU-Rasters gelingen kann. In diesen Ausführungen bleibt die Frage nach dem aktuell allgegenwärtigen Thema der Mediennutzung und Medienkompetenz noch unbeantwortet.

### **3.3 Verknüpfung von Digitalisierung und Inklusion im Biologieunterricht**

Die Nutzung digitaler Medien wird mit der Erwartung verknüpft, Barrieren im naturwissenschaftlichen Unterricht abzubauen und den Unterricht inklusiver zu gestalten. Digitalen Medien wird hierbei eine „Mittlerfunktion“ zwischen den Ansprüchen inklusiver Pädagogik und den Zielen einer naturwissenschaftlichen Grundbildung zugeschrieben (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Es lassen sich dabei zwei Forschungsstränge zu naturwissenschaftlich inklusivem digitalen Unterricht ausmachen: Arbeiten mit dem Fokus auf die Teilhabe von einzelnen Schüler\*innen durch den Einsatz von assistiven Technologien (AT) und Arbeiten mit dem Fokus auf der Verbesserung des fachlichen Lernens für alle Schüler\*innen (Fränkel & Schroeder, 2023). Die dritte Zieldimension inklusiven digitalen Unterrichts ist die Teilhabe in digitalen Medien, also die Darstellung von Vielfalt in den Medien (Schroeder & Fränkel, 2023). Die Nutzung von digitalen Medien/Technologien, um eine Teilhabe von Menschen mit Beeinträchtigung zu ermöglichen, hat vor allem in Form von AT eine lange Tradition. Diese beschreiben Capovilla und Gebhardt (2016) als „für den persönlichen Gebrauch entwickelte technische Hilfsmittel“, die Menschen mit Behinderung auf physischer, sensorischer oder kognitiver Ebene mehr Unabhängigkeit in verschiedenen Umgebungen geben sollen und die „behinderungsspezifischen Eigenarten in den Hintergrund rücken“ (Capovilla & Gebhardt, 2016, S. 5). Art und Ausgestaltung der AT sind, wie die Definition zeigt, an die jeweiligen Bedürfnisse angepasst. Am Beispiel des sonderpädagogischen Förderschwerpunkts „Sehen“ können im digitalen Bereich „Screen Reader Technologien“ (Sprachausgabe oder Braillezeile am PC), Hilfen zur Dateneingabe (anstelle einer grafischen Oberfläche), elektronische Vergrößerung und die dreidimensionale Ausgestaltung von Modellen mit Hilfe von 3D-Druckern genannt werden (Capovilla & Gebhardt, 2016). Der Hauptfaktor zum erfolgreichen Einsatz von AT im inklusiven Unterricht ist ausreichendes Training mit der neuen Technologie für Lernende und Lehrende (Specht et al., 2007). Dies spielt vor allem beim Wechsel von der Primar- zur Sekundarstufe eine entscheidende Rolle (ebd.). Im Gegensatz zur hochindividuellen Ausrichtung der AT steht das Universal Design for Learning (UDL), welches zum Ziel hat, eine Umgebung zu gestalten, die für möglichst viele Menschen zugänglich ist (CAST, 2018). Auf schulische Bildung bezogen bedeutet UDL, dass der Unterricht inklusiv gestaltet wird, damit möglichst viele Schüler\*innen von vornherein daran teilhaben können. Dabei stützt sich das UDL auf Ergebnisse aus der neurowissenschaftlichen Forschung und gliedert sich in drei neurologische Netzwerke (ebd.): Das affektive Netzwerk steht für Engagement und Beteiligung und beschreibt damit das *Warum* eines Lernpro-

zesses. Es müssen individuelle Motivationsimpulse gesetzt werden, da Emotionen beim Lernen relevant sind, um Konzentration und Selbststeuerung zu ermöglichen. Das Wahrnehmungsnetzwerk bezieht sich auf die Darstellung und Erklärung und somit auf das *Was* des Lernens. Die Wahrnehmung der Sinne muss damit so gesteuert sein, dass Muster und Informationen im Input erkannt werden können, das kann beispielsweise über verschiedene Darbietungsformen des Inhalts erreicht werden. Das strategische Netzwerk, also Handeln und Ausdruck, stehen für das *Wie*, also den Output des Lernprozesses. Zugrunde liegt die Steuerung der Handlungsstrategien, die ein individuelles Aufbauen von Wissen und Können ermöglichen. Der Einsatz digitaler Medien bietet beim UDL eine große Chance, da sie vielfältige Zugänge ermöglichen können und ein Lernen am gemeinsamen Gegenstand (Feuser, 2013) unterstützt wird (Böttinger & Schulz, 2021; CAST, 2018). Vor allem drei Eigenschaften digitaler Medien sind bedeutsam für das Lernen im Sinne des UDL: Multimedialität, Interaktivität und Adaptivität (Böttinger & Schulz, 2021). In einer Matrix werden die drei neurologischen Netzwerke als die drei Säulen des UDL aufgetragen, welche jeweils für den Zugang, die Entwicklung und die Verinnerlichung ausdifferenziert werden (ebd.). Dabei sind vor allem die Wahlmöglichkeiten und Optionen entscheidend, um eine tatsächlich universelle und inklusive Lernumgebung zu gestalten. So kann beispielweise die gleiche Information auditiv und visuell dargestellt werden, Zusatzinformationen können online hinterlegt sein oder Lernergebnisse können multimedial und je nach Kompetenz gestaltet werden (ebd.). Bei der Planung sollte ebenso berücksichtigt werden, dass durch den Einsatz digitaler Medien auch neue Barrieren entstehen können. Dies trifft vor allem bei Schüler\*innen zu, die Unterstützung benötigen, um ihre Motivation und ihre Selbstregulation aufrecht zu erhalten, deren Informationsaufnahme eingeschränkt, oder auch deren sprachliches Niveau oder Kompetenz zu niedrig ist (ebd.). Hierbei ist es besonders wichtig, einen präventiv inklusiven Unterricht zu gestalten, um eine Exklusion durch den Medieneinsatz zu vermeiden und eine Inklusion zu forcieren (Böttinger & Schulz, 2021). Fränkel und Schroeder (2023) beschreiben ebenfalls Hürden durch den Einsatz digitaler Medien, die vor allem in fehlender Medienkompetenz seitens der Schüler\*innen und in zu wenig adaptivem Einsatz digitaler Medien durch die Lehrkräfte begründet wird. Um eine fachdidaktische Passung des Mediensatzes und eine Verbesserung des Lernens für die Schüler\*innen zu erzielen, soll der Einsatz digitaler Medien mit Blick auf die Dimensionen eines inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts eng abgestimmt sein (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Digitale Medien sollten entsprechend auf keinen Fall zum Selbstzweck eingesetzt werden, sondern ihr didaktischer Mehrwert sollte immer sichtbar werden (ebd.). Dazu zählt sowohl die Förderung der naturwissenschaftlichen Grundbildung, als auch die Förderung der digitalen Kompetenzen (ebd.).

Als Hilfe zur Planung inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts wurde bereits in Kapitel 3.2.2 das NinU-Raster beschrieben, welches um den Aspekt der Digitalität von Stinken-Rösner

und Abels (2021) erweitert wurde. Dabei werden zum einen die Möglichkeiten des Einsatzes digitaler Medien zum Reduzieren von Barrieren im naturwissenschaftlichen Unterricht, und zum anderen der Einsatz digitaler Medien unter Betrachtung der Aspekte inklusiver Pädagogik betrachtet. Entlang der vier Bereiche Kontext, Inhalt, Erkenntnisgewinnung und Lernen über Naturwissenschaften werden die Potenziale digitaler Medien wie folgt beschrieben (Stinken-Rösner & Abels, 2021): Um sich mit digitalen Kontexten auseinander zu setzen, können digitale Medien beispielsweise dabei helfen, Alltagsphänomene in Form von Bildern, Audioaufnahmen oder Videos in den Unterricht zu bringen und somit deren Anschaulichkeit zu steigern, den Zugang zu erleichtern und durch die Wiederaufrufbarkeit auch zu verstetigen. Darüber hinaus können vielfältige Recherche-, Kommunikations-, Kollaborations- und Präsentationswege je nach eigener Vorliebe und Können gewählt werden, um sich Kontexte zu erschließen. Auch der Zugriff auf aktuelle Weltgeschehnisse und Social Media bringt die Kontexte direkt in den Unterricht. Diese Auseinandersetzung kann für Schüler\*innen motivierend sein und eröffnet ihnen zugleich die Möglichkeit, eigene Interessen einfach in den Unterricht zu tragen (ebd.). Zum Lernen naturwissenschaftlicher Inhalte eignen sich beispielsweise digital gestützte Modellierungen und Visualisierungen, die durch ihre multimodalen Zugänge Barrieren im Verständnis oder im Aufnehmen von Informationen reduzieren können. Beispielsweise können Inhalte barrierefrei für Schüler\*innen mit Sinneseinschränkungen oder Teilleistungsstörungen aufbereitet werden. Bei abstrakten Inhalten oder Arbeit auf der submikroskopischen Ebene können ebenfalls digitale Medien wie Simulationen, Animationen, Virtual Reality oder Augmented Reality helfen, die Komplexität zu verringern oder den Bezug zur Realität bzw. Phänomenebene zu erleichtern (ebd.). Zum Betreiben von naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung können unter anderem assistive Technologien einen barrierefreien Zugang zu den Arbeitsweisen erleichtern, Software kann zum Auswerten und Visualisieren von Daten genutzt werden; virtuelle Experimente können neue und individuelle Zugänge schaffen. Die Verwendung von digitalen Messsensoren oder Apps zur Datenerhebung ist beispielsweise intuitiver als herkömmliche Messtechnik, und bietet den Schüler\*innen darüber hinaus die Möglichkeit, selbst wissenschaftlich Daten zu erheben und zu speichern. Digitale Smartphonelupen bieten die Möglichkeit, Beobachtungen direkt aufzuzeichnen in Form von Fotos. Die erhobenen Daten und Fotos können im Anschluss an die Erhebung geteilt und gemeinsam bearbeitet werden. Bei der Datenauswertung können Zusammenhänge in digitaler Form direkt und unabhängig von mathematischen Fähigkeiten der Schüler\*innen dargestellt und interpretiert werden. Virtuelle Experimente erweitern zudem das Repertoire an im Unterricht einsetzbaren Experimenten und erlauben das Training von barrierebehafteten Schritten wie der Umsetzung einer Variablenkontrollstrategie (ebd.). Darüber hinaus kann beim Lernen über die Naturwissenschaften durch digitale Medien beispielsweise der Zugang zu digitalisierten Archiven, Science Media-Angeboten oder ein direkter Kontakt zu Wissenschaftler\*innen ermöglicht werden, um

Einblicke in die Natur der Naturwissenschaften zu erhalten (ebd.). Nicht zu vernachlässigen ist jedoch der zweite Aspekt zu digitalen Medien, den Stinken-Rösner und Abels (2021) diskutieren: Neu entstehende Barrieren durch digitale Medien. Diese beginnen bereits beim unterschiedlich ausgeprägten Zugang zu digitalen Medien, der auch als digitale Kluft bezeichnet wird, und sich in physischem Zugang, unterschiedlichen digitalen Kompetenzen, Nutzungsformen und daraus resultierenden Vor- und Nachteilen für die Lernenden äußert. Auch das Handling von gleichzeitiger Nutzung verschiedener Medien kann eine Barriere für Schüler\*innen darstellen (ebd.). Das durch die digitalen Medien erweiterte NinU-Raster bietet insgesamt einen Überblick und die Möglichkeit, inklusiven und durch digitale Medien unterstützten naturwissenschaftlichen Unterricht zu planen.

Explizite Studien für den Biologieunterricht sind jedoch bisher kaum vorhanden. In einem systematischen Review zu Inklusion und digitalen Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht geben Fränkel und Schroeder (2023) in dem bisher kleinen Forschungsfeld gerade einmal 2 von 35 Studien an, die sich mit dem Biologieunterricht beschäftigen, wohingegen 19 Studien übergreifend und 9 Studien dem Fach Chemie zugeordnet werden. Physik (2), Sachunterricht (2) und Mathematik (1) sind ebenfalls unterrepräsentiert (Fränkel & Schroeder, 2023). Die in den Studien angesprochenen Heterogenitätsdimensionen sind zu einem Drittel nicht ausdifferenziert, es werden also alle Schüler\*innen angesprochen (ebd.). In den anderen Studien werden die Schwerpunkte explizit auf einzelne sonderpädagogische Förderbedarfe gelegt. In Bezug auf die untersuchten Inhalte identifiziert das Review einen Hauptfokus auf digitale Lernumgebungen, gefolgt von AT und dem Differenzieren von verschiedenen Methoden wie dem Gruppenpuzzle oder der Handlungsorientierung (ebd.). Außerdem wird der Einsatz von Videos und eBooks berichtet, sowie Ansätze zum Vergleich analoger und digitaler Medien (ebd.). Ein explizites Umsetzungsbeispiel im Fachbereich Biologie ist der Einsatz von Experimentiervideos aus dem Projekt *VidEX – Lehrern und Lernen mit Experimentiervideos* (Meier et al., 2022): Im Projekt werden Experimentiervideos mit differenziertem Begleitmaterial für den naturwissenschaftlichen Unterricht erstellt, wobei explizit Versuche aus dem Fachbereich Biologie zum Tragen kommen (ebd.). Die Videos sollen weniger als Ersatz für Realexperimente, sondern mehr als neuartige und differenzierte Zugänge zum Erwerb von Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnung dienen. Ziel ist es, Barrieren im Prozess der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung abzubauen und allen Schüler\*innen einen Zugang zu Scientific Literacy zu ermöglichen (Meier et al., 2023). Experimentiervideos können im naturwissenschaftlichen Unterricht binnendifferenziert eingesetzt werden, indem beispielsweise Schüler\*innen wählen können, ob sie ein reales Experiment durchführen, sich dabei (phasenweise) durch Videos unterstützen lassen wollen, oder ein videografiertes Experiment betrachten wollen. Je nach den eigenen kognitiven Voraussetzungen, dem Leistungsniveau, den motorischen oder sprachlichen Fähigkeiten kann die ein oder andere Phase des Experimentierens unterstützt

werden. Beispielsweise kann die eigene Planung eines Experiments durch Videos überprüft und ggf. fachmethodisch überarbeitet, oder es können Impulse für die Durchführung gewonnen werden. Damit können Experimentiervideos die Rolle einer adaptiven und feedbackorientierten Lernprozessunterstützung einnehmen (ebd.). Die Videos an sich können durch eine Variation an Fachmethodik, inhaltlichen Abstufungen in der Komplexität und Hilfestellungen zum Experiment ebenfalls differenziert gestaltet werden (Meier et al., 2023).

## **4. Professionalisierung von Lehrkräften**

Um diesen Herausforderungen der Partizipation an digitalen Medien und durch digitale Medien in einem inklusiven Biologieunterricht gerecht zu werden, müssen Lehrkräfte unter anderem über entsprechende digitale und inklusionsspezifische Kompetenzen verfügen (Kultusministerkonferenz & Hochschulrektorenkonferenz, 2015; KMK, 2016). Da die Medienkompetenz der Lehrkräfte entscheidend ist, um digitale Medien im Unterricht einsetzen zu können, und die Verknüpfung dieser Kompetenz mit inklusionsspezifischen Kompetenzen wie dem Differenzieren und Adaptieren Lehrkräften erst die Möglichkeit gibt, digital und inklusiv zu unterrichten, bedarf es einer zielgerichteten Professionalisierung der Lehrkräfte.

### **4.1 Gestaltung von Lehrkräftefortbildungen**

Unterrichtsbezogene Lehrkräftefortbildungen können dann als wirksam beschrieben werden, wenn Lehrkräfte ihren Unterricht im Anschluss daran weiterentwickeln (Lipowsky & Rzejak, 2021). Ziel muss es sein, mit der Fortbildung die Ebene der Schüler\*innen zu erreichen. Die Entwicklung von Kompetenzen, das Lernen der Schüler\*innen und die Verbesserung der Unterrichtsqualität sind entsprechend Punkte, an denen die Wirksamkeit einer Fortbildung gemessen werden kann (ebd.).

Um eine Wirksamkeit zu erzielen, sollen Lehrkräftefortbildungen laut Lipowsky und Rzejak (2021) gewisse Kriterien erfüllen. Dazu zählen Kriterien der inhaltlichen Ausrichtung der Fortbildung und Kriterien der methodisch-didaktischen Gestaltung. Zur inhaltlichen Ausrichtung haben Lipowsky und Rzejak (2021) fünf Thesen aufgestellt: Die Orientierung am Stand der Unterrichtsforschung ist die erste These, welche sich in einem Ansetzen an den Merkmalen der Tiefenstruktur von Unterricht darstellt (ebd.). Tiefenstruktur von Unterricht meint dabei die Qualität der Interaktion zwischen Lehrenden und Schüler\*innen. Sie bezieht sich immer auf die Tiefe der Auseinandersetzung der Lernenden mit dem Lerninhalt. Zu den Merkmalen der Tiefenstruktur gehören u.a. die kognitive Aktivierung der Schüler\*innen, ihre metakognitive Förderung, die inhaltliche Klarheit des Unterrichts und die Feedbackqualität (ebd.). Die Tiefenmerkmale des Unterrichts werden dabei als bedeutsamer eingestuft als die leichter zu messenden Oberflächenstrukturen. Zu den Oberflächenstrukturen zählen beispielsweise die Medienwahl, die Methodik und Sozialformen. Die positive Wirkung der Auseinandersetzung mit den Tiefenmerkmalen kann anhand von Modellen und Theorien wie der Cognitive Load Theory (Sweller, 2005) erklärt werden. Auch spielt die professionelle Kompetenz der Lehrkräfte eine zentrale Rolle. Dazu zählen u.a. Selbstwirksamkeitserfahrungen, Aufmerksamkeitsfokussierung und die Entwicklung einer gemeinsamen Fachsprache. Im Optimalfall gelingt es den Fortbildner\*innen, den Lehrpersonen die positive Wirkung auf das Lernen ihrer Schüler\*innen bewusst zu machen und ihren Blick auf das Wesentliche im Unterrichtshandeln zu lenken (ebd.).

Exemplarisch für die konkrete Umsetzung der Tiefenstrukturorientierung in Fortbildungen nennen Lipowsky und Rzejak (2021) den Fokus auf die kognitive Aktivierung der Lernenden durch Aufgabengestaltung, Unterrichtsgespräche, den Einsatz digitaler Medien für digital gestütztes Experimentieren, das Fahren von Messreihen oder die Erstellung von Erklärvideos. Auch die gemeinsame Analyse von Videosequenzen von Merkmalen wirksamen Unterrichts und das Drehen eigener Videos als Good Practice-Beispiele des eigenen Unterrichts zur gemeinsamen Reflektion werden genannt. Beim Durchführen von Videostudien wurden beispielsweise diese positiven Effekte von Tiefenmerkmalen für das Classroom-Management nachgewiesen, wenn die Fortbildung dieses als zentralen Punkt aufweist (Piwowar, et al., 2013). Als zweite These nennen Lipowsky und Rzejak (2021) das selbstgesteuerte Lernen von Schüler\*innen. Bei dieser These geht es darum, dass Lehrkräfte Wissen aufbauen über die Bedeutung von Lernstrategien und Lernende in ihrer Selbstständigkeit unterstützen können. Schüler\*innen sollen dabei lernen, ihren Lernprozess selbstständig zu planen, zu regulieren, zu überwachen und zu bewerten. Um diese Aspekte in der Lehrkräftefortbildung zu fördern, schlagen Lipowsky und Rzejak (2021) u.a. vor, Wissen über Lernstrategien zu vermitteln, die wissenschaftlichen Hintergründe zu erläutern und auf den Wert digitaler Medien für den Erwerb fachspezifischer Strategien und Techniken aufmerksam zu machen. Mit Letzterem meinen sie einen sinnvollen Einsatz digitaler Tools und Medien, die Lerngelegenheiten schaffen. Zum Beispiel können funktionale Zusammenhänge in den Naturwissenschaften mit digitalen Tools oder Medien effektiv visualisiert werden, wodurch das Verständnis und das strategische Vorgehen der Schüler\*innen gefördert werden können. Als dritte These nennen Lipowsky und Rzejak (2021) die Fokussierung auf zentrale unterrichtliche Anforderungen, wobei relevante Kernpraktiken von Lehrpersonen aufgegriffen werden sollen. Die Fokussierung auf Kernpraktiken wie Feedback geben, Sachverhalte erklären, Unterrichtsgespräche führen, Lernstandsdiagnosen, sowie die Gestaltung von Fragen und Aufgaben hat den Vorteil, dass komplexe Themen wie Inklusion am konkreten Handlungsbeispiel betrachtet werden können und die Fortbildung entsprechend eher als zielführend wahrgenommen wird als bei nicht praxisbezogener Auseinandersetzung (ebd.). Diesen sogenannten Core-Practice Ansatz verfolgt man auch in der ersten Phase der Lehrkräftebildung (Fraefel & Scheidig, 2018). Er zielt auf die Entwicklung professioneller Unterrichtspraktiken und deren Reflexion und Weiterentwicklung ab (ebd.). Ein weiteres Umsetzungsbeispiel in der Lehrkräftefortbildung ist nach Lipowsky und Rzejak (2019, 2021) der Ansatz, klein zu beginnen, also mit leicht beeinflussbaren Facetten einer Handlung, und somit frühe Erfolge zu ermöglichen, und erst dann auf größere Zusammenhänge zu schließen. Die vierte These der inhaltlichen Gestaltung von Lehrkräftefortbildungen nach Lipowsky und Rzejak (2019, 2021) ist die inhaltliche Fokussierung. Dabei werden Fortbildungen so konzipiert, dass sie inhaltlich in die Tiefe gehen und dabei das Lernen der Schüler\*innen zur ausgewählten Thematik berücksichtigen und weiterentwickeln. Hier spricht man von einem engen

inhaltlichen Fokus, bei welchem sich die Lehrkräfte damit auseinandersetzen, wie die Schüler\*innen konkret diesen Lernstoff lernen und welche Schwierigkeiten auftreten können. Die Aktivitäten sollen sich also auf die Vermittlung von Fachinhalten und die Frage, wie die Schüler\*innen diese lernen, konzentrieren (Desimone, 2011, Lipowsky & Rzejak, 2019, 2021, Scheiter & Lachner, 2019). Der pädagogische Doppeldecker ist eine Möglichkeit, diese Auseinandersetzung zu bewirken (Wahl, 2006): Dabei werden die Lehrkräfte in der Fortbildung mit ähnlichen Herausforderungen wie ihre Schüler\*innen konfrontiert und haben so die Möglichkeit, Lernerfahrungen zu sammeln und später im Unterricht kognitiv empathischer auf ihre Schüler\*innen einzugehen. Fachliche und inhaltliche Tiefe von Fortbildungen sind erfolgversprechend, da das Lernen am konkreten Gegenstand leichter fällt, als in abstrakten oder breit aufgestellten Fortbildungen, da es mehr Gelegenheiten gibt, sich konkret mit fachlichen Strategien und Schwierigkeiten der Lernenden auseinanderzusetzen, was die fachdidaktischen und diagnostischen Kompetenzen von Lehrkräften schult. Hierbei stellt sich jedoch die Frage, ob eine inhaltlich tiefe, aber enge Fortbildung auch einen exemplarischen Effekt hat, also ein Transfer auf andere Bereiche stattfindet (ebd.). Die fünfte These nach Lipowsky und Rzejak (2021) ist die Förderung des Wirksamkeitserlebens, also das Analysieren des Zusammenhangs zwischen Lehrkräftehandeln und Schüler\*innenlernen. Dabei sollen die Lehrkräfte sich mit dem Verhalten der Schüler\*innen und ihren Lernprozessen auseinandersetzen und den Einfluss des eigenen Handelns reflektieren. Oftmals werden Videostudien eingesetzt, um genaue Diagnosen über diese Zusammenhänge stellen zu können. Ein Sichtbarmachen dieser Zusammenhänge kann die Selbstwirksamkeitserwartung und das Kompetenzerleben der Lehrkräfte positiv beeinflussen (ebd.), beispielsweise durch die Verdeutlichung der Potenziale des zielgerichteten Medieneinsatzes. So sollen fruchtbare Lerngelegenheiten mit digitalen Medien konkret gezeigt und die Notwendigkeit der didaktisch-methodisch begründeten Auswahl des Mediums verdeutlicht werden.

Zur methodisch-didaktischen Gestaltung der Fortbildung nennen Lipowsky und Rzejak (2021) ebenfalls fünf Thesen, die die Wirksamkeit von Lehrkräftefortbildungen positiv beeinflussen können. Die erste These bezieht sich dabei auf die Stärkung der kollegialen Kooperation von Lehrkräften, was die unterrichtsbezogene Zusammenarbeit innerhalb des Kollegiums anregen und etablieren soll. Bei diesem Konzept sollten sich nach Möglichkeit mehrere Lehrkräfte einer Schule zu einer Fortbildung anmelden, um einen positiven und motivierenden Effekt zu erzeugen und langfristige Kooperation und Kollaboration zu fördern. Die zweite These ist die Verknüpfung von Input-, Erprobungs- und Reflexionsphase, wobei Wissen erworben, Handeln erprobt und Erfahrungen reflektiert werden sollen. Hierbei ist eine längere Fortbildung ange-dacht, die es den Lehrkräften ermöglicht, das Erlernte direkt im eigenen Unterricht zu erproben und dann wieder in der Gruppe zu reflektieren (Lipowsky & Rzejak, 2019, 2021). Die dritte These beschäftigt sich mit Feedback und Coaching, wobei Lernprozesse und Erfahrungen von

Lehrpersonen durch Rückmeldungen, Beispiele und Anregungen unterstützt werden sollen (Lipowsky & Rzejak, 2021). Dabei können sowohl Hospitationen der Fortbildner\*innen als auch das Feedback von Schüler\*innen genutzt werden. Die vierte These plädiert für eine angemessene Fortbildungsdauer, wobei der Grundsatz gilt, so lange wie nötig und so kurz wie möglich. Dabei werden kurze Oneshot-Angebote oft als nicht so wirksam wie Angebote über einen längeren Zeitraum angenommen (Lipowsky & Rzejak, 2019, 2021). Die Datenlage dazu ist jedoch dünn; es kann nicht pauschal von einem Wirksamkeits-Dauer-Zusammenhang ausgegangen werden. Es wird postuliert, dass es in kurzen Angeboten, die nur wenige Stunden dauern, oftmals an der Möglichkeit fehlt, das Erlernete auszuprobieren und zu reflektieren. Entsprechend beeinflussen kurze Fortbildungen das professionelle Handeln kaum. Eine Erklärung für den nicht-linearen Zusammenhang zwischen Dauer und Wirksamkeit ist, dass umso länger eine Fortbildung dauert, die Arbeitsbelastung für die Lehrkräfte steigt und dieser Effekt sich negativ auf die Motivation und die Wirksamkeit auswirken kann. Dennoch wird davon ausgegangen, dass längere Fortbildungsformate eher zu einer Veränderung der Überzeugungen und Handlungsroutinen führen als Oneshots. Um dieser geringen Wirksamkeit von Oneshots entgegenzuwirken, können Unterstützungsangebote nach der Fortbildung gemacht werden. Beispielsweise eine Hospitation der Fortbildner\*innen oder eine Kooperation, die während der Fortbildung entsteht. Auch eine Flipped-Classroom-Umsetzung wäre eine Möglichkeit, Zeit für Reflexion und Erprobung zu schaffen. Die letzte These setzt auf bedeutsame Inhalte und Aktivitäten, die durch einen Praxisbezug den Nutzen und die Relevanz der Fortbildungsinhalte verdeutlicht. Dabei gilt, umso besser der Praxisbezug hergestellt werden kann und umso besser die Inhalte direkt in den Unterricht übertragen werden können, desto positiver werden Fortbildungen evaluiert. Dies ist auch auf motivationale Aspekte zurückzuführen, da Lehrkräfte eine höhere Motivation für die Fortbildung zeigen, wenn sie einen direkten Bezug zu ihrem Unterricht, ihrem Fach, ihrer Schulart herstellen können. In der Fortbildung sollten also konkrete Beispiele aus der Berufswirklichkeit der Lehrkräfte verwendet werden, um die Relevanz des Themas darzustellen. Moderate Neuigkeitseffekte können ebenso dabei helfen, eine Akzeptanz der Fortbildung und somit eine höhere Wirksamkeit zu erreichen. Wenn Lehrkräfte keine neuen Informationen aus einer Fortbildung ziehen, wird diese nicht als interessant und nicht als relevant eingeschätzt. Ist der Neuigkeitsgrad jedoch zu hoch und geht mit zu großen Veränderungen in der Unterrichtspraxis einher, kann es ebenso zur Ablehnung durch die Teilnehmer\*innen kommen, da der Aufwand zu hoch wäre, diese Innovation in das eigene unterrichtliche Handeln zu integrieren, beziehungsweise kann es zu Überforderung der Lehrkräfte kommen.

In der konkreten Umsetzung sollten sich die Inhalte der Fortbildung an Fragen und Problemen der Lehrkräfte orientieren, sollte die Informationsvermittlung stets mit Praxisbezügen verbunden, eine Partizipation der Lehrkräfte möglich sein und sollte die Transferierbarkeit der Inhalte beachtet werden (Lipowsky & Rzejak, 2021).

Insgesamt sind Fortbildungen nicht per se wirksam, wenn sie alle diese Kriterien erfüllen, genauso wenig sind sie nicht per se unwirksam, wenn sie nicht alle Kriterien erfüllen. Eine ebenso große Rolle spielen die Kompetenzen der Fortbilder\*innen, wobei diese empirisch kaum untersucht sind. Grob unterteilen lassen sich diese Kompetenzen in zwei Ebenen: Die Kompetenz im Unterrichten von Schüler\*innen und die Kompetenz im Unterrichten von Lehrkräften (Lipowsky & Rzejak, 2021). Die Kompetenz, Schüler\*innen zu unterrichten meint die Werthaltung, die Überzeugungen und motivationalen Orientierungen, sowie selbstregulative Fähigkeiten und das eigene Professionswissen, also die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften (Baumert & Kunter, 2006). In der zweiten Ebene geht es darum, diese Fähigkeiten auf die Teilnehmer\*innen der Fortbildung anzuwenden, also deren Voraussetzungen zu kennen, relevante Inhalte zu identifizieren und fachdidaktisch und methodisch angemessen zu vermitteln.

## **4.2 Professionelle Handlungskompetenz**

Die professionelle Handlungskompetenz von Lehrkräften setzt sich nach Baumert und Kunter (2006) aus vier Aspekten zusammen: Überzeugungen/Werthaltungen, Motivationale Orientierungen, Selbstregulative Fähigkeiten und Professionswissen. Dabei wird das Professionswissen in die Bereiche pädagogisches Wissen, Fachwissen, fachdidaktisches Wissen, Organisationswissen und Beratungswissen unterteilt (Baumert & Kunter, 2006). Ursprünglich geht das Professionswissen der Lehrkräfte auf Lee Shulman zurück, der das Wissen der Lehrkräfte in drei Dimensionen unterteilt: Fachwissen (Content Knowledge = CK), pädagogisches Wissen (Pedagogical Knowledge = PK) und fachdidaktisches Wissen (Pedagogical Content Knowledge = PCK; Shulman, 1986). Eine Erweiterung stellt das das TPACK-Modell dar, welches das Professionswissen darüberhinausgehend mit dem Aspekt des technologischen Wissens verknüpft (Mishra & Koehler, 2006). Konkret geht es um die Verknüpfung von Fachwissen (CK) mit pädagogischem Wissen (PK) und technologischem Wissen (Technological Knowledge = TK) in einem Kontext (ebd.). Das Fachwissen bezieht sich auf das zu unterrichtende Unterrichtsfach und geht über den Umfang des Schulstoffes hinaus. Das pädagogische Wissen umfasst die pädagogischen Aspekte des Unterrichts und die individuellen Bedürfnisse der Schüler\*innen. Technologisches Wissen beinhaltet den Umgang mit und das Wissen über digitale Medien und deren Anwendung. Dabei werden zudem die Schnittmengen der einzelnen Disziplinen betrachtet (Abbildung 9). Die Schnittmenge fachdidaktisches Wissen (Pedagogical

Content Knowledge = PCK) beschreibt die didaktischen Zusammenhänge der Unterrichtsgestaltung. Hier geht es konkret um das fachdidaktische Aufbereiten der fachlichen Inhalte für die Bedürfnisse der Schüler\*innen. Unter technologischem Fachwissen (Technological Content Knowledge = TCK) versteht man hingegen das Wissen über die in der Fachwissenschaft verwendeten technischen und digitalen Anwendungen (Mishra & Koehler, 2006).

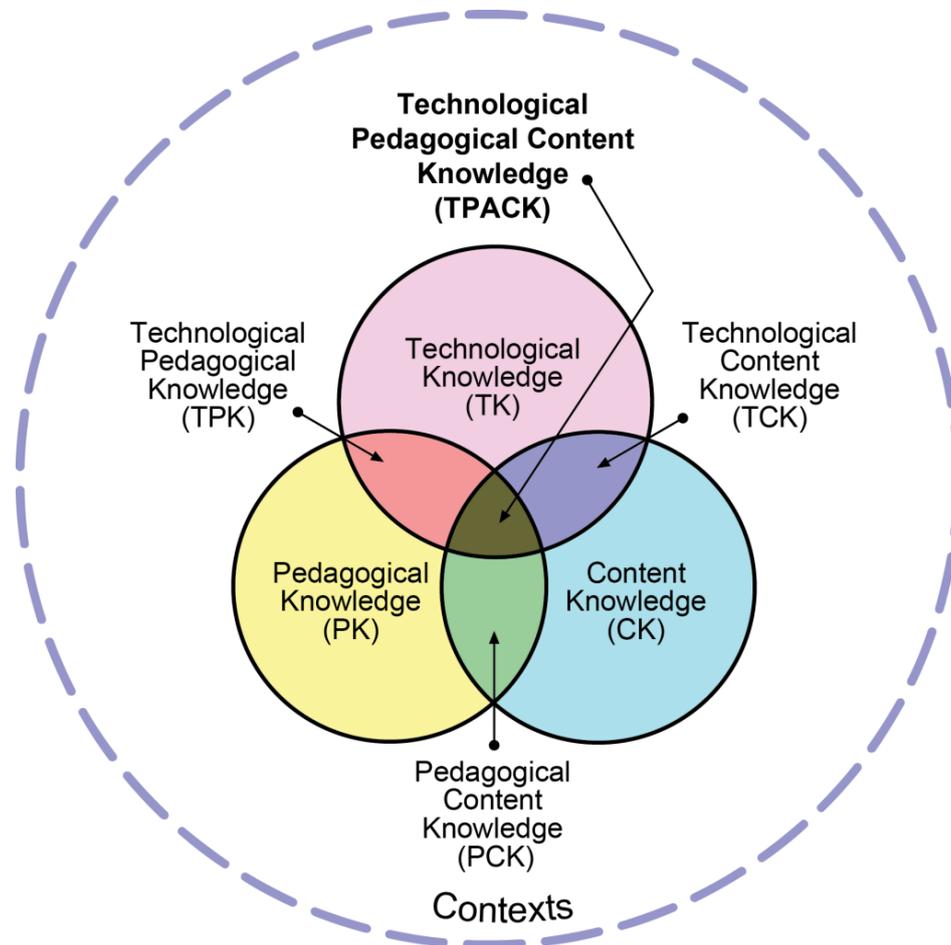


Abbildung 9 TPACK Modell nach Mishra & Koehler (2006)<sup>8</sup>

Die Schnittmenge des technologischen pädagogischen Wissens (Technological Pedagogical Knowledge = TPK) realisiert den Einsatz von digitalen Medien und technischen Möglichkeiten abgestimmt auf die Bedürfnisse der Schüler\*innen. Die namensgebende Schnittmenge der drei Wissensbereiche technologisches fachdidaktisches Wissen – TPACK (Technological Pedagogical Content Knowledge) vereint diese zum Professionswissen der Lehrkraft. TPACK beschreibt somit das Wissen der Lehrkraft darüber, wie Technologien im Fachunterricht eingesetzt werden können unter Berücksichtigung der Bedürfnisse der Schüler\*innen (Mishra & Koehler, 2006). In der aktuellen Diskussion geht das Verständnis über die technologische Komponente hinaus. Es bedarf mehr als nur technologischen Wissens, um dem Anspruch einer digitalisierten Welt gerecht zu werden. Entsprechend wird für eine Veränderung des

<sup>8</sup> Bildcopyright: <http://tpack.org>

TPACK-Modells hin zum DPACK-Modell plädiert, welches das technologische Wissen erweitert hin zur Digitalität (Huwer et al., 2019). Unter Digitalität verstehen Huwer et al. (2019) die veränderten Gegebenheiten in einer digitalisierten Gesellschaft. Es geht also nicht nur um die technischen Kompetenzen, sondern um die Verschränkung von digitaler und analoger Wirklichkeit. Entsprechend verändert sich das Professionswissen der Lehrkräfte. Huwer et al. (2019) plädieren für digitalitätsbezogenes Wissen (DK), welches das technologische Wissen aus dem ursprünglichen TPACK-Modell einschließt und erweitert. DK umfasst unter anderem Aspekte wie Kompetenzen zur Interaktion in digitalen Umgebungen. Beispielsweise ist bei der Erstellung von Lehrvideos nicht nur die technische Umsetzung, sondern auch die mediendidaktische Gestaltung, sowie eine aus der Veröffentlichung resultierende Kommunikation über das Video mitzudenken (ebd.). Unter digitalitätsbezogenem pädagogischem Wissen (DPK) ist nun die Kombination aus PK und DK zu betrachten, welche sich mit veränderten Lernszenarien durch die Eigenschaften und den Kontext der verwendeten Medien auseinandersetzt. DCK bezeichnet die Schnittmenge aus DK und CK, welche die digitalen Innovationen im jeweiligen Fach berücksichtigt, wie die Verwendung von Big Data oder künstlicher Intelligenz. Die Schnittmenge DPCK aus den Komponenten CK, PK und DK stellt nun die Basis dar für die Gestaltung fachspezifischer Lehr-Lernprozesse mit digitalen Medien. Um dieser Anforderung der Digitalität in diesem Professionalisierungsmodell gerecht zu werden, benötigen die Lehrkräfte eine Analysekompetenz, welche auf ihrem Professionswissen beruht. Dazu gehören u.a. die Analyse und kritische Bewertung von digitalen Tools und Kommunikationssystemen, die Kombination dieser mit analogen Arbeitsformen und die Reflektion von fachlichen Prozessen und gesellschaftlichen Phänomenen wie der Einsatz von künstlicher Intelligenz in der Forschung und deren Vermittlung im Unterricht (ebd.). Insgesamt ist das DPACK-Modell als eine Erweiterung des TPACK-Modells zu betrachten, welches die Aspekte der digitalen Lebensrealität von Lehrkräften und Schüler\*innen auf der Modellebene des Professionswissens von Lehrkräften mit berücksichtigt.

Konkrete digitale Kompetenzen beschreibt der Europäische Kompetenzrahmen DigCompEdu (Redecker, 2017). Der Kompetenzrahmen benennt 22 elementare Kompetenzen, die in sechs verschiedene Bereiche gegliedert sind (Abbildung 10). Der DigCompEdu bietet den Lehrkräften die Möglichkeit, ihre eigenen digitalen Kompetenzen einzuschätzen. Dazu beurteilen Lehrkräfte die sechs verschiedenen Bereiche und werden in sechs Kompetenzlevel eingeteilt. Bereich 1 (orange) umfasst digitale Kompetenzen, die im beruflichen Umfeld der Lehrkräfte zum Tragen kommen. Dazu gehören u.a. die berufliche Kommunikation und Zusammenarbeit. Bereich 2 (grün) beschäftigt sich mit dem Auswählen, Erstellen und Anpassen, sowie Organisieren von digitalen Ressourcen für das Lernen. Bereich 3 (blau), Lehren und Lernen, befasst sich mit Kompetenzen zum Planen und Gestalten des Einsatzes digitaler Medien im Unterricht.

Bereich 4 (türkis) bezieht sich auf die digitale Evaluation von Leistungsbeurteilungen. Im Bereich 5 (lila) werden Kompetenzen für die Inklusion zusammengefasst. Hierbei geht es um digitale Kompetenzen, um eine digitale Teilhabe zu ermöglichen, zu differenzieren und zu individualisieren, sowie eine aktive Einbindung aller Schüler\*innen zu ermöglichen. Bereich 6 (rot) beschreibt die nötigen Kompetenzen der Lehrkräfte, um die digitale Kompetenz der Schüler\*innen zu fördern (ebd.).



Abbildung 10 Europäischer Kompetenzrahmen für Lehrende (eigene Darstellung DigCompEdu; nach Redecker, 2017, S. 1)

Die sechs Bereiche werden im Kompetenzrahmen explizit ausformuliert und präsentiert. Für den Inklusionsbereich wird Kompetenzbereich 5 *Lernerorientierung* erläutert. Inhaltlich werden für diesen Bereich drei Kompetenzen benannt und ausformuliert. Bei der *digitalen Teilhabe* werden explizit Schüler\*innen mit besonderen Bedürfnissen angesprochen. Lehrkräfte müssen beim Einsatz digitaler Medien auf die Teilhabe aller Schüler\*innen achten und mögliche Barrieren der eingesetzten digitalen Medien kennen und überwinden können. Der Zugang zu den digitalen Medien muss für alle Schüler\*innen gewährleistet sein. Die digitalen Medien bieten jedoch auch die Chance auf *Differenzierung und Individualisierung*, was wiederum ebenso Kompetenzen von den Lehrkräften fordert, um diese Chancen im Unterricht nutzen zu können. Die *aktive Einbindung aller Lernenden* meint, dass digitale Medien so genutzt werden sollen, dass Schüler\*innen zum aktiven, kreativen und tiefgründigen Denken angeregt werden und durch eine Öffnung des Unterrichts neue Lernkontexte geschaffen werden, die den Schüler\*innen ermöglichen, praktische Aktivitäten, wissenschaftliche Untersuchungen und komplexe Problemlösungen durchzuführen. Für jede Kompetenz werden Aktivitäten formuliert, die ebendiese beschreiben. Unter anderem folgende Aktivitäten werden für die Kompetenzen des

Bereichs 5 beschrieben, welche aus der deutschen Übersetzung des DigCompEdu des Goethe-Instituts entnommen wurden (Redecker, 2019, S.44ff):

Digitale Teilhabe:

- „Gleichberechtigten Zugang zu den passenden digitalen Medien und Ressourcen bieten, z. B. sicherstellen, dass alle Lernenden Zugang zu den angewendeten digitalen Medien haben [...]
  - Potentielle Zugangsschwierigkeiten bei der Auswahl, Veränderung und Erstellung von digitalen Ressourcen berücksichtigen und darauf reagieren, und alternative oder ausgleichende Tools oder Ansätze für Lernende mit speziellen Bedürfnissen zur Verfügung stellen.
  - Gestaltungsprinzipien für besseren Zugang zu Ressourcen und digitalen Lernumgebungen, die im Unterricht angewendet werden, einsetzen [...]"
- (Redecker, 2019, S.44)

Differenzierung und Individualisierung:

- „Nutzung von digitalen Medien, um sich mit den besonderen Bedürfnissen einzelner Lernender auseinanderzusetzen (z. B. Legasthenie, ADHS, Überflieger).
  - Bei der Gestaltung, Auswahl und Anwendung von digitalen Lernaktivitäten verschiedene Lernwege, -niveaus und -geschwindigkeiten ermöglichen
  - Individuelle Lernpläne entwickeln und digitale Medien zu deren Unterstützung nutzen“
- (Redecker, 2019, S.46)

Aktive Einbindung der Lernenden:

- „[...] Die aktive Nutzung von digitalen Medien seitens der Lernenden ins Zentrum des Bildungsprozesses setzen
  - Nutzung von digitalen Medien, um den Lernenden zu ermöglichen, sich aktiv mit dem behandelten Thema zu beschäftigen, z. B. mittels Ansprache unterschiedlicher Sinne, Handhabung virtueller Objekte und durch einen differenzierten Problemaufbau, um dessen Struktur erforschen zu können etc. [...]"
- (Redecker, 2019, S.47)

Zu den Aktivitäten werden Kompetenzaussagen formuliert, mit welchen die Lehrkräfte einschätzen können, welchem Level ihr eigenes Können entspricht. Da der DigCompEdu fachlich unspezifisch ist, kann er in Bezug auf das zuerst beschriebene TPACK-Modell der Teilmenge TPK zugeordnet werden (Ghomi et al., 2020). Bei genauerer Betrachtung zeigen sich jedoch einzelne Kompetenzen, die den fachlichen Kontext miteinschließen und sich entsprechend auch eine Zuordnung zum Kern des TPACK-Modells eignen würde (ebd.). Für den MINT-Bereich führten Ghomi et al. (2020) eine Expert\*innenbefragung durch, um eine DigCompEduMINT Version zu erstellen, um die MINT-Fächer, die stark durch die technologischen

Entwicklungen geprägt sind, adäquat abzubilden (ebd.). Daraus resultieren angepasste Kompetenzen in den Bereichen 2, 3, 4 und 6, die Konkretisierungen für die MINT-spezifischen Bedarfe aufweisen (ebd.).

Ein vom TPACK-Modell ausgehender Ansatz, um digitale Kompetenzen für Lehrkräfte im naturwissenschaftlichen Bereich zu beschreiben, ist der Orientierungsrahmen DiKoLAN (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020). Der Orientierungsrahmen beschreibt sieben unterschiedliche Kompetenzbereiche für den digitalen MINT-Unterricht. Dabei unterteilt er in die allgemeinen Kompetenzen Dokumentation, Präsentation, Kommunikation/ Kollaboration und Recherche/ Bewertung, sowie die fachspezifischen Kompetenzen Messwert- /Datenerfassung, Datenverarbeitung und Simulation/ Modellierung (Abbildung 11). Der Bereich Dokumentation beinhaltet die Nutzung digitaler Medien, um Informationen systematisch abzuspeichern. Unter Präsentation versteht das Modell die Kompetenz, Präsentationen mit digitalen Werkzeugen zu erstellen.



**Abbildung 11 Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN<sup>9</sup>**

Der Kompetenzbereich Kommunikation/ Kollaboration zielt auf die Nutzung digitaler Werkzeuge für die Zusammenarbeit ab. Der Kompetenzbereich Recherche und Bewertung bezieht sich zum einen auf die Beschaffung von Informationen, und zum anderen auf die Bewertung der gewonnenen Informationen. Die fachspezifischen Kompetenzen zur Messwert- und Datenerfassung beinhalten die individuellen Fähigkeiten, Daten mit digitalen Werkzeugen zu erheben. Dazu gehören die Eingabe von Messdaten, die Digitalisierung von analogen Daten, das

<sup>9</sup> Bildcopyright: © 2020 Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen. <https://dikolan.de/>

Gestalten von Bildern und Filmen, sowie der Einsatz von digitalen Messwerkzeugen wie Sonden und Apps. Unter Datenverarbeitung versteht das Modell die Kompetenz, Daten mit digitalen Werkzeugen weiterzubearbeiten und auszuwerten. Dazu gehören statistische Berechnungen ebenso wie die Aufbereitung und das Zusammenführen von Datensätzen oder das Filtern von Daten. Der Kompetenzbereich Simulation/Modellierung beschreibt die Fähigkeiten, Simulationen und Modellierungen computergestützt zu erstellen und diese adressatengerecht einzusetzen für den Erkenntnisgewinnungs- und Kommunikationsprozess. Eingebettet werden diese Kompetenzen durch technische Basiskompetenzen, die eine funktionsfähige Arbeitsumgebung für die Planung und Durchführung von Unterricht sicherstellen, und durch rechtliche Rahmenbedingungen, die unter anderem Lizenz- und Datenschutzbestimmungen beinhalten. Jeder dieser Kompetenzbereiche wird ausformuliert und mit Kompetenzen in den drei Anforderungsbereichen Nennen, Beschreiben und Anwenden/Durchführen beschrieben. Diese unterteilen sich zudem in die technikbezogenen TPACK-Dimensionen, die auch die DPaCK Anpassungen miteinbeziehen (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020). TPACK wird dabei als der gesamte Unterricht betrachtet, TPK als die Methodik und Digitalität, TCK als der fachwissenschaftliche Kontext und TK als spezielle Technik. Beispielhaft sind ausgewählte Kompetenzen für den Bereich der Messwert- und Datenerfassung nach der Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen (2020, S.36f) in Tabelle 1 dargestellt.

**Tabelle 1 Ausgewählte Kompetenzerwartungen im Bereich Messwert- und Datenerfassung (Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen, 2020, S.36f)**

	<b>TPACK</b>	<b>TPK</b>	<b>TCK</b>	<b>TK</b>
<b>Nennen</b>	Zur fachwissenschaftlichen digitalen Messwerterfassung (dME) für den Schuleinsatz taugliche Alternativen nennen.	Mögliche weitere Aspekte nennen, auf die sich der Einsatz dME beim Lernen und Lehren auswirken kann, z. B. im Hinblick auf Zeitaufwand, Organisationsformen, Darstellungsformen, Methoden, Medienkenntnis/Einarbeitung, [...]	Messinstrumente mit dME (z. B. Wärmebildkameras, mobile Endgeräte mit Kameras, integrierten und externen Sensoren) nennen, die den aktuellen Anforderungen der fachwissenschaftlichen Forschung genügen.	Jeweils mehrere Möglichkeiten der dME nennen, z. B. zur Analyse von Multimedia-Material (z. B. Colorimetrie, Videoanalyse) [...]
<b>Beschreiben</b>	Beschreiben didaktische Voraussetzungen für den Einsatz dME-Systeme im Unterricht (z.B. individuell angepasste Instruktionen), [...]	Pädagogische Voraussetzungen sowie Vor- und Nachteile beschreiben, die sich methodisch beim Einsatz dME ergeben, [...]	Ausgewählte fachwissenschaftliche Szenarien der dME beispielhaft beschreiben.	Die Messcharakteristika (z. B. Messbereich, Messgenauigkeit, Auflösung, Abtastrate, Einsatzbereiche, Limitierungen) der Systeme beschreiben.
<b>Anwenden/ Durchführen</b>	Planung und Durchführung kompletter Unterrichtsszenarien unter Einbindung einer digitalen Messwerterfassung	-	Aufnahme von Messwerten im fachwissenschaftlichen Kontext unter Verwendung von dME [...]	Inbetriebnahme, Kalibrierung und Messwerterfassung für mindestens ein Beispiel jeder Art der oben genannten Möglichkeiten der dME.

Bei den dargestellten Kompetenzen liegt der Hauptfokus auf der Medienkompetenz. Beispiele, die die Lernvoraussetzungen der Schüler\*innen miteinbeziehen, sind ebenfalls zu finden, beispielsweise im Bereich TPK, in dem es um pädagogische Voraussetzungen für den Einsatz digitaler Messmethodik geht, oder im Bereich TPACK, in dem individuell angepasste Instruktionen als Beispiel für eine Beschreibung der Voraussetzung des Einsatzes angegeben werden (Arbeitsgruppe digitale Basiskompetenzen, 2020).

Gebhardt et al. (2018) entwickelten unter anderem auf dem Modell der professionellen Handlungskompetenz (Baumert & Kunter, 2006) aufbauend ein Modell für die Professionalisierung von Lehrkräften zum inklusiven Unterrichten. Sie beschreiben das Professionswissen der Lehrkräfte als inklusionsorientiertes Professionswissen, welches fachliches inklusives Wissen über den Lerngegenstand und Grundlagen inklusiver Bildungsprozesse abbildet. Dabei werden unter anderem das Verständnis über den Lerngegenstand für inklusiven Unterricht, konzeptionelles, bildungswissenschaftliches und inklusionspädagogisches Wissen, sowie Wissen über rechtliche Grundlagen und Heterogenitätsdimensionen mit aufgegriffen (ebd.). Außerdem gehören fachdidaktisches Wissen, kommunikative Kompetenz, pädagogisch-psychologisches Wissen, diagnostische Kompetenz, sonderpädagogisches Wissen und kooperative Kompetenz zum Professionswissen der Lehrkraft (Gebhardt et al., 2018). Unter inklusionsorientiertem fachdidaktischem Wissen verstehen Gebhardt et al. (2018) die Expertise zu Lern- und Entwicklungsschwierigkeiten, das Wissen über Aufgabenformate, Vorstellungen und Fehlertypen, Strukturierung und Differenzierung des Lerngegenstands, didaktisch-methodische Modelle des inklusiven Unterrichts wie Kooperatives Lernen, individuelle Förderung, Berücksichtigung des UDL bei der Planung, und den Einsatz von Lehr- und Lernmitteln wie digitalen Medien und Technologien (Gebhardt et al., 2018).

Konkret auf Inklusion und Digitalität im naturwissenschaftlichen Unterricht angepasst ist das Modell ITPACK-NW von Schroeder und Fränkel (2023), welches aus dem TPACK-Modell entwickelt wurde. Der Kontext des Modells beschreibt die konkreten Bedingungen einer inklusiven Lerngruppe, welche durch die Diversität der Schüler\*innen und die damit einhergehenden unterrichtlichen und schulischen Rahmenbedingungen geprägt ist (Schroeder & Fränkel, 2023). Anders als beim TPACK-Modell wird TK bereits als mediendidaktisches Wissen und CK-NW als fachdidaktisches Wissen in den Naturwissenschaften definiert. Unter IPK versteht das Modell inklusionspädagogisches Wissen, welches Kenntnisse über verschiedene Diversitätsdimensionen, mögliche Barrieren und Partizipationswege miteinschließt. Als Schnittmengen aus diesen drei Basisdimensionen ergeben sich TCK-NW, welches als technologisch-naturwissenschaftsdidaktisches Wissen definiert wird, ITPK, welches inklusionsbezogenes technologisch-pädagogisches Wissen beschreibt, und IPCK, welches das inklusionsbezogene pädagogisch-naturwissenschaftliche Wissen beinhaltet. Kern des Modells und somit Vernetzung aller drei

Bereichen bildet das ITPACK-NW, welches ein „spezifisches technologisch-fachdidaktisch-inklusionspädagogisches Wissen“ repräsentiert, welches konkret zur „Gestaltung inklusiver Lernsituationen im naturwissenschaftlichen Unterricht unter Nutzung digitaler Medien“ benötigt wird (Schroeder & Fränkel, 2023, S.15).

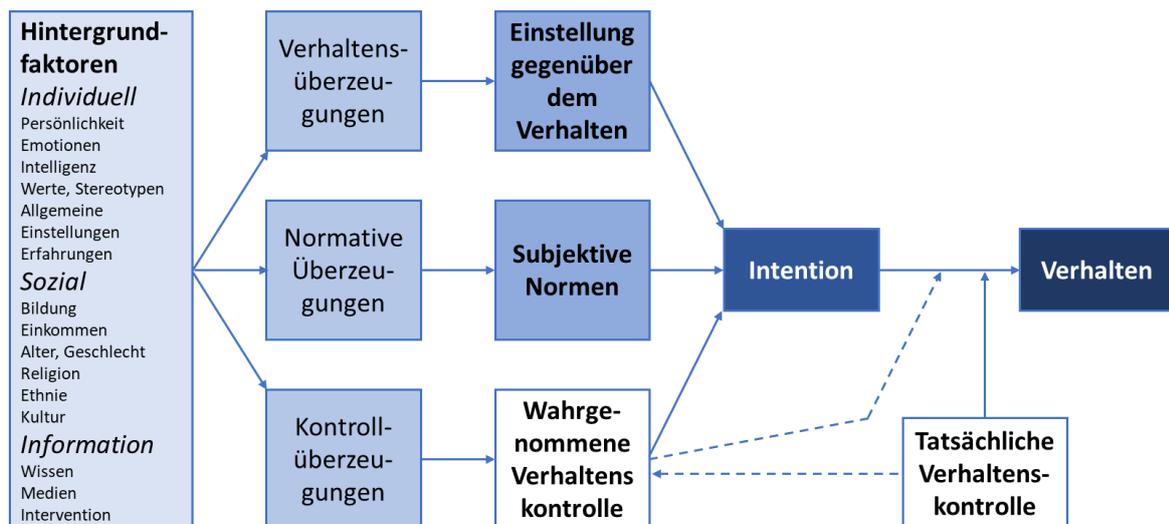
Das Wissen einer Person, in diesem Fall das Professionswissen der Lehrkräfte, ist nicht allein ausschlaggebend für eine Handlung. Weitere Faktoren der professionellen Handlungskompetenz wie die Überzeugung und Werthaltung spielen eine Rolle (Baumert & Kunter, 2006; Gebhardt et al., 2018). Dementsprechend werden im Folgenden weitere Prädiktoren auf das Verhalten betrachtet, wie die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung.

### **4.3 Verhaltensprädiktoren**

Das Verhalten einer Person wird durch bestimmte Faktoren beeinflusst. So sind beispielsweise Verhaltensweisen häufiger zu beobachten, in denen sich eine Person als kompetent bzw. selbstwirksam einschätzt. Auch eine positive Einstellung zu einem Verhalten kann einen positiven Einfluss auf das Zeigen eines bestimmten Verhaltens haben. Diese Annahmen werden im Reasoned Action Approach (Theorie der begründeten Handlung) nach Fishbein und Ajzen (2010) zusammengefasst.

Die Theorie basiert auf der Theory of Reasoned Action und der Theory of Planned Behavior (Ajzen & Fishbein, 2005). Die Theory of Reasoned Action besagt, dass eine Intention die wichtigste Vorhersage für ein Verhalten ist und diese von zwei Hauptfaktoren beeinflusst wird. Die Einstellung gegenüber dem Verhalten ist dabei die Bewertung der positiven oder negativen Ergebnisse, die aus dem Verhalten resultieren. Die subjektiven Normen sind der wahrgenommene soziale Druck, das Verhalten auszuführen; das bedeutet, die Erwartung anderer Personen an das eigene Handeln wird miteinbezogen. Die Theory of Planned Behavior fügt der Theory of Reasoned Action eine weitere Komponente hinzu, die wahrgenommene Verhaltenskontrolle. Das Konstrukt beschreibt dabei die wahrgenommene Leichtigkeit oder Schwierigkeit, ein bestimmtes Verhalten auszuführen (Ajzen, 2005). Das Konzept basiert auf den Ausführungen zur Selbstwirksamkeit nach Bandura und schließt diese ein (Ajzen, 1991). Bandura (1977) versteht die Selbstwirksamkeit als eher generelles Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten, ein Verhalten zu zeigen trotz etwaiger Hindernisse oder Schwierigkeiten (Bandura, 1977). Einflussfaktoren auf die Selbstwirksamkeitserwartung beschreibt Bandura (1997) wie folgt, mit abnehmendem Einfluss: Eigene Erfolgserwartung, stellvertretende Erfahrung, verbale Überzeugung und Wahrnehmung der eigenen Gefühle. Der Reasoned Action Approach kann als Weiterentwicklung der Theory of Planned Behavior betrachtet werden, welcher präziser ist als die vorhergehenden Modelle, vor allem in Bezug auf die Überzeugungen. Dennoch werden in der wissenschaftlichen Praxis sowohl der Reasoned Action Approach als auch deutlich häufiger

die Theory of Planned Behavior herangezogen, um eine Vorhersage von menschlichem Verhalten zu treffen. Eine Vorhersage ist jedoch nur dann möglich, wenn die Handlung dem freien Willen unterliegt (Graf, 2007). In Abbildung 12 ist die Theory of Planned Behavior illustriert (Ajzen & Fishbein, 2005). Dabei werden die verschiedenen Faktoren, die ein Verhalten einer Person beeinflussen, verknüpft. Die Hintergrundfaktoren sind allgemeingültige Einflüsse, die sowohl die Überzeugungen einer Person, als auch ihre Einstellungen, subjektiven Normen und wahrgenommene Verhaltenskontrolle beeinflussen. Hintergrundfaktoren sind individuelle Personenmerkmale wie Emotionen und Erfahrungen, soziale Personenmerkmale wie Alter und Geschlecht, und informationsbezogene Merkmale wie Wissen und Interventionen. Verhaltensüberzeugungen beeinflussen direkt die Einstellung einer Person und betreffen dabei die erwarteten Ergebnisse eines bestimmten Verhaltens. Die normativen Überzeugungen liegen den subjektiven Normen zugrunde. Kontrollüberzeugungen hingegen betreffen die wahrgenommene Fähigkeit der Person, ein Verhalten auszuführen und mit etwaigen Barrieren umzugehen. Sie beeinflussen direkt die wahrgenommene Verhaltenskontrolle. Ausgehend von den Einstellungen, den subjektiven Normen und der wahrgenommenen Verhaltenskontrolle entwickelt eine Person eine Handlungsintention. Ausgehend von der Intention und der tatsächlichen Verhaltenskontrolle entwickelt eine Person ein Verhalten.



**Abbildung 12 Theory of Planned Behavior** (eigene Darstellung nach Ajzen & Fishbein (2005) und Lange (2010), Übersetzung nach Lange (2010))

Die tatsächliche Verhaltenskontrolle kann einen starken Einfluss nehmen auf die tatsächliche Umsetzung einer Handlungsintention, indem unvorhersehbare Barrieren auftreten, Ressourcen nicht zur Verfügung stehen oder Fähigkeiten nicht ausreichend vorhanden sind (Ajzen & Fishbein, 2005). Wenn diese Faktoren zutreffen, kommt es trotz einer hohen Intention nicht zu einem Verhalten. Wenn diese Faktoren nicht zutreffen, kommt es von einer Handlungsintention zu einem Verhalten. Die tatsächliche Verhaltenskontrolle wirkt sich außerdem auf die wahrgenommene Verhaltenskontrolle aus (Ajzen & Fishbein, 2005). Außerdem wird angenommen, dass die Überzeugungen einer Person gleichwertig mit der subjektiven Bewertung der

Verhaltensfolgen auf die Einstellung wirken, und somit einen starken Einfluss haben können auf ein Verhalten (Ajzen, 2005).

Um fachdidaktische Innovationen in den Unterricht zu implementieren, bedarf es seitens der Lehrkräfte vielseitige günstige Bedingungen. Ausgehend von Gregoire (2003) haben Breuer et al. (2022) ein Modell der Implementierung fachdidaktisch innovativer materialgestützter Unterrichtskonzeptionen entwickelt, welches die Entscheidungsprozesse von Lehrkräften zur Umsetzung im Unterricht darstellt (Abbildung 13). Das Modell geht aus von der Bereitstellung einer fachdidaktisch innovativen Unterrichtskonzeption, welche den Lehrkräften, in diesem Fall Lehrkräfte für das Unterrichtsfach Physik, zur Verfügung steht (Breuer et al., 2022). Nach der Bereitstellung des Materials ist der Bedarf der Lehrkräfte, das Material einzusetzen, entscheidend für die Auseinandersetzung mit der Umsetzung im Unterricht. Besteht Bedarf, sind es zunächst personenbezogene Merkmale, die eine Entscheidung beeinflussen.

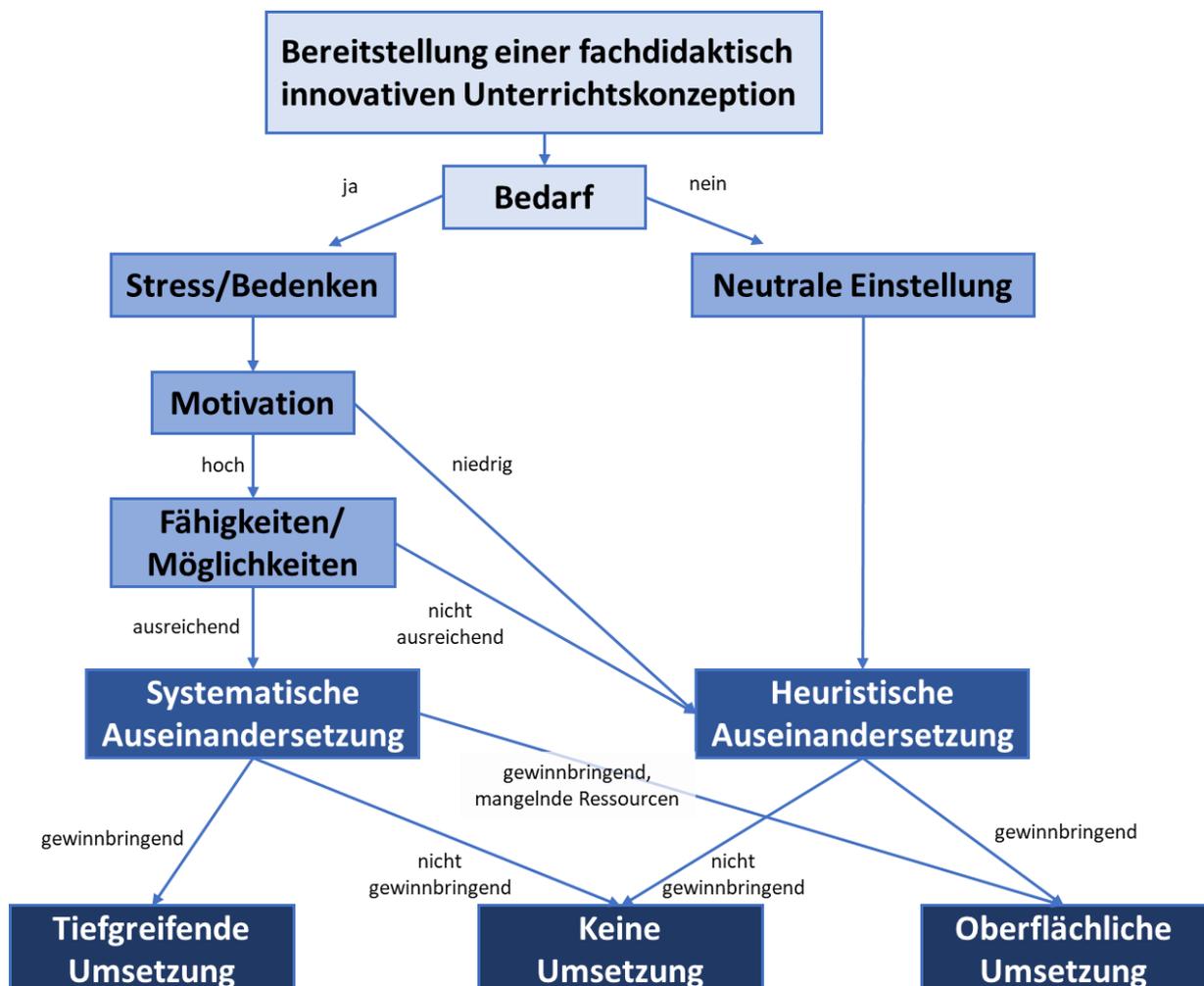


Abbildung 13 Implementierung fachdidaktisch innovativer materialgestützter Unterrichtskonzeptionen (eigene Darstellung nach Breuer et al., 2022)

Dazu gehören als Erstes Stress und Bedenken gegenüber der Innovation, da das eigene bisherige Handeln verändert werden müsste. Nach diesen Überlegungen ist die Motivation der

Lehrkraft entscheidend. Liegt eine hohe Motivation vor, die Innovation umzusetzen, muss die Lehrkraft über die benötigten Fähigkeiten und Möglichkeiten verfügen. Diese zeigen sich im Professionswissen der Lehrkraft und in den bestehenden Rahmenbedingungen. Sind die Fähigkeiten und Möglichkeiten nicht ausreichend oder liegt eine geringe Motivation vor, so kann es trotz eines hohen Bedarfs zu einer lediglich heuristischen Auseinandersetzung mit der Innovation kommen. Diese kann je nach Abwägung zu einer oberflächlichen Umsetzung im Unterricht oder zu einem Ausbleiben der Umsetzung führen. Sind die Fähigkeiten und Möglichkeiten der Lehrkraft hingegen ausreichend, findet eine systematische Auseinandersetzung mit der Innovation statt. Je nachdem wie gewinnbringend die Lehrkraft die Innovation einschätzt, kann es zu einer tiefgreifenden Umsetzung, einer oberflächlichen Umsetzung (z.B. aufgrund mangelnder Ressourcen in der konkreten Umsetzung) oder zu keiner Umsetzung kommen (Breuer et al., 2022).

Eine positive Einstellung, eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung, ein ausgeprägtes Professionswissen zu den Themen Inklusion und Digitalisierung und somit die Möglichkeit einer systematischen Auseinandersetzung können somit förderlich sein, die Handlungsintention hinsichtlich des Einsatzes digitaler Medien unter Berücksichtigung der individuellen Bedürfnisse der Schüler\*innen im Unterricht zu bestärken und somit das gewünschte Unterrichtsverhalten umzusetzen. Entsprechend müssen Fortbildungen für Lehrkräfte so gestaltet werden, dass nicht nur innovative Konzepte vorgestellt, sondern tiefgehende Prozesse in den Lehrkräften angestoßen werden, um die Handlungsintention zu stärken und zu einem gewünschten Verhalten zu führen.

#### **4.4 Lehrkräfteprofessionalisierung zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht zur Förderung der Inklusion**

Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung zum Einsatz digitaler Medien werden positiv von Lernerfahrungen aus universitären Lehrveranstaltungen beeinflusst, wie eine Studie von Vogelsang et al. (2019) mit über 600 Lehramtsstudierenden naturwissenschaftlicher Fächer zeigt. Der Einfluss von schulischen Lernerfahrungen hingegen scheint eher wahrgenommene Hürden für den Medieneinsatz zu reduzieren (ebd.). Außerdem beeinflusst ein konstruktives Mediennutzungsverhalten eher die Motivation, digitale Medien im Unterricht einsetzen zu wollen (ebd.). Wissen, pädagogische Einstellung, unterstützende Schulstruktur und Selbstwirksamkeitserwartung sind bei Lehrkräften untersuchte positive Einflussfaktoren auf die Motivation, digitale Medien in den Unterricht zu integrieren (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010). Auch zeigt sich eine positive Korrelation zwischen der Einstellung gegenüber digitalen Medien und der eigenen Einschätzung der Fähigkeiten für den Einsatz (Endberg & Lorenz, 2017). Die Einstellung zu digitalen Medien ist entsprechend ein entscheidender Einflussfaktor auf die Implementation von digitalen Medien in den Unterricht (Eickelmann & Vennemann, 2017).

Das für das unterrichtliche Handeln entscheidende Wissen ist das Professionswissen der Lehrkräfte, welches beispielsweise im TPACK-Modell (Graham et al., 2009) angepasst für den Einsatz digitaler Medien im Unterricht dargestellt wird. In Studien werden dabei oftmals Selbsteinschätzungen der Kompetenzen im jeweiligen Bereich abgefragt und keine Wissenstests vorgenommen. Entsprechend schätzen Lehrkräfte ihr Können selbst ein und geben an, wie sicher sie sich in gewissen Bereichen und im Ausführen von Tätigkeiten fühlen. Für den naturwissenschaftlichen Unterricht liegen bereits einige Befunde für die Einschätzung der TPACK-Dimensionen vor. Graham et al. (2009) zeigten, dass sich Lehrkräfte nach einer Langzeitintervention zum Einsatz digitaler Medien und Gestaltung von Biologie-/Erdkundeunterricht in allen technikbezogenen Komponenten des Modells besser einschätzten als vor der Intervention. Am stärksten schätzten sich die Lehrkräfte im Bereich TK ein, gefolgt von TPK, dann TPACK und schlussendlich TCK (Graham et al., 2009). Graham et al. (2009) begründeten diese Reihenfolge damit, dass TK die Voraussetzung für die anderen drei Bereiche ist und entsprechend am stärksten vertreten sein muss. Im Bereich TPK schätzten sich die Lehrkräfte deutlich stärker ein als im TCK, was Graham et al. (2009) damit begründeten, dass die Lehrkräfte sich sicherer fühlen im Umgang mit für den Unterricht entwickelten Technologien als mit forschungsbezogenen Technologien, und dass dieser Aspekt vor allem für den Großteil der Stichprobe relevant ist, da es sich überwiegend um Grundschullehrkräfte mit wenig Erfahrung im Forschungsbereich handelte. Mayer et al. (2021) zeigten, dass nach einer eintägigen Fortbildung Einsatz und Gestaltung digitaler Medien im Physikunterricht eine signifikante Steigerung der TPACK-Selbsteinschätzung erreicht werden konnte. Mit einem erhöhten TPACK ging jedoch nicht zwangsläufig eine höhere Akzeptanz des Einsatzes digitaler Medien einher (Mayer et al., 2021). Spezifische Vorerfahrungen zu digitalen Medien und deren Unterrichtseinsatz führten hingegen zu einer Steigerung der Akzeptanz, was nahelegt, dass durch die Fortbildung das eigene Vorwissen bezüglich digitaler Medien geschärft wird (ebd.). Der positive Zusammenhang zwischen hohem tatsächlichem TPACK (keine Selbsteinschätzung) und der Planung guten Biologieunterrichts wurde von von Kotzebue (2022) bei Studierenden belegt. Außerdem wurden Überzeugungen der Studierenden als Einflussfaktor auf die Planung guten Unterrichts identifiziert. Keinen signifikanten Einfluss zeigte die Selbsteinschätzung zu TPACK bei den Studierenden (von Kotzebue, 2022). Ebendiesen Zusammenhang zwischen Selbsteinschätzung und Performanz untersuchten auch Stinken-Rösner et al. (2023a) für Studierende des Physiklehramts und zeigten dabei, dass der Besuch eines Moduls zum Einsatz digitaler Medien im Physikunterricht zu einer Steigerung des selbsteingeschätzten TPACK (TPACK on action) zeigt. Die Analyse von Unterrichtsplanungen im Posttest wiesen ebenfalls auf ein erhöhtes TPACK in action hin, also der tatsächlichen Performanz in der Planung von Unterricht mit digitalen Medien (Stinken-Rösner et al., 2023a), im Gegensatz zu den Befunden von von Kotzebue (2022).

Auch im Bereich des inklusiven Unterrichts zeigen sich bedeutsamen Zusammenhänge zwischen der Selbstwirksamkeitserwartung, Einstellung und der Umsetzung inklusiver Praxis. Positiv auf die Einstellung von Lehramtsstudierenden zu Inklusion wirkt sich der Besuch von universitären Kursen über Inklusion aus (Miesera & Gebhardt, 2018; Miesera & Will, 2017; Scholz et al., 2010; Sharma, 2012), welche folglich einen reduzierenden Effekt auf Bedenken zu Inklusion zeigen (Sharma et al., 2008). Boyle et al. (2013) zeigen in einer Studie mit über 400 Lehrkräften, dass der direkte Kontakt zu Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf – auch im privaten Umfeld – einen positiven Einfluss auf die Einstellung hat, wie auch die Kontakthypothese (Cloerkes, 2007) postuliert. Kunz et al. (2010) fanden zudem zwei Unterfaktoren zur Einstellung zu Inklusion: Es wurden zum einen die schulische Förderung und Unterstützung als eine Komponente von Inklusionseinstellungen, und zum anderen soziale Aspekte von Inklusion identifiziert (Kunz et al., 2010). Zwischen der Einstellung zu Inklusion und der Selbstwirksamkeitserwartung im inklusiven Handeln besteht ebenfalls ein positiver Zusammenhang (Sharma & Jacobs, 2016). Negativen Einfluss auf die Implementation von inklusiver Unterrichtspraxis haben Bedenken zu Inklusion, die sich auf notwendige Ressourcen, Kompetenzen und persönliche Empfindungen wie Hilflosigkeit, Scham oder Frust beziehen (Forlin & Cooper, 2013). Lehrerinnen haben dabei eine positivere Einstellung zu Inklusion als ihre männlichen Kollegen (Sharma et al., 2008). Auch wirkt sich die Art und Schwere der Behinderung auf die Einstellung der Lehrkräfte aus, wobei mit steigender Schwere eine erhöhte Ängstlichkeit bei den Lehrkräften in Bezug auf inklusiven Unterricht zu beobachten ist (Avramidis & Norwich, 2002; Scholz et al., 2010). Einstellung und Bedenken bedingen sich dabei umgekehrt proportional (Sharma & Desai, 2002). Zur Verringerung von Bedenken tragen gutes Wissen über Inklusion, Erfahrungen mit Inklusion und positive Selbstwirksamkeit in der inklusiven Praxis bei (Sharma et al., 2007). Jordan et al. (2009) zeigen, dass eine positive Einstellung zu Inklusion mit einem effektiveren Unterricht für alle Schüler\*innen einhergeht. Positive Erfahrungen in inklusiven Settings wiederum wirken sich positiv auf die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung aus (Bosse & Spörer, 2014; Malinen et al., 2013). Die Selbstwirksamkeitserwartung hängt entsprechend eng mit der Einstellung zusammen, wobei ebenfalls das Wissen über Inklusion einen positiven Prädiktor darstellt (Ahsan et al., 2013).

In Bezug auf den Unterricht zeigt die Theorie des geplanten Verhaltens, dass Faktoren wie das Professionswissen, die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte eine große Rolle spielen für die Umsetzung bestimmter Handlungen im Unterricht. In einer kanadischen Interventionsstudie mit Lehrkräften und angehenden Lehrkräften zeigt sich eine signifikante Zunahme der inklusiven Ausgestaltung des Unterrichts nach der Einführung in das Universal Design for Learning (McGhie-Richmond & Sung, 2013). Lehrkräfte benötigen jedoch Unterstützung bei der Erstellung inklusiver Unterrichtsmaterialien (Großmann, et al., 2022).

Insgesamt bedarf es also einer verstärkten Integration von evidenzbasierten Praktiken für inklusives Unterrichten in die Lehrkräftebildung (Fränkel et al., 2023).

Zur Digitalisierung in der Schule formulierte die KMK (2016) Kompetenzen für die schulische Bildung und die Lehrkräftebildung zum Umgang mit digitalen Medien (KMK, 2016). Ziel dieser Maßnahme ist die Erziehung der Schüler\*innen zu mündigen, vorausschauenden, eigenständigen und verantwortungsbewussten Heranwachsenden in Bezug auf die Digitalisierung (ebd.). Dabei sind der kritische und bewusste Umgang mit digitalen Medien Kern der Kompetenzen (ebd.). Von Lehrkräften werden somit neben den bisher verlangten Qualifikationen auch Kompetenzen im Umgang mit digitalen Medien erwartet (ebd.). Der Monitor digitale Bildung zeigt jedoch, dass sich bisher nur etwa 15 % der Lehrkräfte als versierte Mediennutzer\*innen bezeichnen (Schmid et al., 2017). In Bezug auf inklusiven Unterricht gaben nur 13 % der Lehrkräfte an, eine Erleichterung durch digitale Medien im Unterricht zu verspüren (Schmid et al., 2017). In Bezug auf das Unterstützungspotential durch digitale Lernmedien sehen nur rund ein Drittel der befragten Lehrkräfte einen Mehrwert für die Schüler\*innen (ebd.). Zahlreiche Studien belegen einen positiven Einfluss auf die Lernleistung von Schüler\*innen durch adaptive digitale Tools (Hillmayr et al., 2017). Eine Integration metaanalytischer Befunde zeigt, dass digitale Medien, die zur kognitiven Aktivierung der Schüler\*innen genutzt werden, beziehungsweise kognitive Prozesse anregen, einen positiven Effekt auf den Lernerfolg der Schüler\*innen haben (Stegmann, 2020). Der Einsatz digitaler Medien ist jedoch nicht per se wirksam, es bedarf einer didaktischen Aufbereitung, die es den Schüler\*innen erlaubt, sich aktiv mit dem Lerngegenstand auseinander zu setzen (Nerdel & von Kotzebue, 2020). Nerdel und von Kotzebue (2020) stellen jedoch zusammenfassend fest, dass die häufigste Nutzung digitaler Medien im Unterricht auf Seiten der Lehrkräfte liegt und somit das volle Potential für den naturwissenschaftlichen Unterricht bei weitem nicht ausgeschöpft ist. Kramer et al. (2019) zeigen in einer Videostudie (Videos aus dem Schuljahr 2014/2015) eindrucksvoll, wie digitale Medien hauptsächlich im Biologieunterricht eingesetzt werden: In 74 von 85 Unterrichtsstunden wurden digitale Medien verwendet, davon jedoch in 66 Stunden allein durch die Lehrkraft. Lediglich drei Unterrichtsstunden konnten identifiziert werden, in denen digitale Medien tatsächlich effektiv eingesetzt wurden auf der Ebene der Augmentation des SAMR-Modells (Kramer et al., 2019). Auch im Bereich der Digitalisierung ist eine integrative Implementation von mediendidaktischen Inhalten in die Lehrkräftebildung sinnvoll und erforderlich, um die angehenden Lehrkräfte auf den Einsatz in der Schule vorzubereiten (Stinken-Rösner, 2021).

Bezogen auf die Inklusion, den inklusiven Unterricht unterstützt durch den Einsatz digitaler Medien, zeichnet sich folgendes Bild ab: Bislang wurden die beiden Linien Inklusion und Digitalisierung weitgehend getrennt voneinander betrachtet (Warmdt et al. 2023). Dennoch finden

sich in den Kompetenzstandards der KMK (2016) und in diversen Modellen zur Professionalisierung von Lehrkräften einige Zielformulierungen zur Kompetenz von Lehrkräften zur Gestaltung von inklusivem digital gestützten Unterricht (beispielsweise im DigCompEdu oder im DiKoLAN; siehe Kapitel 4.2). Um diesen Kompetenzerwartungen zum einen zu begegnen und zum anderen die beschriebenen Vorzüge digitaler Medien für einen inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht zu nutzen, gibt es bereits Konzepte, die sich mit inklusivem Unterricht beschäftigen (siehe Kapitel 3.3). Seminarkonzepte für Studierende zur Nutzung digitaler Medien für inklusiven Unterricht werden erprobt (z.B. Weidenhiller et al., 2019), Zieldimensionen des inklusiven Einsatzes digitaler Medien werden festgelegt (z.B. Stinken-Rösner & Abels, 2021; Fränkel & Schroeder, 2023) und Konzepte zur Unterrichtsplanung und Gestaltung werden evidenzbasiert erarbeitet (z.B. Stinken-Rösner & Abels, 2021). Konkret für den Biologieunterricht zeichnen sich bisher kaum Studien zur Professionalisierung von Lehrkräften für den inklusiven Unterricht ab (Fränkel & Schroeder, 2023).

## 5. Ziele und Forschungsfragen

Alle Schularten sind verpflichtet, inklusiv zu unterrichten und Schüler\*innen Kompetenzen zum Leben in einer digitalisierten Welt zu vermitteln. Einzelne Gymnasien in Bayern haben sich bereits auf Inklusion spezialisiert und tragen das Schulprofil Inklusion. Weitere Schulen tragen die Auszeichnung „MINT-freundliche Schule“ und/oder „Digitale Schule“. Der Zugang für Schüler\*innen zum Erkenntnisgewinnungsprozess in den Naturwissenschaften ist entscheidend für den Lernerfolg. Der Einsatz digitaler Medien kann beim naturwissenschaftlichen Arbeiten auf den Erkenntnisgewinnungsprozess fördernd wirken, und so soll entsprechend das digitale Medienset dazu genutzt werden. Der Einsatz digitaler Medien für einen inklusiven Fachunterricht ist von vielen Faktoren wie Ausstattung der Schule und der Umsetzung durch die Lehrkräfte abhängig. Dementsprechend ist die Erkenntnis über Prädiktoren für den Einsatz digitaler Medien und deren didaktische Aufbereitung für heterogene Klassen wichtig für die Kompetenzentwicklung von Lehrkräften in ihrer Aus- und Weiterbildung. Die Anwendung auf die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen für das Fach Biologie bietet dabei einen konkreten Anknüpfungspunkt an das fachspezifische Arbeiten und erweitert den Erkenntnisgewinnungsprozess der Schüler\*innen. Um sich diesen Herausforderungen stellen zu können, müssen die Lehrkräfte entsprechendes Professionswissen in verschiedenen Bereichen aufweisen: Inklusives Unterrichten, naturwissenschaftliches Arbeiten, Einsatz digitaler Medien, zusammengefasst inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht. Dieses Zusammenspiel lässt sich auf Grundlage des TPACK-Modells beschreiben. Nach der Theory of Planned Behavior ist Wissen ebenfalls ein wichtiger Hintergrundfaktor, der über die Bildung von Überzeugungen auf die Einstellung und die Selbstwirksamkeit einer Person Einfluss nimmt. Die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung einer Person wirken wiederum auf die Handlungsintention und somit auch auf das Unterrichtshandeln von Lehrkräften. Entsprechend stellt sich zum einen die Frage, ob Lehrkräftefortbildungen die Einstellung und die Selbstwirksamkeit der Lehrkräfte beeinflussen können, um den Einsatz digitaler Medien für einen inklusiven Biologieunterricht zu fördern; und zum anderen, inwiefern über das Wissen der Lehrkräfte Einfluss genommen werden kann. Außerdem gilt es explorativ zu prüfen, ob veränderte Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung tatsächlich zu einer Verhaltensänderung führen, also ob die Lehrkräfte die Innovationen aus der Fortbildung in den eigenen Unterricht implementieren. Entsprechend ergeben sich folgende Forschungsfragen für die vorliegende Studie:

**Inwiefern wirkt sich eine Lehrkräftefortbildung zu diklusivem Biologieunterricht auf die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte aus?**

**H1:** Die Lehrkräfte verbessern ihre Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen im zeitlichen Verlauf.

**H2:** Die Lehrkräfte verbessern ihre Einstellung zu Inklusion im zeitlichen Verlauf.

**H3:** Die Lehrkräfte verbessern ihre Einstellung zu digitalen Medien im zeitlichen Verlauf.

**Inwiefern wirkt sich die systematische Variation von Wissenspräsentation in den Bereichen Digitalisierung und Inklusion in einer Lehrkräftefortbildung zu diklusivem Biologieunterricht auf Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte aus?**

**H4:** Die thematische Schwerpunktsetzung bei Lehrkräftefortbildungen hat eine positive und differenzierte Auswirkung auf die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte in den TPACK-Dimensionen.

**H5:** Die thematische Schwerpunktsetzung bei Lehrkräftefortbildungen hat eine positive und differenzierte Auswirkung auf die Einstellung der Lehrkräfte.

**Inwiefern implementieren Lehrkräfte diklusive Innovationen aus der Lehrkräftefortbildungen in ihren Unterricht?**

# Empirischer Teil

## 6. Pilotierung

Zur Untersuchung der Forschungsfragen wurde ein Instrument entwickelt, das die Einstellungen zu den Schwerpunkten Inklusion und Digitalisierung sowie Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen erfasst. Die Pilotierung fand mit Studierenden des gymnasialen und beruflichen Lehramts statt. Der Fragebogen besteht aus 5 Teilen, um alle Dimensionen abzudecken, die in der Fortbildung angesprochen werden:

- personenbezogene Daten
- bisheriges Unterrichtsverhalten in Bezug auf digitale Medien und Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht
- Einstellung zu Inklusion in Anlehnung an Kunz et al. (2010)
- Einstellung zu digitalen Medien in Anlehnung an Vogelsang et al. (2019)
- Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen in Anlehnung an Graham et al. (2009) und eigene Skala

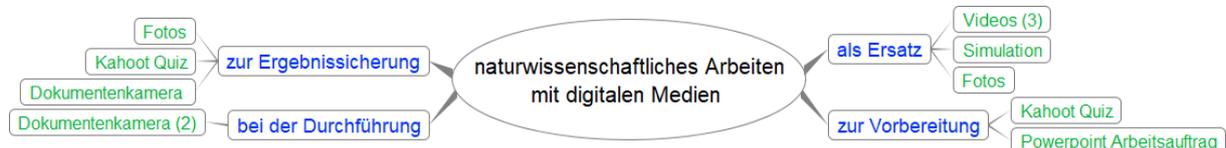
Der Fragebogen der Pilotierung ist im Anhang in Kapitel 13.1 einzusehen und wird in Kapitel 6.2 erläutert.

### 6.1 Stichprobe

Um die Skalen des Fragebogeninstruments zu den Konstrukten zu testen, fand eine Pilotierung mit Studierenden im April/Mai 2021 an der Technischen Universität München statt. Die Rekrutierung der Teilnehmer\*innen fand über die Veranstaltungen der Fachdidaktiken Biologie, Chemie und Mathematik an der Technischen Universität München statt.

An der Pilotierung nahmen 21 Studierende (14 weiblich, 7 männlich) teil. Die Teilnehmer\*innen waren im Durchschnitt 24 Jahre alt mit einer Spannweite von 18 Jahren bis 31 Jahren. 13 Studierende kamen aus dem Lehramt für Gymnasien mit den Fächerkombinationen: Biologie und Chemie (3), Mathematik und Physik (5), Mathematik und Chemie (5). 8 Studierende kamen aus dem Lehramt an beruflichen Schulen mit den Fächerkombinationen Ernährung- und Hauswirtschaftswissenschaften und Biologie (2) und Gesundheits- und Pflegewissenschaften und Biologie (6). 8 Studierende befanden sich zum Zeitpunkt der Befragung im Bachelorstudium und 13 Studierende im Masterstudium. Die Spannweite der Hochschulsemeister reichte von 2 bis 16, wobei der Mittelwert bei 8,29 Hochschulsemeestern lag. Alle Studierenden hatten bereits mindestens 1 Schulpraktikum, 15 Studierende bereits 2 Schulpraktika und 5 Studierende bereits 3 Schulpraktika durchlaufen. 4 Studierende hatten ihr Praktikum in einem nicht naturwis-

senschaftlichen Fach absolviert. Über die Pflichtpraktika hinaus gaben 9 Studierende an, bereits unterrichtend tätig gewesen zu sein. Zum naturwissenschaftlichen Arbeiten im Unterricht gaben 9 Studierende an, bereits mindestens einmal im eigenen Unterricht experimentiert zu haben, 7 Studierende hatten bereits beobachtet und 3 Studierende hatten mit den Schüler\*innen mikroskopiert. Dazu wurden in 11 Fällen digitale Medien genutzt (siehe Abbildung 14).



**Abbildung 14 Einsatz digitaler Medien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten (Studierende)**  
(eigene Darstellung)

10 Studierende hatten noch keine der genannten naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen im Unterricht eingesetzt. Unabhängig vom naturwissenschaftlichen Arbeiten gaben alle Studierenden an, digitale Medien im eigenen Unterricht eingesetzt zu haben in Form von Präsentationen (19), Videos/Audios nutzen (17), Quizzes und Umfragen (12), interaktiven Übungen und Apps (7), Videos/Audios produzieren (5), digitalen Postern und Pinnwänden (2), Online-Lernumgebungen nutzen (3) und weitere (5) wie Dokumentenkamera, geteilten Dokumenten und Internetrecherche. 16 Studierende gaben an, in ihrem Studium Veranstaltungen zum Thema Digitalisierung besucht zu haben. 15 Studierende gaben an, Veranstaltungen zum Thema Inklusion im Studium besucht zu haben, wobei 3 Studierende bereits wesentlich Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet hatten. Im eigenen Unterricht hatten bereits 8 Studierende differenziert (siehe Abbildung 15).



**Abbildung 15 Differenzierung im Unterricht (Studierende)**  
(eigene Darstellung)

## 6.2 Fragebogenentwicklung und Skaldokumentation

Der Fragebogen wurde digital über das Tool SociSurvey angeboten und der Link per Mail verteilt. 162 Klicks, inklusive doppelter Klicks, auf den Fragebogenlink wurden verzeichnet. 33 Fragebögen wurden ausgefüllt, davon 21 vollständig. Als vollständig wurden Fragebögen mit unter 10 % fehlenden Werten festgelegt.

### 6.2.1 Personenbezogene Daten

Die Abfrage der personenbezogenen Daten wurde an die Zielgruppe der Studierenden angepasst. Erfasst wurden Alter, Geschlecht, persönlicher Code, Hochschulsesemester, Fachsemester, Fächerkombination, Studienphase, absolvierte Schulpraktika, Unterrichtserfahrung, Studieninhalte zu digitalen Medien und zu Inklusion. Die Fragen mit Antwortkategorien sind im Anhang in Kapitel 13.4 zu finden.

### 6.2.2 Unterrichtsverhalten

Zum bisherigen unterrichtlichen Verhalten in Bezug auf digitale Medien und Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde bei den Studierenden zunächst abgefragt, ob sie bereits im eigenen Unterricht naturwissenschaftlich gearbeitet, bereits digitale Medien eingesetzt und welche Medien verwendet wurden, und ob sie bereits Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet haben. Des Weiteren wurde gefragt, inwiefern digitale Medien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten genutzt, im selbst gehaltenen Unterricht differenziert, und ob digitale Medien zur Differenzierung eingesetzt wurden, sowohl beim naturwissenschaftlichen Arbeiten als auch bei anderen Unterrichtsmethoden. Außerdem wurde eine Definition der Konstrukte Inklusion/Heterogenität und Digitalisierung abgefragt. Die Fragen mit Antwortkategorien sind im Anhang, Kapitel 13.4 zu finden.

### 6.2.3 Einstellung zu Inklusion

Quelle:	Kunz et al. (2010)
Anzahl der Items:	11 (3 negativ formuliert)
Antwortkategorien:	(1) Ich stimme überhaupt nicht zu, (2) Ich stimme nicht zu, (3) Ich stimme eher nicht zu, (4) Ich stimme eher zu, (5) Ich stimme zu, (6) Ich stimme vollkommen zu

Um die Einstellung zu Inklusion zu erheben, wurde der *Einstellung zur Integration* (EZI) Fragebogen von Kunz et al. (2010) verwendet, da es sich um ein gut getestetes und etabliertes Instrument handelt. Die Itemformulierung wurde größtenteils begrifflich angepasst, „Kinder“ durch den Terminus „Lernende“ ersetzt. Außerdem wurden Formulierungen gegendert, z.B.: „Mitschüler\*innen“. Die Skala basiert auf den englischsprachigen Skalen Parent Attitudes to Inclusion (PATI) und Teacher Attitudes to Inclusion (TATI) von Palmer et al. (1998) und Stanley et al. (2003). Der Fragebogen wurde von Kunz et al. (2010) an 672 Personen getestet. Darunter waren 110 Lehr- und Fachpersonen, 408 Eltern und 154 Studierende. Die Erhebung fand in der Schweiz in den Kantonen Graubünden und Zürich statt. In der Faktorenanalyse zeigten sich 2 Faktoren: Schulische Förderung und Unterstützung (Items: 9, 8, 10, 1, 5, 4, 6) und Soziale Integration (Items: 11, 2, 3, 7). Die Reliabilität betrug  $\alpha = 0,849$  (Kunz et al., 2010). Die

statistischen Kennwerte der Skala aus der Pilotierung befinden sich in Tabelle 2. Negative Items wurden für die Analyse umcodiert und sind mit *\_umc* gekennzeichnet. Die Reliabilität der Pilotierung ist gut nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,801$ . Die Trennschärpen der Items sind bis auf EI08 und EI09 über 0,3 (Blanz, 2015). Das bedeutet, dass diese beiden Items nicht so gut mit der Gesamtskala korrelieren wie gewünscht.

**Tabelle 2 Skala Einstellung zur Inklusion Pilotierung**

Item	M	SD	$r_{it}$	$\alpha$
EI02	4,00	1,22	0,53	0,777
EI03_umc	4,29	1,35	0,35	0,800
EI04_umc	4,29	1,06	0,50	0,782
EI05	3,95	1,12	0,52	0,780
EI06	4,33	1,02	0,42	0,790
EI07_umc	3,19	1,21	0,75	0,752
EI08	4,95	0,92	0,20	0,808
EI09	4,14	1,11	0,23	0,808
EI10	3,05	1,12	0,56	0,775
EI11	3,48	1,17	0,41	0,791
EI12	4,52	1,03	0,62	0,770
Skala Einstellung zu Inklusion			N = 21	M = 4,02
Skalenkürzel: EI		Cronbach's	$\alpha = 0,801$	SD = 0,65

<i>Item</i>	<i>Itemformulierung</i>
EI02	Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich die Qualität ihrer schulischen Förderung verbessert.
EI03	Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschüler*innen in ihrer Klasse schlecht behandelt.
EI04	Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie sich an der Schule alleine und ausgeschlossen fühlen.
EI05	Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in der Regelklasse unterrichtet werden, wiegen die Vorteile für die anderen Schüler die möglichen Schwierigkeiten dieser Praxis mehr als auf.
EI06	Es ist möglich, die meisten Lektionen und Materialien des Regelklassenunterrichts anzupassen, um besonderen pädagogischen Bedürfnissen gerecht zu werden.
EI07	Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen viel Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie nicht die Unterstützung erhalten, die sie eigentlich bräuchten.
EI08	Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie Freund*innen unter ihren Mitschülern finden.

- EI09 Die Qualität des Regelklassenunterrichts wird besser, wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen integriert sind.
- EI10 Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie dort auch alle Unterstützung erhalten, die sie sonst in einer Kleinklasse oder Sonderschule hätten.
- EI11 Der Regelklassenunterricht bietet für Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen bedeutsamere Lernmöglichkeiten als eine Kleinklasse oder Sonderschule.
- EI12 Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschüler\*innen ihrer Klasse gut behandelt.

### 6.2.4 Einstellung zu digitalen Medien

- Quelle: Vogelsang et al.(2019)
- Anzahl der Items: 10 (2 negativ formuliert)
- Antwortkategorien: (1) Ich stimme gar nicht zu, (2) Ich stimme weniger zu, (3) Ich stimme zu, (4) Ich stimme völlig zu

Zur Erhebung der Einstellung zu digitalen Medien wurde die Skala *Einstellungen zum Lernen mit digitalen Medien im Unterricht* von Vogelsang et al. (2019) verwendet. Der Fragebogen wurde übernommen. Die Skala basiert auf der Arbeit von Richter et al. (2001). Sie besteht aus 10 Items, von welchen 2 negativ formuliert sind. Der Fragebogen wurde von Vogelsang et al. (2019) im Rahmen einer Studie zur Theory of Planned Behavior an 603 Lehramtsstudierenden mit mindestens einem naturwissenschaftlichen Fach getestet. Durch eine Faktorenanalyse wurden die negativ formulierten Items aus der Skala ausgeschlossen. Die Reliabilität ohne die negativ formulierten Items betrug  $\alpha = 0,83$  (Vogelsang et al., 2019). In der Pilotierung werden die ursprünglichen 10 Items der Skala verwendet. Die statistischen Kennwerte der Skala befinden sich in Tabelle 3. Die Reliabilität ist gut nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,823$ . Die Trennschärfen der Items liegen über 0,3 (Blanz, 2015).

**Tabelle 3 Skala Einstellung zu digitalen Medien Pilotierung**

Item	M	SD	$r_{it}$	$\alpha$
ED01	3,33	0,80	0,39	0,821
ED02_umc	3,57	0,60	0,79	0,780
ED03_umc	2,76	0,89	0,37	0,828
ED04	3,14	0,48	0,54	0,807
ED05	2,95	0,74	0,65	0,790
ED06	3,19	0,60	0,46	0,811
ED07	3,29	0,64	0,58	0,799
ED08	2,86	0,57	0,54	0,804
ED09	2,90	0,70	0,42	0,816
ED10	3,10	0,62	0,52	0,805
Skala Einstellung zu digitalen Medien			N = 21	M = 3,11
Skalenkürzel: ED			Cronbach's $\alpha = 0,823$	SD = 0,42

<i>Item</i>	<i>Itemformulierung</i>
ED01	Digitale Medien sollten generell in den Lehrplänen der Schulen ein starkes Gewicht erhalten.
ED02	Der Einsatz digitaler Medien in den Schulen führt zu einer Verflachung des Unterrichtsniveaus.
ED03	Negative Folgen digitaler Medien für das Lernen werden unterschätzt.
ED04	Der Einsatz digitaler Medien ermöglicht in hohem Maße selbstbestimmtes Lernen.
ED05	Durch den Einsatz digitaler Medien können Schüler*innen besser zum Lernen motiviert werden.
ED06	Computer und digitale Medien eröffnen Spielräume für Kreativität beim Lernen.
ED07	Der Einsatz von digitalen Medien in der Schule sorgt dafür, dass Kinder gut auf das Berufsleben vorbereitet werden.
ED08	Das Lernen mit digitalen Medien ist eine effiziente Form des Lernens.
ED09	Mit digitalen Medien kann ich Unterricht adressatengerechter planen und anpassen.
ED10	Digitale Medien erlauben eine höhere Schüleraktivierung.

### **6.2.5 Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK Dimensionen**

Um die Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen zu messen, wurde die Skala von Graham et al. (2009) als Grundlage verwendet. Die Originalskala wurde vom Englischen ins Deutsche übersetzt und anschließend um neue Items erweitert. Die Antwortkategorien der Skala sind: „Überhaupt nicht sicher“, „Wenig sicher“, „Etwas sicher“, „sicher“, „sehr sicher“, „völlig sicher“, „nicht zutreffend“. Graham et al. (2009) testeten den Fragebogen mit 15 Lehrkräften im Prä-Postdesign mit Intervention. In der mehrtägigen Intervention ging es um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung, fachspezifische Pädagogik und biologisches/erdkundliches Fachwissen. Die Cronbachs Alpha-Reliabilitäten für die einzelnen Skalen lagen bei  $\alpha(\text{TPACK}) = 0,951$ ,  $\alpha(\text{TCK}) = 0,913$ ,  $\alpha(\text{TPK}) = 0,971$ ,  $\alpha(\text{TK}) = 0,922$  (Graham et al., (2009)). Die Teilnehmer\*innen verbesserten sich in allen Skalen signifikant nach der Intervention (ebd.).

## Skala TPACK

Quelle:	verändert und erweitert nach Graham et al. (2009)
Anzahl der Items:	8
Antwortkategorien:	(1) Überhaupt nicht sicher (2) Wenig sicher (3) Etwas sicher (4) Sehr sicher (5) Völlig sicher (-1) nicht zutreffend

Aus der Skala TPACK wurden 2 Items in ihrer übersetzten Form von Graham et al. (2009) übernommen (TP06, TP07). 4 Items wurden leicht verändert, indem Beispiele zum besseren Verständnis hinzugefügt wurden (TP02, TP03, TP04, TP05). 2 Items wurden der Skala neu hinzugefügt, um den Fokus auf Heterogenität/Inklusion in der Skala abzubilden. Diese sind mit \* gekennzeichnet. Es wird erwartet, dass die beiden neuen Items schwieriger zu bejahen sind, als die bestehenden Items, da sie eine spezifischere pädagogische Komponente in der Skala ansprechen. Insgesamt besteht die Skala aus somit aus 8 Items, die mit 5 Antwortkategorien beantwortet wurden und nicht wie im Originalfragebogen mit 6 Kategorien. Die statistischen Kennwerte der Skala aus der Pilotierung befinden sich in Tabelle 4. Die Reliabilität ist exzellent nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,922$ . Die Trennschärfen der Items liegen über 0,3 (Blanz, 2015).

**Tabelle 4 Skala TPACK Pilotierung**

Item	M	SD	$r_{it}$	$\alpha$
TP02	3,16	0,96	0,89	0,901
TP03	3,89	0,88	0,70	0,915
TP04	3,58	0,96	0,81	0,906
TP05	3,16	1,21	0,61	0,923
TP06	3,11	1,10	0,73	0,912
TP07	2,74	1,28	0,79	0,907
TP08*	3,00	1,00	0,77	0,909
TP09*	2,84	1,17	0,67	0,917
Skala TPACK			N = 19	M = 3,19
Skalenkürzel: TPACK			Cronbach's $\alpha = 0,922$	SD = 0,82

### *Item Itemformulierung*

TP02	Verwendung digitaler Medien um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Unterricht zu ermöglichen, z.B. Experimentieren und Modellieren
TP03	Verwendung digitaler Medien um themenspezifische wissenschaftliche Aktivitäten im Unterricht zu ermöglichen (z.B. Recherche, Untersuchungen/Beobachtungen durchführen)
TP04	Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen, um wissenschaftliche Daten zu sammeln (Datenerhebung)

- TP05 Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um wissenschaftliche Daten zu organisieren und Muster in diesen zu erkennen. (Datenauswertung)
- TP06 Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um ihre Fähigkeiten im Beobachten naturwissenschaftlicher Phänomene zu erweitern
- TP07 Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um Modelle von naturwissenschaftlichen Phänomenen zu erstellen und/oder zu ändern
- TP08\* Digitale Technologien nutzen, um eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise allen Schüler\*innen zugänglich zu machen
- TP09\* Verwendung digitaler Technologien, um Schüler\*innen mit besonderen Bedürfnissen das naturwissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen

### Skala TPK

- Quelle: verändert und erweitert nach Graham et al. (2009)
- Anzahl der Items: 6
- Antwortkategorien: (1) Überhaupt nicht sicher (2) Wenig sicher (3) Etwas sicher (4) Sicher (5) Sehr sicher (6) Völlig sicher (-1) nicht zutreffend

Aus der Skala TPK wurden 2 Items in ihrer übersetzten Form von Graham et al. (2009) übernommen (TP20, TP22). Ein Item wurde leicht verändert, indem Beispiele hinzugefügt wurden (TP21). Der Skala wurden 3 neue Items hinzugefügt, um den Aspekt der Differenzierung mit digitalen Medien in der Skala abzubilden. Diese sind mit \* gekennzeichnet. Erwartet wird, dass die Items in aufsteigender Reihenfolge an Schwierigkeit zunehmen, da die genannten Differenzierungsaspekte mit zunehmender Komplexität einhergehen. Das Differenzieren von Aufgaben wird dabei als leichter betrachtet, als das Konzipieren von digitalen gestuften Lernhilfen, bzw. das Differenzieren von Inhalten. Die statistischen Kennwerte der Skala aus der Pilotierung befinden sich in Tabelle 5. Die Reliabilität ist gut nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,841$ . Die Trennschärfen der Items liegen über 0,3 (Blanz, 2015).

**Tabelle 5 Skala TPK Pilotierung**

Item	M	SD	$r_{it}$	$\alpha$
TP20	4,50	1,19	0,55	0,831
TP21	4,15	0,93	0,37	0,858
TP22	4,00	1,03	0,79	0,781
TP23*	3,75	1,07	0,57	0,825
TP24*	3,70	1,08	0,80	0,778
TP25*	3,55	1,10	0,66	0,808
Skala TPK			N = 20	M = 3,94
Skalenkürzel: TPK			Cronbach's $\alpha = 0,841$	SD = 0,78

Item	Itemformulierung
TP20	Verwendung digitaler Technologien, um die Präsentation von Inhalten für die Lernenden zu verbessern
TP21	Verwendung digitaler Technologien, um Lernende kognitiv zu aktivieren (Vorwissen aktivieren, problemlösender Unterricht, etc.)
TP22	Verwendung digitaler Technologien, um den Lernfortschritt der Lernenden zu erfassen
TP23*	Verwendung digitaler Technologien, um verschiedene Schwierigkeitsgrade von Aufgaben zur Verfügung zu stellen
TP24*	Verwendung digitaler Technologien für gestufte Lernhilfen
TP25*	Verwendung digitaler Technologien zur Differenzierung von Inhalten

### Skala TCK

Quelle:	verändert und erweitert nach Graham et al. (2009)
Anzahl der Items:	7
Antwortkategorien:	(1) Überhaupt nicht sicher (2) Wenig sicher (3) Etwas sicher (4) Sicher (5) Sehr sicher (6) Völlig sicher (-1) nicht zutreffend

Aus der Skala TCK von Graham et al. (2009) wurden 4 Items in ihrer übersetzten Form übernommen (TP26, TP27, TP28, TP29). Um den Fokus auf verschiedene naturwissenschaftliche Arbeitsweisen zu legen, wurden der Skala 3 neue Items hinzugefügt. Diese sind mit \* gekennzeichnet. Erwartet wird, dass das Experimentieren schwieriger zu bejahen sein wird für die Teilnehmer\*innen als das Mikroskopieren oder Beobachten, da es deutlich mehr zu beachtende Aspekte gibt beim digitalen Experimentieren. Die statistischen Kennwerte der Skala aus der Pilotierung sind in Tabelle 6 dargestellt. Die Reliabilität ist exzellent nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,903$ . Die Trennschärfen der Items liegen über 0,3 (Blanz, 2015).

**Tabelle 6 Skala TCK Pilotierung**

Item	M	SD	rit	$\alpha$
TP26	3,53	1,50	0,80	0,878
TP27	4,12	1,22	0,54	0,907
TP28	3,06	1,30	0,85	0,872
TP29	2,88	1,36	0,90	0,866
TP30	3,76	1,20	0,77	0,883
TP31	4,18	1,19	0,59	0,902
TP32	3,12	1,11	0,55	0,905
Skala TCK			N = 17	M = 3,45
Skalenkürzel: TCK	Cronbach's		$\alpha = 0,903$	SD = 0,99

<i>Item</i>	<i>Itemformulierung</i>
TP26	Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis zur Beobachtung von sonst schwierig beobachtbaren Phänomenen
TP27	Verwendung digitaler Technologien, die es Wissenschaftlern erlauben, natürliche Vorgänge in Zeitlupe oder im Zeitraffer darzustellen
TP28	Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis zur Aufnahme von Daten, die sich andernfalls schwer erfassen lassen
TP29	Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis um Daten zu organisieren und Muster darin zu erkennen, die andernfalls schwer zu erkennen wären
TP30*	digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Experimentieren)
TP31*	digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Beobachten)
TP32*	digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Mikroskopieren)

### Skala TK

Quelle:	verändert und erweitert nach Graham et al. (2009)
Anzahl der Items:	10
Antwortkategorien:	(1) Überhaupt nicht sicher (2) Wenig sicher (3) Etwas sicher (4) Sicher (5) Sehr sicher (6) Völlig sicher (-1) nicht zutreffend

Aus der Skala TK von Graham et al. (2009) wurden 6 Items in ihrer übersetzten Version übernommen (TP33, TP34, TP35, TP36, TP37, TP38). Um neuere digitale Medien darzustellen, wurden 4 Items ergänzt. Es wird erwartet, dass die neueren digitalen Medien eBook, Shared Document, digitale Feedbackeinheit und künstliche Intelligenz schwieriger zu bejahen sind für die Lehrkräfte als die bereits etablierten Medien, da diese im Unterrichtsgeschehen noch nicht zwingend etabliert sind und entsprechend weniger oft verwendet werden könnten.

Die statistischen Kennwerte der Skala aus der Pilotierung befinden sich in Tabelle 7. Die Reliabilität ist akzeptabel nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,748$ . Die Trennschärfen der Items liegen über 0,3 (Blanz, 2015).

Tabelle 7 Skala TK Pilotierung

Item	M	SD	$r_{it}$	$\alpha$
TP33	5,78	0,43	0,32	0,745
TP34	5,67	0,59	0,43	0,734
TP35	4,22	1,11	0,36	0,734
TP36	5,06	1,16	0,34	0,737
TP37	5,28	1,02	0,61	0,702
TP38	4,72	1,18	0,48	0,717
TP39*	2,56	1,38	0,42	0,727
TP40*	3,61	1,69	0,57	0,701
TP41*	3,61	1,50	0,38	0,737
TP42*	2,00	1,03	0,36	0,734
Skala TK			N = 18	M = 4,28
Skalenkürzel: TK			Cronbach's $\alpha = 0,748$	SD = 0,66

*Item*    *Itemformulierung*

TP33	Eine einfache Präsentation mit PowerPoint oder ähnlichen Programmen erstellen
TP34	Ein Dokument mit Text und Abbildungen in einem Textverarbeitungsprogramm erstellen
TP35	Den Umgang mit einem neuen Programm selbst erlernen
TP36	Ein neues Programm installieren, das Sie verwenden wollen
TP37	Ein digitales Foto aufnehmen und anpassen
TP38	Einen Videoclip erstellen und anpassen
TP39*	Erstellen und Anpassen eines eBooks
TP40*	Erstellen eines Shared-Documents
TP41*	Erstellen einer digitalen Feedback-Einheit
TP42*	Erkennen von Anwendungen künstlicher Intelligenz

Skala DILAS

Quelle:	Eigene Skala
Anzahl der Items:	9
Antwortkategorien:	(1) Überhaupt nicht sicher (2) Wenig sicher (3) Etwas sicher (4) Sicher (5) Sehr sicher (6) Völlig sicher (-1) nicht zutreffend

Die Skala Digitally Supported Inquiry Learning for all Students (DILAS) wurde entwickelt, um konkrete TPACK-Komponenten für die Inhalte der Fortbildung abzufragen. Am Anfang der Skala wählen die Studierenden/Lehrkräfte die naturwissenschaftliche Arbeitsweise, die sie am häufigsten im Unterricht einsetzen. Es stehen *Experimentieren/Modellieren* oder *Beobachten/Mikroskopieren* zur Auswahl. Die Items sind in zwei Strängen angelegt. Der erste Strang variiert in der Heterogenität der Schüler\*innen (TP11 – TP14). Dabei bleiben die digitalen Medien konstant. Die Heterogenität wird in vier verschiedenen Ausprägungen beschrieben, dem weiten Inklusionsverständnis folgend: leistungshomogen (TP11), leistungsheterogen (TP12), Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf Sehen, Hören, Autismus (TP13), Schüler\*innen mit sonderpädagogischen Förderbedarf emotionale und soziale Entwicklung, bzw. ADHS (TP14). Diese Einteilung wurde vorgenommen, um eine Abstufung der Heterogenität zu erreichen. Erwartet wird dabei, dass das Item TP11 am einfachsten zu bejahen ist, gefolgt von Item TP12, da diese Szenarien von leistungshomogenen und leistungsheterogenen Klassen jedem Studierenden und jeder Lehrkraft bekannt sein sollten. Die Items TP13 und TP14 werden als gleich schwer eingestuft, da es hier darauf ankommt, ob die Teilnehmer\*innen bereits Erfahrung mit Schüler\*innen mit verschiedenen (sonderpädagogischen) Förderbedarfen mitbringen. Der zweite Strang variiert in der Art des Medieneinsatzes (TP15-TP19). Dabei bleibt die Heterogenität der Schüler\*innen konstant. Die digitalen Medien werden wie folgt untergliedert, was auch einer steigenden Schwierigkeit der Items entsprechen sollte. Die Spanne reicht vom naturwissenschaftlichen Arbeiten ohne digitale Medien (TP15) über digitale Medien als Anleitung (TP16), digitale Medien zur Beobachtungserfassung (TP17), digitale Medien zur Messwerterfassung (TP18) bis hin zu digitalen Medien als Alternative (TP19). Die statistischen Kennwerte der Skala aus der Pilotierung befinden sich in Tabelle 8. Die Reliabilität ist exzellent nach Blanz (2015) mit  $\alpha = 0,911$ . Die Trennschärfen der Items liegen über 0,3 (Blanz, 2015).

**Tabelle 8 Skala DILAS Pilotierung**

Item	M	SD	$r_{it}$	$\alpha$
TP33	5,78	0,43	0,32	0,745
TP34	5,67	0,59	0,43	0,734
TP35	4,22	1,11	0,36	0,734
TP36	5,06	1,16	0,34	0,737
TP37	5,28	1,02	0,61	0,702
TP38	4,72	1,18	0,48	0,717
TP39	2,56	1,38	0,42	0,727
TP40	3,61	1,69	0,57	0,701
TP41	3,61	1,50	0,38	0,737
TP42	2,00	1,03	0,36	0,734
Skala DILAS			N = 18	M = 4,28

## Item Itemformulierung

Experimentieren/Modellieren oder Beobachten/Mikroskopieren...

- TP11 mit Hilfe digitaler Medien in homogenen Klassen  
(Schüler\*innen ungefähr auf gleichem Leistungsniveau)
- TP12 mit Hilfe digitaler Medien in leistungsheterogenen Klassen  
(sehr starke und sehr schwache Schüler\*innen vertreten)
- TP13 mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit Inklusionsschülern  
(Förderschwerpunkte Sehen, Hören, Autismus)
- TP14 mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit verhaltensauffälligen Schüler\*innen  
(ADHS, Emotional-soziale Entwicklung)
- TP15 ohne digitale Medien in heterogenen Klassen
- TP16 mit Hilfe von digitalen Medien als Anleitung (Videos etc.) in heterogenen Klassen
- TP17 mit Hilfe von digitalen Medien zur Erfassung der Beobachtung in heterogenen Klassen
- TP18 mit Hilfe von digitaler Messwerterfassung in heterogenen Klassen
- TP19 im digitalen Raum ohne Laborpraxis in heterogenen Klassen

### 6.5.6 Statistischer Überblick

Die Güte der Skalen wurde anhand der klassischen Testtheorie überprüft. Dazu wurde die Reliabilität der Skalen ermittelt und die Trennschärfe der Items betrachtet. In Tabelle 9 sind die psychometrischen Daten der Skalen im Überblick dargestellt.

**Tabelle 9 Deskriptive Statistik der Skalen in der Pilotierung**

Skala	N	M	SD	$\alpha$	möglicher Bereich	beobachteter Bereich
Einstellung Digitale Medien	21	3,1095	0,41822	0,823	1 – 4	2,1 – 4,0
Einstellung Inklusion	21	4,0173	0,65089	0,801	1 – 6	2,9 – 5,5
TPACK	21	3,1893	0,82265	0,922	1 – 5	1,9 – 5,0
DILAS	16	3,2917	0,86911	0,911	1 – 6	1,9 – 5,4
TPK	21	3,9444	0,77877	0,841	1 – 6	2,8 – 6,0
TCK	21	3,4535	0,98652	0,903	1 – 6	1,9 – 6,0
TK	21	4,2775	0,65865	0,748	1 – 6	3,5 – 5,6

Anmerkungen: Unterschiede in der Stichprobengröße kommen durch fehlende Werte zustande.  $\alpha$  = Cronbachs  $\alpha$

### **6.3 Diskussion**

Alle Skalen außer die Skala TK zeigen mindestens gute Reliabilitäten mit  $\alpha > 0,8$  nach Blanz (2015). Die Skala TK liegt mit  $\alpha = 0,748$  im akzeptablen Bereich. Einzig zwei Items der Skala Einstellung zu Inklusion wiesen eine etwas zu geringe Trennschärfe auf. Diese verbleiben dennoch im Fragebogen und werden in der Hauptstudie erneut auf Auffälligkeiten untersucht. Die Lehramtsstudierenden der Pilotierung studierten mindestens ein MINT-Fach, vorzugsweise Biologie. Knapp die Hälfte hatte naturwissenschaftliche Arbeitsweisen bereits im eigenen Unterricht eingesetzt. Somit sind wichtige Voraussetzungen für die Beantwortung des Fragebogens gegeben und die Skalen konnten an der Stichprobe getestet werden. Insgesamt werden die Skalen daher für die Hauptstudie unverändert übernommen.

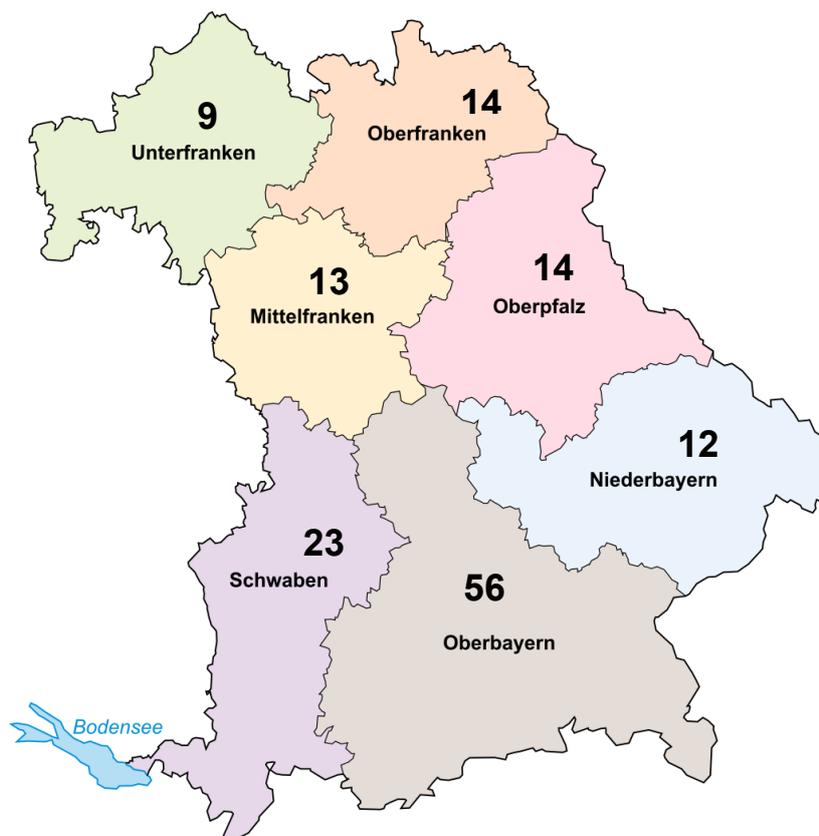
## 7. Hauptstudie

### 7.1 Stichprobe

An der Hauptstudie nahmen insgesamt 141 Biologielehrkräfte aus Bayern teil. Die Rekrutierung der Teilnehmer\*innen für die Studie erfolgte hauptsächlich per E-Mail. Der Schulverteiler umfasste alle Gymnasien und alle Fachoberschulen (FOS/BOS) in Bayern. So kann eine qualitative Breite der Schulprofile, Ausstattung der Schule und Regierungsbezirke gewährleistet werden. Die Fortbildung wurde über das Portal FIBS (Fortbildungen in bayerischen Schulen) angeboten. Das Anschreiben an die Schulen und an die Lehrkräfte ist im Anhang in den Kapiteln 13.8 und 13.9 zu finden. Die Lehrkräfte verteilten sich auf alle Regierungsbezirke Bayerns wie in Abbildung 16 dargestellt ist. Bezogen auf die Bevölkerungsdichte des jeweiligen Regierungsbezirks ist die Verteilung relativ ausgewogen über Bayern verteilt (Tabelle 10).

**Tabelle 10 Teilnehmer\*innen der Fortbildung im Vergleich zum Bevölkerungsanteil nach Regierungsbezirk**

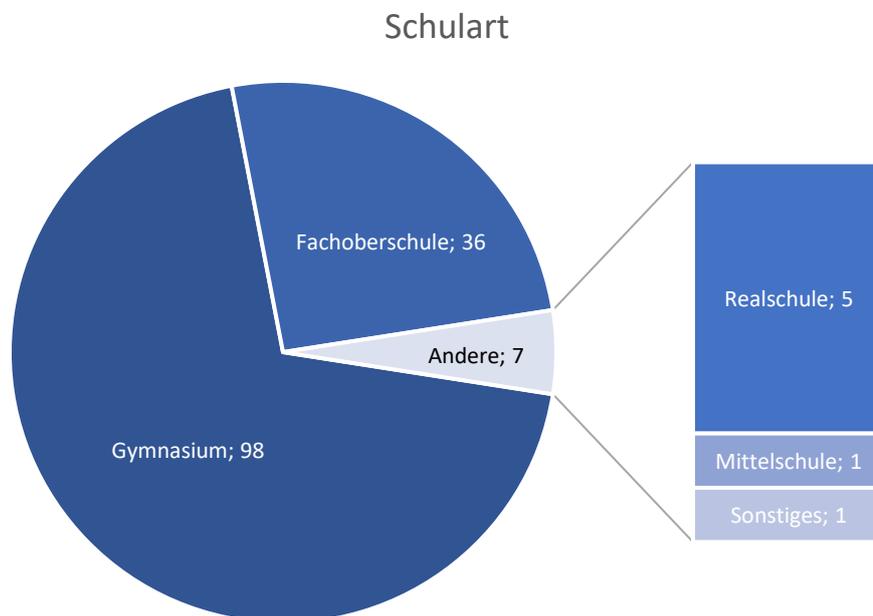
	Oberbayern	Niederbayern	Oberpfalz	Oberfranken	Mittelfranken	Unterfranken	Schwaben
Bevölkerung [%]	35,9	9,5	8,5	8,1	13,5	10,0	14,6
Teilnehmer*innen [%]	39,7	8,5	9,9	9,9	9,2	6,4	16,3



**Abbildung 16 Teilnehmer\*innen aufgeteilt nach Regierungsbezirken**

verändert nach: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bayern\\_Regierungsbezirke.svg?uselang=de](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bayern_Regierungsbezirke.svg?uselang=de)

Die Schulen verteilten sich wie in Abbildung 17 dargestellt auf die verschiedenen Schularten. Den größten Anteil stellten Gymnasiallehrkräfte mit 69,5 %, gefolgt von Fachoberschullehrkräften mit 25,5 %. 116 der Teilnehmer\*innen waren weiblich, 25 waren männlich.



**Abbildung 17** Verteilung der Teilnehmer\*innen nach Schulart

### 7.1.1. Gematchte Stichproben

Für die Analysen werden die Teilnehmer\*innen betrachtet, die sowohl den Prätest als auch den Posttest (siehe Kapitel 7.2.1) ausgefüllt haben und zudem zueinander zuordenbar sind. Von den 141 Teilnehmer\*innen der Fortbildung trifft das auf 54 Personen zu. Das entspricht einer Quote von 38,3 %. Die restlichen 18 Posttests konnten keinem Prätest eindeutig zugeordnet werden, da die Teilnehmer\*innen nicht die gleichen Codes verwendet hatten. Sie werden entsprechend aus der Analyse ausgeschlossen. In Tabelle 11 sind die Teilnehmer\*innen zudem nach Experimentalgruppen der Studie aufgeschlüsselt.

**Tabelle 11** Teilnehmer\*innen Befragung

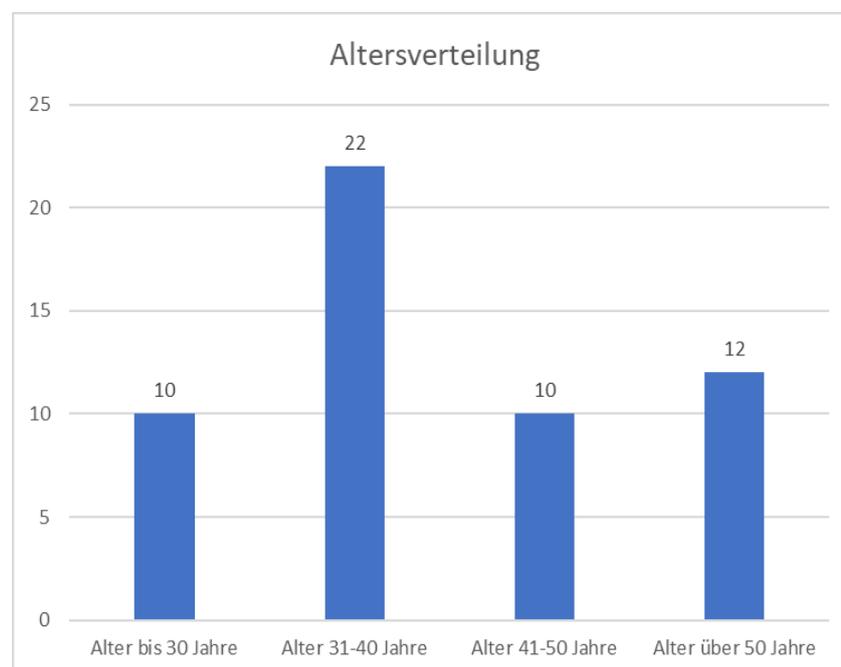
	Digitale Medien	Inklusion	Integriert	total
Teilnehmer*innen	40	43	58	141
Posttest (Matchend mit Prätest)	22 (17)	25 (17)	24 (20)	72 (54)

40 Personen gaben an, an Gymnasien, 15 Personen an FOS/BOS und 3 Personen an Realschulen zu unterrichten. Die Überschneidungen liegen zwischen Gymnasium und FOS/BOS. 4 Personen gaben an, sowohl am Gymnasium, als auch an der FOS/BOS zu unterrichten. Da eine Zuordnung der Datensätze zu den Teilnehmer\*innen nicht möglich ist, kann nicht ermittelt

werden, ob diese Überschneidung gewollt oder irrtümlich ist. 9 Teilnehmer\*innen unterrichteten an einer Schule mit Schulprofil Inklusion und 11 Lehrkräfte gaben an, an einer Schule mit Schwerpunkt Digitalisierung zu unterrichten.

Alle Lehrkräfte unterrichteten das Fach Biologie. 47 von ihnen gaben an, ein MINT-Fach als weiteres Fach zu unterrichten. In der Unterstufe unterrichteten 36 der befragten Lehrkräfte, 34 in der Mittelstufe und 39 in der Oberstufe.

Von den 54 Teilnehmer\*innen gaben 44 weiblich und 9 männlich als Geschlecht an. Eine Person machte keine Angabe; divers wurde nicht gewählt. Die Altersverteilung der Stichprobe ist in Abbildung 18 dargestellt. Es zeigt sich eine Häufung von Personen im Alter zwischen 31 und 40 Jahren. Die anderen Alterskategorien verteilen sich gleichmäßig.



**Abbildung 18 Altersverteilung in der Stichprobe**

Nur 12 der Teilnehmer\*innen gaben an, bereits im Studium Inhalte zur Digitalisierung gelernt zu haben. Dazu nannten sie u.a. die Nutzung von Plattformen wie Mebis und Apps (2), digitale Experimente, Visualisierung von Experimenten, Mediendidaktik (2), Umgang mit Whiteboards (3) und die Gestaltung von Lehr-/Lernvideos (2). Zudem gaben 11 Lehrkräfte an, im Studium bereits Inhalte zu Inklusion gehört zu haben. Dazu nannten sie u.a. Herausforderungen und Chancen, Inklusion allgemein (4), Menschen mit Beeinträchtigung am Arbeitsmarkt, Schule und Kinderbetreuung, Schüler\*innen mit körperlichen Beeinträchtigungen, Resilienz. Eine Person gab zudem an, Inklusion im Referendariat behandelt zu haben.

16 Personen gaben an, bis 5 Jahre Lehrerfahrung in der Schule zu haben; 21 Personen gaben an, 6 – 15 Jahre Lehrerfahrung zu haben und 17 Personen gaben an, bereits über 15 Jahre zu unterrichten. 35 der Lehrkräfte gaben an, bereits mindestens eine Fortbildung zum Thema

digitale Medien besucht zu haben. Dazu nannten sie u.a. digitale Plattformen wie Mebis (15), Konferenztools (11), Rechtliche und ethische Aspekte der Mediennutzung (6), Gestaltung von online Unterricht (4), Lehr-/Lernvideos (4), LearningApps (3), VR/AR Apps (3), Selbstlernkurs der ALP Dillingen (3), Tableteinsatz (2), eBooks (2), Kollaboratives Arbeiten, Binnendifferenzierung mit QR-Codes, digitale Messwerterfassung, Umfragetools und sonstige Tools (7). 10 Lehrkräfte gaben an, bereits Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet zu haben. Sie nannten folgende Beeinträchtigungen: Autismus (6), Hören (2), Legasthenie, ADHS/ADS (2), Mutismus, körperlich motorische Entwicklung, Sehen. 10 Personen gaben an, bereits mindestens eine Fortbildung zum Thema Inklusion besucht zu haben. Dazu nannten sie u.a. Autismus (5), Hörbeeinträchtigungen (2), sprachsensibler Unterricht, Sehbeeinträchtigungen, Legasthenie, Mutismus, Borderline-Syndrom und Rechtliche Aspekte von Inklusion.

Naturwissenschaftliches Arbeiten wird von den Lehrkräften unterschiedlich oft im Unterricht praktiziert. Abbildung 19 bietet einen Überblick über die Häufigkeit der Tätigkeit über alle Biologieklassen hinweg, gemittelt zum Zeitpunkt der Präbefragung. Beobachten ist demnach die häufigste Arbeitsweise, die im Unterricht eingesetzt wird, gefolgt vom Experimentieren. 31 Personen gaben zudem an, beim Experimentieren digitale Medien einzusetzen, 36 beim Beobachten und 29 beim Mikroskopieren. Am häufigsten wurde dabei der Einsatz von Videos (36), Fotos (29) und Apps (10) genannt. Die Mindmap gibt einen Gesamtüberblick über den Medieneinsatz der Lehrkräfte (Abbildung 20). Die Zahlen in Klammern stehen dabei für die Häufigkeit der Nennung. Unter dem Punkt Sonstiges sind in der Mindmap selten genannte Medien aufgeführt, darunter auch der Umgang mit Tabellenkalkulationsprogrammen (1) und die digitale Messwerterfassung (5).

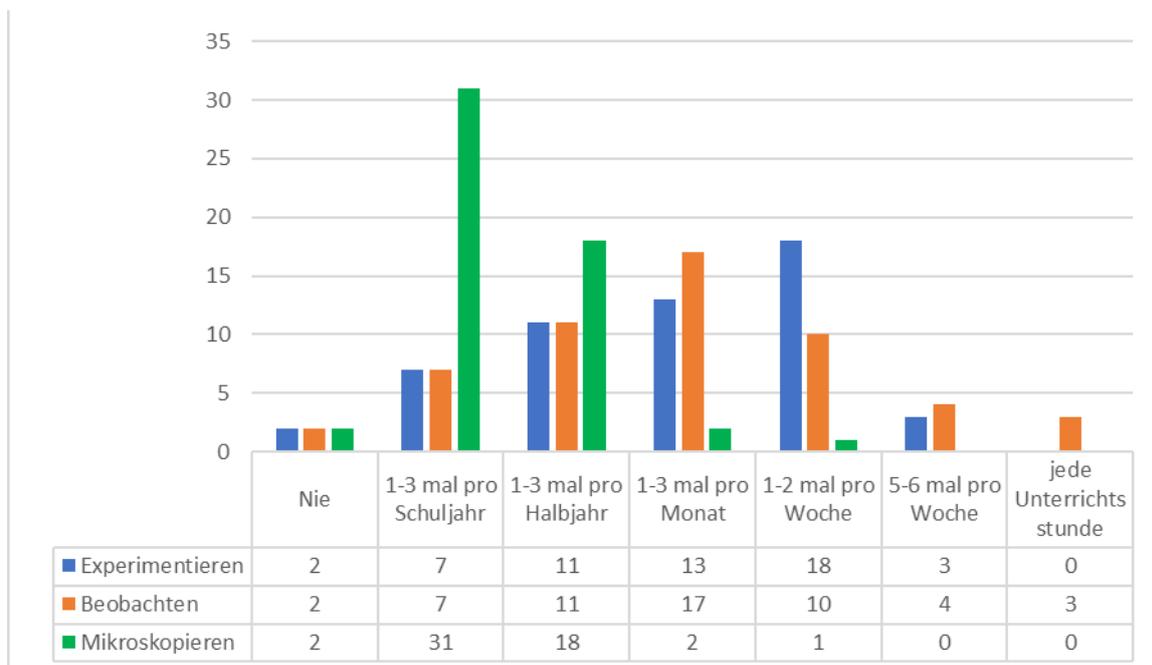


Abbildung 19 Häufigkeit naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht

Von den 54 Lehrkräften gaben 24 Lehrkräfte an, in ihrem Unterricht zu differenzieren. Am häufigsten genannt wurde die Differenzierung von Aufgaben (7), Texten (2), Arbeitsblättern, sowie blindengerechtes Material, gestufte Hilfen (10), Bildung heterogener Schüler\*innengruppen und Zusatzaufgaben für Schnelle/Leistungsstarke (7). Beim naturwissenschaftlichen Arbeiten zu differenzieren bejahten 9 Lehrkräfte. Sie nannten u.a. verschiedene Beobachtungs- oder Arbeitsaufträge (3), Zusatzexperimente und Aufgaben für Schnelle (3), gestufte Hilfen und Anleitungen (2) und Mikroskopieren mit unterschiedlichen Präparaten.



Abbildung 20 Mindmap Mediennutzung der Lehrkräfte beim naturwissenschaftlichen Arbeiten

14 der Lehrkräfte nutzten für die Differenzierung bereits digitale Medien in Form von digitalen Hilfekarten/Apps, z.B. über QR-Codes zur Verfügung gestellt (5), Lernapps (4), digitalen Zusatzaufgaben (3) und Simulationen. Beim naturwissenschaftlichen Arbeiten gaben jedoch nur 3 Lehrkräfte an, mit Hilfe von digitalen Medien zu differenzieren. Sie nannten LearningApps und Learningsnacks, sowie digitale Hilfestellungen, Videos und Simulationen.

### **7.1.2. Follow-Up-Interview**

Die Interviews wurden mit 13 Biologielehrkräften geführt, die sich freiwillig zurückgemeldet hatten. Davon waren 11 Lehrkräfte weiblich und 2 Lehrkräfte männlich. Das Alter der Lehrkräfte zum Zeitpunkt des Interviews erstreckt sich über eine Spanne von 28 Jahre bis 59 Jahre. Im Mittel waren die Lehrkräfte 43,3 Jahre alt. Die Schularten der Lehrkräfte verteilen sich wie folgt: 1 x Realschule, 4 x Fachoberschule, 8 x Gymnasium. 6 Lehrkräfte haben zwischen der Intervention und dem Interview an anderen Fortbildungen zum Thema Inklusion oder Digitalisierung teilgenommen.

## **7.2 Material und Methoden**

### **7.2.1 Fragebogen und Interviewleitfaden**

#### **Fragebogen**

##### Skalen

Für die Hauptstudie wurden die in der Pilotierung verwendeten Skalen zur Einstellung zu Inklusion, Einstellung zu digitalen Medien und Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen aufgrund der guten Reliabilitäten übernommen. Es fanden keine Änderungen daran statt. Die Items sind in Kapitel 6.2 beschrieben.

##### Personenbezogene Angaben

Bei den Lehrkräften wurden Alter, Geschlecht, Fächerkombination, Schulart, Schulprofil Inklusion oder digitale Medien, Lehrerfahrung, Biologieklassen im laufenden Schuljahr und Klassenstufen erhoben. Die Fragen und Antwortkategorien sind im Anhang unter Kapitel 13.6 zu finden.

##### Unterrichtsverhalten

Bei den Lehrkräften wurde erhoben, wie oft sie über alle Klassenstufen hinweg die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen Experimentieren, Beobachten und Mikroskopieren im Fach Biologie einsetzen, ob sie dabei digitale Medien nutzen und wenn ja welche. Zudem wurde er-

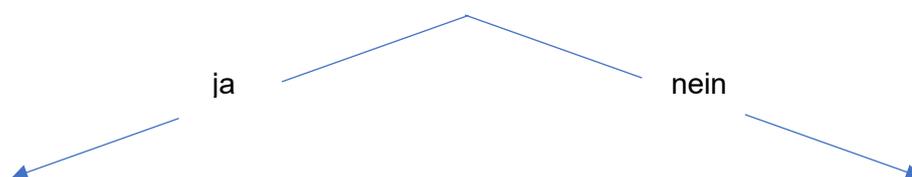
hoben, ob die Lehrkräfte bereits Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet haben, ob und wie sie im Unterricht differenzieren, und ob und wie sie dazu digitale Medien auch beim naturwissenschaftlichen Arbeiten nutzen. Außerdem wurde abgefragt, ob die Lehrkräfte vor der Fortbildung bereits andere Fortbildungen zu digitalen Medien oder zum Thema Inklusion besucht hatten und welche Inhalte dort behandelt wurden, bzw. ob diese Themenkomplexe bereits im Studium abgebildet wurden. Auch wurde eine persönliche Definition von Inklusion/Heterogenität und Digitalisierung abgefragt. Die Fragen und Antwortkategorien sind im Anhang unter Kapitel 13.6 zu finden.

### Interviewleitfaden

Um den tatsächlichen Einsatz der Inhalte in den Unterricht im Anschluss an die Fortbildungen zu ermitteln, wurden zusätzlich halbstandardisierte, leitfadengestützte Interviews geführt (siehe Kapitel 7.2.7). Das Interview bestand aus zwei Teilen und begann bei Frage (1) mit einem offenen Erzählimpuls zur Fortbildung (Helfferich, 2014). Der Impuls lenkte auf den Fokus des Interviews, das Apfelexperiment. Somit wurde der erste Teil des Interviews durch die immanente Nachfrage (2) eröffnet. Je nachdem wie gut der Erzählimpuls angenommen wurde, wurden die immanenten Nachfragen (3a) bis (3d) oder (4a) bis (4b) gestellt, um die Beantwortung der Forschungsfrage zu gewährleisten (ebd.). Je nachdem, ob die Lehrkräfte das Apfelexperiment (siehe Kapitel 7.2.2 und 2.3) eingesetzt hatten oder nicht, wurden andere Fragen gestellt, um zum einen die Umsetzung, und zum anderen Hinderungsgründe abzufragen. Die Fragen wurden während der Interviews mit einer Powerpoint-Präsentation visualisiert. Die Präsentation ist im Anhang unter Kapitel 13.5 zu finden. Die Fragen des Interviewleitfadens lauten wie folgt:

(1) Was war für Sie die grundlegende Idee der Fortbildung?

(2) Haben Sie das Apfelexperiment im Unterricht bereits eingesetzt?



(3a) Wie haben Sie das Experiment eingesetzt?

(3b) Welche Heterogenitätsdimensionen konnten Sie abdecken?

(3c) Wer oder was hat Sie unterstützt, das Experiment einzusetzen?

(4a) Erläutern Sie, warum Sie das Apfelexperiment nicht eingesetzt haben.

(4b) Was waren konkrete Hürden für die Umsetzung?

(4c) Was würde Sie unterstützen, das Experiment einzusetzen?

(3d) Würden Sie das Apfelexperiment nochmal einsetzen?

(3e) Inwiefern hat die Kernidee der Fortbildung Ihren Unterricht beeinflusst außerhalb des Apfelexperiments?

(4d) Inwiefern haben Sie die Kernidee der Fortbildung in Ihren Unterricht in anderen Themengebieten integriert?

## 7.2.2 Fachlicher Gegenstand der Lehrkräftefortbildung Das Apfelexperiment

Das Ziel der Lehrkräftefortbildungen war es, dass die Teilnehmenden die enzymatische Apfelbräunung sowohl fachlich, als auch entsprechend der naturwissenschaftlichen Arbeitsweise Experimentieren durchdringen. Die enzymatische Bräunung ist ein alltägliches Phänomen, welches Schüler\*innen und Lehrkräften in ihrer Lebenswirklichkeit begegnet. Theoretisch beschrieben ist das Phänomen in Kapitel 2.3. Entsprechend wurde dieses Phänomen ausgewählt und daraus ein unterrichtstaugliches Experiment entwickelt (Weidenhiller et al., 2022). Eine qualitative Betrachtung der Bräunung des Fruchtfleisches ist mit bloßem Auge möglich. Um eine Aussage über den Bräunungsgrad in Abhängigkeit von der Zeit treffen zu können, muss eine quantitative Messung der Farbigkeit vorgenommen werden. Ein gängiges Verfahren zur Messung von Farbigkeit ist die Spektralphotometrie, die die Extinktion von Licht durch eine Probe misst (Schenk et al., 2014). Das Spektralphotometer ist ein optisches Instrument, welches Flüssigkeiten, Feststoffe und auch Bildschirme hinsichtlich ihrer Farbe vermessen kann. Die Messung der Farbigkeit von Flüssigkeiten beruht auf der Lichtabsorption durch die Probe. Hierbei wird monochromatisches Licht durch die Probe geleitet und die Emission am Detektor gemessen (ebd.). Dieser Vorgang wird für das zu untersuchende Lichtspektrum mit jeder Wellenlänge durchgeführt. Die Messung der Farbigkeit von Feststoffen hingegen beruht auf der Messung des reflektierten Lichts (Franke, 1993). Die vom mit einem bestimmten Spektrum beleuchteten Objekt reflektierten Lichtstrahlen werden durch ein Prisma in ihre Komponenten-Wellenlängen getrennt und anschließend die Intensität und Anwesenheit der einzelnen Wellenlängen vom Detektor aufgefangen. Dabei spielt die Messgeometrie eine Rolle: Es gibt winkelgeometrische Verfahren, die mit bestimmten Mess- und Beleuchtungswinkeln, zumeist  $0^\circ$  und  $45^\circ$ , arbeiten oder kugelgeometrische Verfahren, die mit diffuser Lichtquelle und Glanzfalle bei glänzenden Oberflächen arbeiten (ebd.). Weniger exakt, aber im Feld gebräuchlich ist die Farbbestimmung von Festkörpern über den Sichtvergleich mit Farbtafeln.

Da an Schulen oftmals keine teure Messtechnik zur Verfügung steht, wurden Alternativen zur Messung mit dem Photometer gesucht. Es wurden diverse Apps zur Farbmessung, welche vor allem in der Innenraumausstattung und Textilbranche verwendet werden, getestet. Aufgrund der Bedienbarkeit und der Ergebnispräsentation wurde die App ColorGrab (Loomatrix, 2021) für die Messreihen im Rahmen der Lehrkräftefortbildung ausgewählt. Die App basiert

auf der Analyse von Pixeln. Ein Festkörper wird unter der Kamera des Smartphones so platziert, dass der zu messende Bereich des Fruchtfleisches in der Messauswahl der App liegt. Nach dem Fokussieren wird von der App eine mittlere Farbigkeit innerhalb des Messkreises berechnet. Diese „Messung“ funktioniert wie ein Pixelpicker, mit dem Farben in diversen Computerprogrammen aufgenommen und gespeichert werden können. In der Galerie der App werden die Farbwerte gespeichert und in vielen gängigen Farbmodellen (RGB, HSV, HSB, HSL, Lab, CMYK) dargestellt. Die Messwerte können exportiert und anschließend weiterverarbeitet werden. Da kein echtes Spektrum ausgegeben wird, wie bei der Messung mit einem Photometer, wird das RGB-Farbmodell herangezogen, um die Farbigkeit darzustellen.

Das RGB-Farbmodell ist das am häufigsten verwendete Modell, da es die Farbwahrnehmung des menschlichen Auges imitiert (Hasche, 2016). Alle Farben werden als eine Mischung aus roten, grünen und blauen Anteilen beschrieben, wobei es sich um eine additive Farbmischung handelt (ebd.). Jeder Farbanteil kann einen Wert zwischen 0 und 255 einnehmen. Die zu beobachtende Farbveränderung bei der enzymatischen Bräunung ist ausgehend von einem hellen gelblich-grünlichen Fruchtfleisch hin zu einem bräunlichen Fruchtfleisch. Betrachtet man diese beiden Farbbereiche im RGB-Farbraum ergibt sich folgende prinzipielle Veränderung (Abbildung 21):

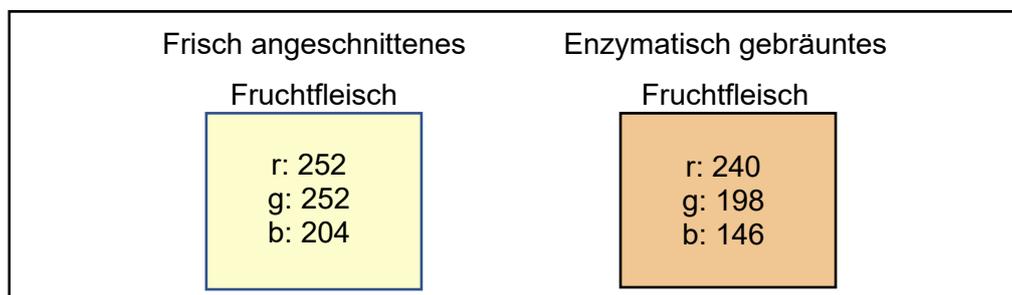


Abbildung 21 Exemplarische Veränderung der RGB-Farbanteile bei der enzymatischen Bräunung von hellem Fruchtfleisch

Der prozentuale Rotanteil der Farbmischung nimmt zu, wohingegen der Grünanteil und der Blauanteil abnehmen. Der Blauanteil verringert sich in diesem Beispiel von 29 % auf 25 %. Durch mehrere Messungen über einen Zeitraum hinweg kann die Veränderung einer Farbe untersucht werden, in diesem Fall die Bräunung des Fruchtfleisches. Die Ermittlung der Farbveränderung geschieht über die Erstellung einer Regressionsgeraden des Blauanteils über die Messungen einer Messreihe.

### Experimentalreihe

Zunächst wurden Messungen an verschiedenen Früchten durchgeführt, die laut Literatur eine hohe PPO-Aktivität aufweisen (siehe Kapitel 2.3). Die Durchführung erfolgte unterstützt durch eine studentische Hilfskraft. Verwendet wurden Kartoffeln, Auberginen und Äpfel, da sie kos-

tengünstig erhältlich sind. Die Messungen wurden in einem abgedunkelten Raum mit gleichbleibendem Kunstlicht durchgeführt, um keine Verfälschung der Messdaten in einer Messreihe durch Sonneneinstrahlung und Raumbelichtung zu erhalten. Um eine für den Unterricht angemessene Dauer des Experiments zu gewährleisten, wurde eine Messzeit von 15-20 Minuten gewählt. Das Laborjournal mit den zusammengefassten Experimentaldaten ist im Anhang unter Kapitel 13.1 zu finden. Im Vorversuch wurden sowohl Auberginen als auch Kartoffeln als nicht geeignet identifiziert, da die Auberginen sehr unregelmäßige Bräunung zeigten und die Kartoffeln der Sorten *Princess* und *Musica* im zumutbaren Zeitraum nicht ausreichend bräunten. Die getesteten Apfelsorten *Elstar* und *Braeburn* erwiesen sich als geeignet, da trotz Schwankungen eine messbare Bräunung in der erwarteten Zeit einsetzte.

Die Hemmung der enzymatischen Bräunung mit Zitronensaft wurde bei allen Früchten mit den Konzentrationen 0 %, 6,25 %, 12,5 %, 25 %, 50 % und 100 % gemessen. Die Messungen zeigten erneut, dass Auberginen nicht geeignet sind. Sie zeigten jedoch auch, dass die Apfelsorte *Elstar* wegen unregelmäßiger Ergebnisse nicht zuverlässig geeignet war für das Experiment. Als gut geeignet zeigte sich die Apfelsorte *Braeburn*. Erwartungsgemäß sank der Blauanteil mit zunehmender Verdünnung des Zitronensafts stärker ab. Um dieses Ergebnis zu untermauern, wurde eine statistische Auswertung der Daten vorgenommen. Es wurde ein nicht parametrischer Test für mindestens zwei verbundene Stichproben gewählt. Basierend auf den Daten wurde von der Software eine zweifaktorielle Varianzanalyse für Ränge nach Friedman bei verbundenen Stichproben durchgeführt. Diese Analyse ergab einen signifikanten Unterschied zwischen den B-Anteilen über die Zeit (Steigungswerte) zwischen den Messreihen 0 % und 100 % Zitronensaft ( $p_{\text{Bonferroni-korrigiert}} = 0,016$ ) sowie zwischen 0 % und 50 % Zitronensaft ( $p_{\text{Bonferroni-korrigiert}} = 0,016$ ; Tabelle Anhang 2). Dies deutet darauf hin, dass die Äpfel im Mittel signifikant weniger braun geworden sind, wenn sie mit 50 % oder 100 % Zitronensaft behandelt worden sind. Neben der Hemmung durch Zitronensaft wurden ebenfalls Untersuchungen zur Hemmung durch den pH-Wert, sowie zur Hemmung durch die einzelnen Bestandteile von Zitronensaft, in diesem Fall Zitronensäure und Ascorbinsäure vorgenommen. Zitronensäure und Ascorbinsäure in der jeweiligen Konzentration, wie sie in natürlichem Zitronensaft vorliegen, wurden getrennt voneinander gemessen. Beide Säuren führten bei den Messungen jeweils zu einer geringeren Hemmung als natürlicher Zitronensaft. Lediglich die Kombination der beiden Säuren führte zu einer gleich starken bzw. stärkeren Hemmung im Vergleich zu Zitronensaft.

### **Aufbereitung für die Lehrkräftefortbildung**

Das Apfelexperiment wurde zur Erprobung im Sommersemester 2020 im Seminar „Schulpraxis im Unterrichtsfach Biologie an der FOS/BOS“ (Fachoberschule und berufliche Oberschule) und im Wintersemester 2020/2021 im Seminar „Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik -

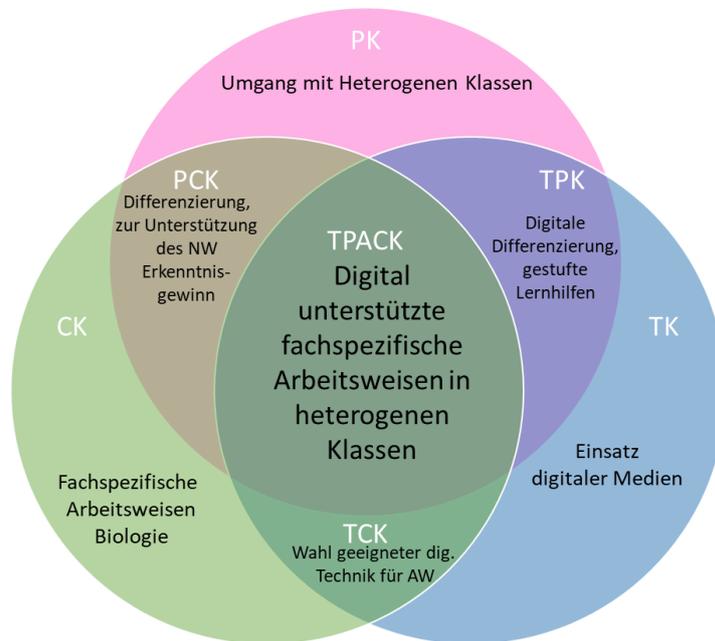
Naturwissenschaftliches Arbeiten – Biologie“ mit Studierenden des gymnasialen und beruflichen Lehramts durchgeführt. Die Messreihen wurden mit von den Studierenden gewählten Äpfeln durchgeführt, da es sich um pandemiebedingte Onlineveranstaltungen handelte. Die Studierenden führten die Messungen mit 0 %iger und 100 %iger Zitronensaftverdünnung und einer weiteren Konzentration ihrer Wahl aus der getesteten Verdünnungsreihe durch. Wie aus den Experimentaldaten (Kapitel 13.2) zu erwarten, waren die deutlichsten Unterschiede zwischen 0 % und 100 % Zitronensaftkonzentration sichtbar, weshalb diese beiden Konzentrationen auch in die Versuchsanleitung für die Fortbildung aufgenommen wurden. Die anderen Konzentrationen wurden aus Gründen der Messökonomie vernachlässigt. Auch zeigte sich, dass eine vergleichende Auswertung von verschiedenen Apfelsorten vorgenommen werden kann, da eine Einteilung in stark bzw. schwach bräunend vor dem Vergleich zuverlässige Ergebnisse lieferte. Die zugehörige Datentabelle mit den Messergebnissen aus dem Grundlagenseminar ist im Anhang unter Kapitel 13.2 zu finden.

### **7.2.3 Studiendesign**

Die Studie war als Interventionsstudie mit Prä-Post-Befragung mit Follow-Up angelegt. Ziel war es, den Einfluss des Hintergrundfaktors Wissen (unabhängige Variable) auf die Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte (abhängige Variable) gemäß der Theory of Planned Behavior (Fishbein & Ajzen, 2005; siehe Kapitel 4.3) zu überprüfen. Dazu wurde ein einfaktorielles Versuchsdesign mit drei Ausprägungen (Schwerpunkten) gewählt. Die Ausprägungen unterschieden sich in ihrem inhaltlichen Fokus und stellten den zu untersuchenden Hintergrundfaktor Wissen, also die unabhängigen Variablen der Studie dar. Dabei wurde der Faktor in Anlehnung an das TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006; siehe Kapitel 4.2) ausgeprägt. Die Inhalte sind in Abbildung 22 im Überblick dargestellt.

Alle Fortbildungen wurden unter dem Titel „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ angeboten. Schwerpunktgruppe 1 beschäftigte sich in der Instruktionsphase der Fortbildung mit Einsatz und Gestaltung digitaler Medien. Das entspricht im TPACK-Modell nach Mishra und Koehler (2006) dem Teilbereich TK und der Schnittmenge TCK. Die Technologien wurden für die naturwissenschaftliche Arbeitsweise Experimentieren aufbereitet. Schwerpunktgruppe 2 beschäftigte sich in der gleichen Zeit mit dem Inklusionsbegriff und inklusiver Didaktik. Das entspricht dem Teilbereich PK und der Schnittmenge PCK im TPACK-Modell nach Mishra und Koehler (2006). Es wurden Konzepte zur Differenzierung zur Unterstützung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinns aufbereitet. Schwerpunktgruppe 3 bekam ein integriertes Format präsentiert, in welchem die Themen Digitalisierung und Inklusion gleichermaßen gewichtet und bereits verknüpft dargestellt wurden. Dies entspricht der Schnittmenge TPK und TPACK des TPACK-Modells nach Mishra und Koehler (2006), da hierbei Konzepte

zur Differenzierung und zum Einsatz digitaler Medien gleichermaßen und verknüpft für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung angewandt wurden. Die Teilmengen PK, TK, PCK und TCK wurden bei diesem Format jedoch ebenfalls mitgefördert.



**Abbildung 22 TPACK-Modell angewandt auf die Inhalte der Lehrkräftefortbildung (verändert nach Weidenhiller et al., 2024)**

Als abhängige Variablen wurden die Einstellung und die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte gewählt (siehe Kapitel 4.3). Die Einstellungen zu Inklusion und zu digitalen Medien wurden separat erhoben. Die Selbstwirksamkeitserwartung wurde angelehnt an die technologischen Komponenten des TPACK-Modells erhoben (siehe Kapitel 6.2.5).

Mit Hilfe der Follow-Up-Befragung wurde das Unterrichtshandeln der Lehrkräfte als weitere abhängige Variable erhoben (siehe Kapitel 7.2.1). Die jeweiligen Schwerpunktthemen der einzelnen Gruppen waren in der Instruktionsphase und in der Diskussionsphase der Fortbildung verankert (Erläuterungen siehe Kapitel 7.2.5).

### **Schwerpunkt Digitalisierung (Schwerpunkt 1)**

Beim Schwerpunkt Digitalisierung lag der Fokus auf dem Einsatz und der Gestaltung digitaler Medien im Unterricht. Das entspricht der TK-Komponente des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006). Dabei wurden Gestaltungsprinzipien und Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien erarbeitet. Konkret setzten sich die Lehrkräfte mit multimedialen Lernumgebungen auseinander und wie diese lernförderlich gestaltet und eingesetzt werden können. Dazu wurde die Cognitive Load Theory nach Sweller (2005) und das Arbeitsgedächtnis nach Baddeley (2000) behandelt, um eine Grundlage für die Cognitive Theory of Multimedia Learning nach Mayer

(2005) zu schaffen. Die genannten Theorien sind in Kapitel 3 beschrieben. Die Lehrkräfte setzen sich vertieft mit den Gestaltungsprinzipien nach Mayer (2005, 2014) auseinander und bezogen diese Prinzipien auf eigene Erfahrungen mit digitalen Medien. Dabei wurden gute und schlechte Umsetzungsbeispiele aus dem eigenen Erfahrungshorizont gesammelt und diskutiert. Nach dieser vertieften Auseinandersetzung damit, wie digitale Medien gestaltet sein sollten, wurden didaktische Einsatzmöglichkeiten mit Rückbezug zur Cognitive Load Theory diskutiert (siehe Kapitel 3.1.1) und der Einsatz digitaler Medien mit Bezug zum Apfelexperiment am SAMR-Modell (Puentedura, 2006) reflektiert. Der Einbezug des naturwissenschaftlichen Arbeitens in die mediendidaktische Diskussion stellt die TCK-Schnittmenge des TPACK-Modells dar.

Die erarbeiteten didaktischen Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien und deren Gestaltung wurden in der Diskussionsphase der Fortbildung wieder aufgegriffen. Konkret sollten z.B. didaktische Konzepte wie das Pre-Training oder die Segmentierung (Mayer, 2005, 2014) genutzt werden, um die digitalen Medien, die beim Experimentieren genutzt werden, wie die Messwertfassung und die Auswertung mittels Tabellenkalkulation, lernendengerecht aufzubereiten.

### **Schwerpunkt Inklusion (Schwerpunkt 2)**

Beim Schwerpunkt Inklusion wurden die Differenzierungsmöglichkeiten für Schüler\*innen mit und ohne sonderpädagogische Förderbedarfe fokussiert. Dazu wurden die Begrifflichkeiten geklärt, Inklusion im bayerischen Schulsystem betrachtet, die Prinzipien inklusiver Didaktik wie die Unterrichtsprinzipien und –formen nach Reich (2013, 2014) behandelt, die Passung für das Gymnasium und die beruflichen Schulen diskutiert und auf die konkrete Differenzierung angewandt. Dies beschreibt die PK-Komponente im TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006). Die fachlichen Grundlagen sind in Kapitel 3.2 beschrieben.

Anschließend wurden die Begriffe Gleichbehandlung und Chancengleichheit diskutiert und interpretiert. Dazu wurde ein Comic als Einstieg in die Thematik eingesetzt. Darauf sind Tiere verschiedener Arten zu sehen, ein Flamingo, ein Pinguin, ein Affe, ein Elefant, ein Goldfisch im Glas und ein Hai, die alle vor einem Baum stehen. Der Affe lächelt, die anderen Tiere schauen geschockt oder neutral. Ein Lehrer in Menschengestalt sitzt den Tieren gegenüber erhebt den Zeigefinger und verliest eine Prüfungsaufgabe: „Zum Ziele einer gerechten Auslese lautet die Prüfungsaufgabe für Sie alle gleich: Klettern Sie auf den Baum!“. Eine Gleichbehandlung der Tiere ist in diesem Beispiel gegeben. Alle Tiere erhalten die gleiche Aufgabe und sind auf der gleichen Ausgangsebene. Jedoch werden dabei die persönlichen Voraussetzungen der Tiere nicht beachtet. Ein Affe wird leichter auf den Baum klettern als die anderen abgebildeten Tierarten, die es vermutlich entweder gar nicht, oder auf einem anderen Weg als Klettern oder nur mit Hilfsmitteln bewerkstelligen können, auf den Baum zu gelangen. Entspre-

chend kann das formulierte Ziel der Aussage der Lehrkraft „eine gerechte Auslese“ nicht erreicht werden. Es gibt zum einen die Möglichkeit, Hilfsmittel wie einen Lift oder eine Leiter zur Verfügung zu stellen; zum anderen kann die Aufgabenstellung verändert werden, um jedem Tier die Möglichkeit zu geben, die Aufgabe angehen zu können. In der Diskussion wurde das Comicbeispiel auf den naturwissenschaftlichen Unterricht bezogen (PCK): Welche Inhalte müssen zugänglich gemacht werden, welche sind optional? Anhand dieses Beispiels sollte auch diskutiert werden, inwiefern Aufgaben gleich sein müssen, um „gerecht“ zu sein. Dieses Sinnbild leitet über zum inklusiven Bildungssystem. Dieses ist laut Artikel 24 (1) der UN-Behindertenrechtskonvention auf allen Ebenen zu gewährleisten. In der deutschen Version der Konvention spricht Artikel 24 von einem „integrativen Bildungssystem“. Im Gegensatz dazu ist in der englischsprachigen Originalversion von einem „inclusive education system“ die Rede. Diese verwirrende Übersetzung von *inclusive* zu *integrativ* statt zu *inklusiv* bildete den Auftakt, sich mit den Begriffsdefinitionen und Konzepten von Exklusion, Separation, Integration und Inklusion auseinanderzusetzen und die Bedeutung der Begrifflichkeiten auf das Bildungssystem in Bayern anzuwenden. Außerdem wurden das weite und das enge Inklusionsverständnis (Nehring & Walkowiak, 2017), sowie die sonderpädagogischen Förderbedarfe nach dem BayEUG vorgestellt. Um den beruflichen Alltag der Lehrkräfte an Gymnasien und FOS/BOS am besten abzubilden, wurde mit dem Blick des weiten Inklusionsverständnisses übergeleitet zur Inklusiven Didaktik nach Reich (2013, 2014) und dessen Vorschläge auf den Biologieunterricht bezogen präsentiert. Dabei wurden sowohl die Unterrichtsprinzipien (innere Seite des Unterrichts), als auch die Unterrichtsformen (äußere Seite des Unterrichts) betrachtet (siehe Kapitel 3.2.1). Anschließend wurde die PCK-Verknüpfung inklusiver Pädagogik mit MINT-Unterricht anhand des NinU-Rasters im Überblick vorgestellt (siehe Kapitel 3.2.2).

In der Diskussionsphase wurden konkret die Unterrichtsprinzipien nach Reich (2013, 2014) wieder aufgegriffen, um eine inklusionsorientierte Experimentalphase zu gestalten und die Barrieren, die während des Experimentierens auftreten können, zu reduzieren.

### **Integriertes Format (Schwerpunkt 3)**

Beim integrierten Format wurden sowohl inklusionsdidaktische als auch mediendidaktische Ansätze diskutiert und kombiniert. Das Wissen der Lehrkräfte, welches sich mit der Adaption digitaler Medien auf die individuellen Bedürfnisse der Schüler\*innen beschäftigt, kann der TPK-Schnittmenge des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006) zugeordnet werden. Dieser Bereich wurde insbesondere durch die Konstruktion verschiedener Lernszenarien gefördert. Die Zusammenführung mündet in der Schnittmenge TPACK. Hier lag der Fokus konkret auf dem Unterrichtsgeschehen. Digitale Medien sollen für einen inklusiven Unterricht angepasst auf die individuellen Bedürfnisse der Schüler\*innen in heterogenen Klassen eingesetzt werden

und dabei den Erkenntnisgewinnungsprozess beim naturwissenschaftlichen Arbeiten mit spezifischen Arbeitsweisen unterstützen. Um diese Inhalte zu vermitteln, wurden als Grundlage die Cognitive Load Theory nach Sweller (2005) und dann die didaktischen Gestaltungsmöglichkeiten nach Mayer (2005) betrachtet (TK). Außerdem wurde das SAMR-Modell (Puentedura, 2006) eingesetzt, um den konkreten Einsatz von digitalen Medien im Unterricht der Lehrkräfte zu diskutieren. Hierbei wurden sowohl die Modellebene des Einsatzes, als auch verschiedene Schüler\*innenbedürfnisse diskutiert (TPK). Diese Diskussion leitete über zum Inklusionscomic (beschrieben unter Schwerpunkt Inklusion). Dieser wurde unter dem Gesichtspunkt digitale Medien interpretiert (TPK), wobei sowohl die Gestaltungsmöglichkeiten, als auch die Cognitive Load Theory miteinbezogen wurden. Dabei sollten inklusionsfördernde Aspekte, sowie mögliche Barrieren durch den Einsatz digitaler Medien betrachtet werden. Die Interpretation wurde bewusst in beide Richtungen gelenkt, um einen kritischen Diskurs seitens der Lehrkräfte zu erzwingen. Die anschließende Auseinandersetzung mit inklusionsdidaktischen Ansätzen nach Reich (2013, 2014) erfolgte ebenfalls anhand dieser beiden Gesichtspunkte. Ziel war es, die Lehrkräfte bereits vor der Experimentalphase auf Möglichkeiten der Barrierenvermeidung aufmerksam zu machen (TPACK). Die Lernförderlichkeit der digitalen Medien sollte trotz des kritischen Blicks im Vordergrund stehen. Deshalb wurden Gestaltungsprinzipien und didaktische Ansätze diskutiert, um digitale Medien möglichst lernförderlich für alle Schüler\*innen zu gestalten. In der Diskussionsphase wurden sowohl die mediendidaktischen als auch die inklusionsdidaktischen Aspekte der Instruktionsphase wieder aufgegriffen, um die Ermöglichung der Partizipation durch den Einsatz digitaler Medien zu diskutieren.

### **Schwerpunkte im Vergleich**

Die Schwerpunkte grenzten sich stark voneinander ab und bedienten wie oben beschrieben verschiedene Bereiche des Professionswissens nach dem TPACK-Modell. Dabei wurde jedoch nur im integrierten Format die innere TPACK-Schnittmenge theoretisch fundiert präsentiert und bearbeitet. Die Gruppen Digitalisierung und Inklusion bearbeiteten jeweils nur Teilbereiche des Modells in der Instruktions- und Diskussionsphase. Neben den bereits dargestellten Unterschieden traten in den Gruppen unterschiedliche Überschneidungen auf. Die Inhalte sind im Überblick in Tabelle 12 dargestellt.

Verbindende Elemente zwischen den drei Versuchsgruppen waren das SAMR-Modell und der Comic Inklusion, welche jeweils unterschiedlich genutzt wurden in den 3 Gruppen. Im **Schwerpunkt Digitalisierung** wurde das SAMR-Modell wie bereits beschrieben zum Reflektieren des eigenen Medieneinsatzes und als Vorbereitung auf das Apfelexperiment genutzt. Im **Schwerpunkt Inklusion** wurde das SAMR-Modell lediglich vorgestellt und auf die anschließende Praxisphase übergeleitet. Im **Integrierten Format** wurde das SAMR-Modell über die Reflektion hinaus zum Anlass genommen, um zum Inklusionsteil der Veranstaltung überzuleiten, indem

der eigene Einsatz digitaler Medien mit Bezug auf die Ebenen des Modells und die Bedürfnisse der Schüler\*innen reflektiert wurde.

Im **Schwerpunkt Digitalisierung** wurde der Inklusionscomic gezeigt, um dem Thema der Fortbildung „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ Rechnung zu tragen. Hier sollte nun die Gestaltung von Aufgaben diskutiert werden. Es fand keine Verknüpfung der Themen Inklusion und Einsatz digitaler Medien statt. Im **Schwerpunkt Inklusion** wurde die Diskussion wie oben beschrieben mit dem gleichen Comic in die Richtung Chancengleichheit und Chancengerechtigkeit gelenkt. Im **Integrierten Format** wurde die Interpretation des Comics wie bereits erläutert auf digitale Medien bezogen.

**Tabelle 12 Inhalte der 3 Versuchsgruppen**

	V1: Digitale Medien	V2: Inklusion	V3: Integriert
Instruktionsphase	Cognitive Load Theory (Sweller, 2005) Arbeitsgedächtnis (Baddeley, 2000) Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2005)		Cognitive Load Theory (Sweller, 2005)  Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2005)
	SAMR-Model (Puentedura, 2006) Comic Inklusion	SAMR-Model (Puentedura, 2006) Comic Inklusion	SAMR-Model (Puentedura, 2006) Comic Inklusion
		UN-BRK Begriffsdefinition BayEUG Didaktik nach Reich (2013,2014)	UN-BRK Begriffsdefinition (kurz)  Didaktik nach Reich (2013,2014)
Diskussionsphase	Diskussion über Differenzierung basierend auf der eigenen Erfahrung beim Experimentieren und beziehend auf die präsentierte Theorie		
	Mediendidaktische Konzepte nach Mayer (2005)	Unterrichtsprinzipien nach Reich (2013, 2014)	Mediendidaktische Konzepte nach Mayer (2005) Unterrichtsprinzipien nach Reich (2013, 2014)

## 7.2.4 Ablauf der Studie

Die Studie wurde vom Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus am 16.03.2021 genehmigt (Aktenzeichen: IV.7-BO4106.2020/41/10). In der Studie wurden Biologielehrkräfte in einem eintägigen Webinar gezielt auf den Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren in heterogenen Klassen vorbereitet. Der Ablauf der Studie ist in Abbildung 23 dargestellt. Die Lehrkräfte wurden den drei unter Kapitel 7.2.3 beschriebenen Schwerpunktgruppen zufällig zugeteilt.

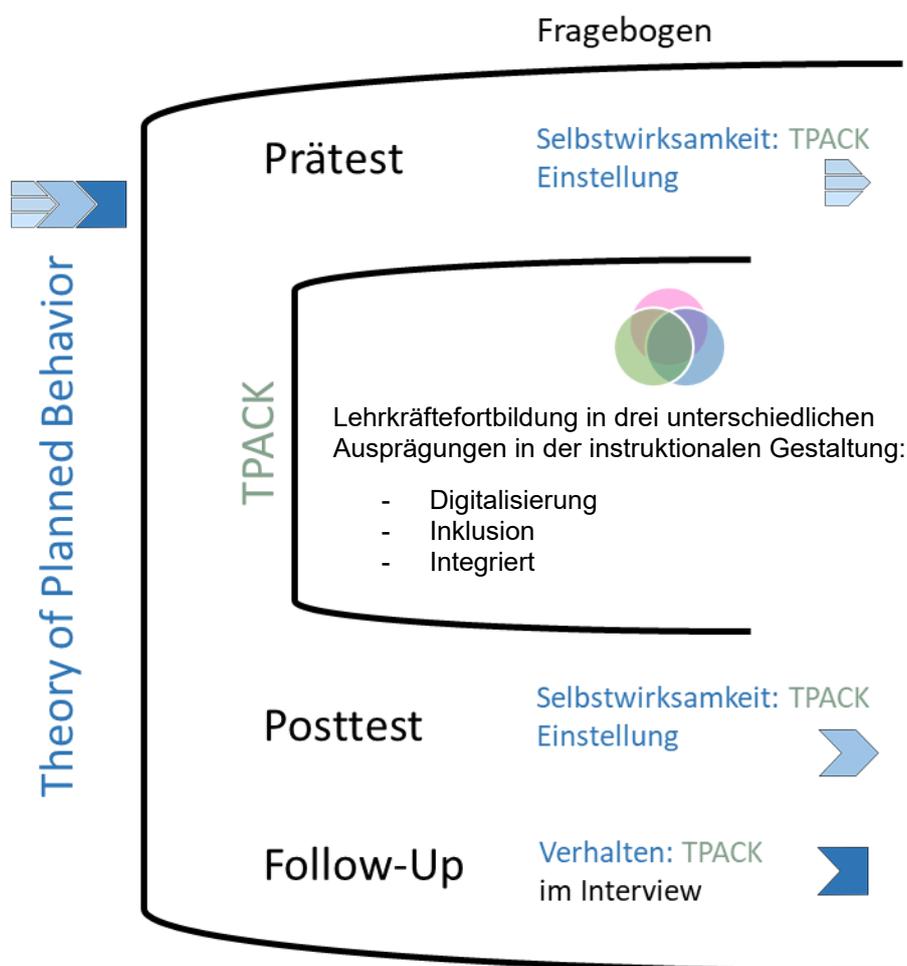


Abbildung 23 Ablaufschema der Studie

### Durchführung der Befragung

Der Fragebogen wurde über die Plattform SociSurvey digital vertrieben. Die Lehrkräfte erhielten den Link bei Anmeldung zur Fortbildung. Die Teilnahme erfolgte freiwillig und anonym. Die Intention des Prätests war das Erheben der Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte vor der Lehrkräftefortbildung, um so eine Veränderung durch die Fortbildung

feststellen zu können. Unmittelbar nach der Fortbildung fand der Posttest statt. In diesem wurden Einstellung zu Inklusion, Einstellung zu digitalen Medien und die Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen mit den Skalen aus dem Prätest abgefragt. Unterrichtsverhalten und personenbezogene Daten wurden lediglich im Prätest erhoben. Um eine Zuordnung von Prä- und Posttest zu ermöglichen, erzeugten die Teilnehmenden einen Code. Es wird ebenfalls das bereits beschriebene Tool SosciSurvey genutzt. Die Teilnahme erfolgte ebenfalls freiwillig. Der Fragebogen ist im Anhang unter Kapitel 13.6 einzusehen.

### Durchführung der Interviews

Für die Follow-Up-Befragung wurden Interviews mit Lehrkräften aus der Lehrkräftefortbildung geführt. Die Teilnehmer\*innen meldeten sich dazu freiwillig nach einer Anfrage per E-Mail. Die Interviews erfassten vor allem den Einsatz des Apfelexperiments und Gründe für oder gegen den Einsatz von digitalen Medien beim naturwissenschaftlichen Arbeiten in heterogenen Klassen. Das Interview wurde audiografiert und über die Plattform Zoom geführt. Die Audiodateien wurden pseudonymisiert aufgenommen. Die Interviews wurden von 20.06.2022 bis 28.07.2022 via Zoom geführt und anschließend transkribiert. Ein Interview dauerte zwischen 11 und 29 Minuten; im Mittel 20 Minuten pro Interview. Die Lehrkräfte verteilten sich wie folgt auf die Schwerpunktgruppen: 4 Digitalisierung, 2 Inklusion, 7 Integriertes Format. Genauere Angaben sind Tabelle 13 zu entnehmen:

Tabelle 13 Deskriptive Statistik Interviewpartner\*innen

Interview-nummer	Interview-datum	Schulart	Schwerpunkt	Andere LFB Digitalisierung	Implementiert	Geschlecht	Alter	Fachliche Qualifikation / Fächerkombination
1	20.06.2022	Fachoberschule	Inklusion	ja	ja	weiblich	52	Dr. rer. nat.; B/C/P
2	06.07.2022	Gymnasium	Digital.	nein	Ja	weiblich	35	B/C
3	06.07.2022	Gymnasium	Digital.	ja	Ja	weiblich	52	Dr. rer. nat. B/C
4	28.07.2022	Gymnasium	Integriert.	nein	Ja	männlich	47	B/C
5	13.07.2022	Gymnasium	Integriert.	nein	Nein	weiblich	59	B/C
6	11.07.2022	Realschule	Digital.	nein	Nein	weiblich	54	B/Französisch
7	13.07.2022	Gymnasium	Integriert.	nein	Nein	weiblich	32	B/C
8	27.07.2022	Gymnasium	Integriert.	ja	Nein	weiblich	48	B/C
9	14.07.2022	Gymnasium	Inklusion	ja	Nein	weiblich	28	B/C
10	21.06.2022	Gymnasium	Digital.	nein	nein	weiblich	30	B/C
11	27.07.2022	Fachoberschule	Integriert.	ja	Nein	weiblich	39	B/C
12	26.07.2022	Fachoberschule	Integriert.	ja	Nein	männlich	55	Biologie und Biotechnologie, Fachpraxis, Quereinsteiger
13	21.06.2022	Fachoberschule	Integriert.	nein	Nein	weiblich	32	EH und C, Biologie nur Fachfremd

B = Biologie, C = Chemie, P = Physik, EH = Ernährung und Hauswirtschaft

### 7.2.5 Durchführung der Fortbildung

Die Einbettung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen in den MINT-Unterricht und vor allem in den Biologieunterricht stand bei der Fortbildung im Fokus. Speziell fokussiert werden sollte dabei das Experimentieren (siehe Kapitel 2.5). Die Lehrkräfte wurden dabei an ein neuartiges Experiment zur enzymatischen Apfelbräunung herangeführt (siehe Kapitel 7.2.2), führten dieses selbst im Sinne des pädagogischen Doppeldeckers (siehe Kapitel 4.1) durch und diskutierten anschließend mögliche Szenarien für den Einsatz im Unterricht unter Berücksichtigung einer heterogenen Klasse. Der Ablauf der Fortbildung erfolgte in 3 Schritten: Instruktionsphase, Experimentalphase, Diskussionsphase. Die Durchführung erfolgte dabei als Webinar, da die Fortbildung während der Corona-Pandemie in Deutschland durchgeführt wurde und Präsenzveranstaltungen nicht möglich waren.

Es wurden drei verschiedene Ausprägungen der Intervention in insgesamt 18 Kleingruppen angeboten, welche in Kapitel 7.2.3 beschrieben werden:

- Schwerpunkt 1: Digitalisierung
- Schwerpunkt 2: Inklusion
- Schwerpunkt 3: Integriertes Format (Inklusion und Digitalisierung gleich gewichtet)

Das nachstehende Artikulationsschema (Tabelle 14) gibt einen Überblick über den Ablauf und die Inhalte der Fortbildung. Die Inhalte, die je nach Experimentalgruppe variierten, wurden bereits in Tabelle 12, beschrieben. Die verwendeten Materialien der Fortbildung sind im Anhang unter Kapitel 13.5 in chronologischer Reihenfolge hinterlegt.

**Titel:** Experimentieren im Biologieunterricht: digital und für alle?

**Zeit:** 360 Min

**Lernziele:**

Die Lehrkräfte können...

... enzymatische Bräunung anhand des Apfelexperiments darstellen;

... differenzierte Experimentalphasen planen;

... digitale Medien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten nutzen und

... digitale Medien differenzierender im Unterricht einsetzen.

**Tabelle 14 Artikulationsschema der Fortbildung**

<i>Zeit:</i>	<i>Phase</i>	<i>Inhalt</i>	<i>Sozialform</i>	<i>Medien</i>
10	Einstieg	Begrüßung und Vorstellung	Plenum	Präsentation Folie 1
		Mentimeter mit open ended-Antworten: Was ist für mich Digitalisierung? Was ist für mich Inklusion?	Einzelarbeit	Mentimeter 1
		Agenda und Zielsetzung der Fortbildung	Plenum	Folie 2 – 4

<i>Zeit:</i>	<i>Phase</i>	<i>Inhalt</i>	<i>Sozialform</i>	<i>Medien</i>
10	Fachliche Instruktion	Enzymatische Apfelbräunung von der Phänomen- zur Teilchenebene	Plenum	Folie 5 – 9
		Farben von Festkörpern messen im RGB-Farbraum	Plenum	Folie 10 Simulationen: Spectrumcolors Colorvision
15	Biologiedidakti- sche Instruktion	Planung eines Experiments und Ab- grenzung zu anderen naturwissen- schaftlichen Arbeitsweisen	Plenum	Folie 11
		Planung des Apfelexperiments Material und Ablauf des Experiments	Plenum	Folie 12 – 14
		Benötigtes Wissen für das Experimen- tieren zuordnen zum TPACK-Modell	Plenum	Folie 15 – 16
60	Mediendidaktische Instruktion und Inklusionsdidakti- sche Instruktionen	Inhalt je nach Versuchsgruppe, siehe Tabelle 12	Sozialform und Medien je nach Schwerpunkt	
10	Pause			
20	Einführung in das Apfelexperiment	Experimentalanleitung Anleitung zur App Nutzung	Plenum	Folie 46-49 Anleitungen Apps und Expe- rimentieren
60	Mittagspause			
60	Experimental- phase	Durchführung des Experiments mit 3 Messreihen	Einzelarbeit	Individuell: Apfel, Zitrone, Brett, Messer,

Zeit:	Phase	Inhalt	Sozialform	Medien
				Smartphone mit App
30	Auswertung des Experiments	Auswertung der Messdaten mit Excel Individualbetreuung Demonstration des Datensatzes	Plenum	Excel
10	Reflexion	Erfahrungen beim Experimentieren sammeln	Einzelarbeit	Folie 53 Padlet 2
10	Pause			
5	Diskussionsphase	Kurzwiederholung der Inhalte aus Instruktionsphase*	Plenum	Folie 55 – 56
30		Digitalisierung und Differenzierung des Apfelexperiments Rückgriff auf Barrieren und Chancen aus Reflexionsphase	Gruppenarbeit	Folie 58 Shared Document Padlet
20		Diskussion der Ergebnisse Demonstration weiterer Möglichkeiten nach Bedarf Lehrplaneinordnung	Plenum	Shared Document Folie 59 – 60
20	Postbefragung	Link zum Posttest der Befragung	Einzelarbeit	SosciSurvey Folie 61
5	Abschluss	Take Home Message	Einzelarbeit	Folie 62 Mentimeter 2
5		Ziele der Fortbildung Quellen Verabschiedung	Plenum	Folie 63 – 67

## **Einstieg und Instruktionsphase**

Der fachliche Einstieg in die Fortbildung erfolgte über ein Mentimeter (Abbildung Anhang 2). Das Onlinefragetool bietet die Möglichkeit, eine anonyme digitale Abfrage in der Gruppe zu machen. Die Fragen lauteten: „Was ist für mich Digitalisierung“, „Was ist für mich Inklusion?“. Das Tool Mentimeter wurde gewählt, um einen offenen Einstieg in die Thematik zu ermöglichen und das Vorwissen der Lehrkräfte zu aktivieren. Die Präsentation der fachlichen und fachdidaktischen Grundlagen zum Apfelexperiment erfolgte im Plenum durch die Dozentin. Fachlich wurde die enzymatische Apfelbräunung geklärt (siehe Kapitel 2), wobei hinsichtlich der Reaktionsmechanismen didaktisch reduziert wurde. Es wurden zunächst das Phänomen der enzymatischen Bräunung und dessen Entstehung durch eine Zerstörung der Zellstrukturen beschrieben und anschließend die biochemischen Vorgänge der Oxidation der Phenole durch die PPO zu Chinonen gezeigt. Die weitere Reaktionskaskade zu Melanin wurde nicht dargestellt. Der Prozess des Redoxcyclings durch die Zugabe von Vitamin C wurde nur schematisch präsentiert. Anschließend wurden die physikalischen Grundlagen zur Bestimmung der Farbigkeit der Apfeloberfläche vorgestellt. Der RGB-Farbraum wurde anhand der Simulationen Spectrumcolors (Otmars, o.J.) und Colorvision (PHET interactive simulations, o.J.) vorgestellt und eine Veränderung der Farbigkeit von einem hellfleischigen Apfel hin zu einem braunen Apfel nachgestellt durch die Veränderung der RGB-Anteile. Anschließend wurde der naturwissenschaftliche Erkenntnisweg beschrieben und das Experiment als Arbeitsweise konkret am Beispiel des Apfelexperiments vorgestellt (siehe Kapitel 2.5). Das TPACK-Modell, welches zur Darstellung der benötigten Kompetenzen der Lehrkräfte diente, wurde diesen präsentiert und die Bestandteile des Apfelexperiments den Facetten zugeordnet. Daraus erfolgte die Überleitung zu den jeweiligen Schwerpunktgruppen

In der **Schwerpunktgruppe Digitalisierung** wurden die Grundlagen der Medientheorie im Plenum präsentiert. In einer anschließenden Arbeitsphase arbeiteten die Teilnehmer\*innen in Breakout Rooms in Partnerarbeit, wobei der Arbeitsauftrag lautete, gute und schlechte Umsetzungsbeispiele für die Gestaltung von digitalen Medien anhand der Gestaltungsprinzipien von Mayer (2005, 2014) herauszuarbeiten. Diese wurden in einem Video präsentiert.

Das Video ist unter folgendem Link abrufbar: [https://youtu.be/Jxf\\_Rkl3cK4](https://youtu.be/Jxf_Rkl3cK4)

Die Lehrkräfte sammelten ihre Ergebnisse in einem gemeinsamen Padlet (Abbildung Anhang 5). In dieser Phase sollten die Lehrkräfte die präsentierten Inhalte zur Multimediatheorie auf ihre eigenen Erfahrungen anwenden. Anschließend wurden die Ergebnisse in der Gruppe diskutiert und Gemeinsamkeiten zwischen den Erfahrungen gesucht. Dieses Vorgehen diente der Sicherung und der Schaffung einer gemeinsamen Basis. Die Lehrkräfte sammelten zudem ihre eigenen Erfahrungen mit digitalen Medien in einem Padlet (Abbildung Anhang 6) und ordneten sie den Stufen des SAMR-Modells zu. Nach einer Pause stiegen die Lehrkräfte in das

Thema Heterogenität in der Schule ein. Dazu wurde ein Comic (siehe Kapitel 13.5) mithilfe der Methode Think-Pair-Share mit dem Ziel bearbeitet, unterschiedliche Bedürfnisse von Schüler\*innen zu erkennen.

In der **Schwerpunktgruppe Inklusion** wurde nach der fachlichen und fachdidaktischen Einführung das SAMR-Modell (Puentedura, 2006) präsentiert und erläutert. Zum Einstieg in das Thema Heterogenität wurde der Comic (siehe Kapitel 13.5) eingesetzt und mit der Methode Think-Pair-Share diskutiert, um das Vorwissen der Lehrkräfte zum Thema Inklusion zu aktivieren. Die begrifflichen Grundlagen zur Inklusion und die inklusive Didaktik nach Reich (2013, 2014) wurden präsentiert und am Beispiel des Apfelexperiments erläutert. Das NinU-Schema (Stinken-Rösner et al., 2020) wurde vorgestellt und als Überleitung zum Experimententeil genutzt.

In der **Schwerpunktgruppe Integriertes Format** wurden nach der fachlichen und fachdidaktischen Einführung die Grundlagen der Medientheorie verkürzt präsentiert wie oben erläutert. Es folgte die identische Arbeitsphase zu den Gestaltungsprinzipien wie in der Schwerpunktgruppe Digitalisierung. Nach der Präsentation des SAMR-Modells wurde der Comic (siehe Kapitel 13.5) im Plenum diskutiert mit der konkreten Fragestellung, wie digitale Medien in diesem Fall Hürden abbauen, aber auch erst bilden können. Anschließend wurden die begrifflichen Grundlagen und die inklusive Didaktik nach Reich (2013, 2014) verkürzt präsentiert, wie oben erläutert. Das NinU-Schema wurde kurz vorgestellt und als Überleitung zum Experimententeil genutzt.

### **Praxisphase**

In der Praxisphase der Fortbildung setzten sich die Lehrkräfte aktiv mit einem Experiment zur enzymatischen Apfelbräunung und dessen Eigenschaften auseinander. Die Lehrkräfte führten das Experiment selbst in Einzelarbeit zuhause durch. Dabei unterschied sich die Durchführung nicht zwischen den drei Gruppen. Das Apfelexperiment als differenzierbares und digital unterstütztes Experiment für den Biologieunterricht wurde bereits veröffentlicht von Weidenhiller et al. (2022).

Das Vorgehen beim Experimentieren wurde in allen Gruppen gleich angeleitet. Dazu wurde zunächst die Experimentalanleitung gezeigt und besprochen (Abbildung Anhang 7). Anschließend wurden die möglichen Apps ColorGrab (Loomatrix, 2021) und Colorimeter App (Smyk, o.J.) anhand von Screenshots (Abbildung Anhang 8, Abbildung Anhang 9) erklärt und die Lehrkräfte testeten die Funktionen auf ihren eigenen Geräten. Erst wenn keine Fragen mehr bestanden, wurde in die Eigenarbeitsphase übergegangen. Dieses kleinschrittige Vorgehen sorgte für einen reibungslosen Verlauf der Experimentalphase. Da die Lehrkräfte aufgrund der

pandemischen Lage nur online zugeschaltet waren, wäre es für die Dozentin sonst nicht möglich gewesen, Fehler in der Durchführung zu erkennen. Diese sollten auch durch das Testen der Appfunktionen vermieden werden.

In der Experimentalphase erhielten die Lehrkräfte den Arbeitsauftrag, zunächst einen Vorversuch durchzuführen und die Bräunung ihres gewählten Apfels zu überprüfen. Erst im Anschluss wurden zwei Konzentrationen von Zitronensaft (0 % und 100 %) am Apfel gemessen. Zur Messung verwendeten die Lehrkräfte ihre eigenen Smartphones. Das hatte den Vorteil, dass die grundsätzliche Bedienung des Geräts bekannt war und die kostenlosen Apps weiterverwendet werden konnten. Außerdem war es nicht möglich, für die Fortbildung Geräte zur Verfügung zu stellen, da die Lehrkräfte über ganz Bayern verteilt digital an der Fortbildung teilnahmen. Das eigenständige Experimentieren war ein zentraler Bestandteil der Fortbildung, da die Begegnung mit dem Realobjekt nicht durch eine digitale Demonstration ersetzt werden kann. Die Lehrkräfte hatten hierbei die Möglichkeit, eigene Erfahrungen mit dem Experiment zu sammeln, wie die praktische Handhabung, die Messung mit dem Smartphone und mögliche Störfaktoren wie eine ungeeignete Apfelsorte und ungünstige Lichtverhältnisse. Außerdem konnten so Barrieren beim Experimentieren direkt selbst erfahren werden und tauchten nicht erst in der Umsetzung im eigenen Unterricht auf. Zusätzlich diente die Experimentalphase als Bildschirmpause.

Bei der Besprechung des Experiments wurden die Experimentaldaten gemeinsam ausgewertet. Dazu schickten ein bis zwei Teilnehmer\*innen ihre erhobenen Daten an die Dozentin, welche dann in Excel demonstrierte, wie die Auswertung funktioniert. Anschließend wurde ein Musterdatensatz gezeigt, um eine große Stichprobe zu repräsentieren. Durch dieses Vorgehen wurden die Messdaten der Lehrkräfte gewürdigt und die Echtheit der Forschung gezeigt. Anhand der Messdaten der Lehrkräfte konnten mögliche Fehlerquellen und Gelingensbedingungen für das Experiment direkt am Beispiel und mit Erfahrungen aus erster Hand belegt werden. Die Lehrkräfte erhielten nach der Demonstration Zeit, ihre eigenen Daten auszuwerten. Dieses Vorgehen wurde gewählt, da für viele Lehrkräfte der Umgang mit Excel ungewohnt war und die eigene Erarbeitung des Vorgehens anhand der Anleitung sehr lang gedauert hätte und Fehler so schneller erkannt werden konnten.

Anschließend wurde die Experimentalphase auf der Metaebene betrachtet. Dazu nutzten die Lehrkräfte ein Padlet, um zu sammeln, was gut funktioniert hatte bei Durchführung und Auswertung, wo Schwierigkeiten aufgetreten waren, welche Schwierigkeiten für Schüler\*innen auftreten könnten, und welche Chancen die Lehrkräfte für Schüler\*innen sahen (Abbildung Anhang 10). Das Format Padlet in Einzelarbeit wurde gewählt, um eine Sammlung der Erfahrungen für die gesamte Gruppe zu erstellen und jeder Lehrkraft die Möglichkeit zu bieten, ihre eigenen Gedanken zu formulieren. Die Besprechung der Ergebnisse im Padlet sorgte für einen

Überblick über die Barrieren und Chancen bei diesem Experiment und gab den Lehrkräften die Möglichkeit, in der Diskussionsphase auf diese Sammlung mit den eigenen Formulierungen zurück zu kommen.

### **Diskussionsphase und Abschluss**

Zur Diskussion des Apfelexperiments wurden die Lehrkräfte in Dreiergruppen eingeteilt. Die Hälfte der Gruppen (A) beschäftigte sich mit möglichen Differenzierungsmaßnahmen für das Apfelexperiment. Die andere Hälfte (B) beschäftigte sich mit möglichen digitalen Medien für das Apfelexperiment. Dabei sollten jeweils die Ergebnisse aus dem Padlet verwendet und die Theorie aus der Instruktionsphase genutzt werden, wobei sie je nach Gruppe verschiedene Folien aus der Instruktionsphase erhielten: Die **Schwerpunktgruppe Digitalisierung** die Folien didaktische Gestaltungsmöglichkeiten und Gestaltungsprinzipien von digitalen Medien (Folie 23 und 26 in Abbildung Anhang 1), die **Schwerpunktgruppe Inklusion** die Folie zur Inklusiven Didaktik (Folie 43 in Abbildung Anhang 1), die **Schwerpunktgruppe Integriertes Format** alle drei Folien 23, 26 und 43 (Abbildung Anhang 1). Dieses Vorgehen half den Lehrkräften, die zuvor bearbeiteten Inhalte wieder ins Gedächtnis zu rufen und diese auf das Experiment anzuwenden.

In der zweiten Hälfte der Diskussionsphase gingen die Lehrkräfte in Partnerarbeit in Breakout Rooms, wobei jeweils eine Person aus Gruppe A und B stammte, und stellten sich gegenseitig vor, welche Überlegungen sie in der ersten Phase gesammelt hatten und wie diese kombiniert werden könnten. Die Ergebnisse wurden in einem Shared Document zusammengetragen, in welchem die Schritte des Experiments (Gropengießer, 2013) und Beispiele vorgegeben waren (Abbildung Anhang 11). Dieses Format wurde gewählt, um den Lehrkräften den Austausch in kleinen Gruppen zu ermöglichen und somit Ideen in einem geschützten Raum zu entwickeln. Erst in der zweiten Phase wurden die Ergebnisse gesammelt, die dann im Plenum diskutiert wurden. Dieses Vorgehen steigerte vor allem gegen Ende der Veranstaltung die Bereitschaft zur Mitarbeit und zur Diskussion.

Anschließend wurden, sofern nicht in der letzten Arbeitsphase bereits diskutiert, weitere Möglichkeiten demonstriert, wie digitale Medien zur Differenzierung des Experiments genutzt werden können, sowie ein Bezug zum Bayerischen Lehrplan (u.a. Jahrgangsstufe 13 Experimente zur Enzymaktivität; ISB, 2023b). hergestellt. Durch dieses Vorgehen wurde sichergestellt, dass die Lehrkräfte optimal auf die Umsetzung des Experiments im Unterricht vorbereitet waren.

Nach der Postbefragung, welche als Onlinelink verteilt wurde, erhielten die Lehrkräfte die Möglichkeit, mittels eines Mentimeters eine Take-Home-Message zu formulieren (Abbildung Anhang 12). Diese Methode unterstützte die Teilnehmenden dabei, die wesentlichen Elemente der Fortbildung zu identifizieren und für sich persönlich zu formulieren. Außerdem bekam die

Dozentin einen Überblick, welche Inhalte sich bei den Teilnehmenden besonders eingepägt hatten. Um die Fortbildung abzurunden, wurde ein Rückbezug zum Beginn der Fortbildung hergestellt, indem die Ziele der Fortbildung erneut präsentiert und reflektiert wurden.

### **7.2.6 Statistische Auswertungsmethoden**

Um eine statistische Auswertung der Daten durchführen zu können, wurden die Daten aufbereitet. Aus den Datensätzen wurden jene ausgeschlossen, die nur für einen der beiden Testzeitpunkte vorlagen. Außerdem wurden verdächtige Datensätze, die beispielsweise klar erkennbare Ankreuzmuster aufwiesen, geprüft. Die Daten wurden Rasch-skaliert, um einen Vergleich der Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten vornehmen zu können. Vorteil dieser Methode ist, dass die berechneten Personenfähigkeiten metrisch sind und entsprechend anschließend metrische Verfahren damit durchgeführt werden können (Boone et al., 2014). Zum einen werden somit die Abstände zwischen den einzelnen Antwortkategorien der Items bestimmt und nicht als gleich angenommen, und zum anderen werden die Itemschwierigkeiten in die Personenfähigkeiten miteinbezogen, was eine verlässlichere Aussage über Abstände zwischen Personen zulässt als ein Rawscore einer Ordinalskala.

#### **Vorbereitung des Datensatzes und Überprüfung der Zulässigkeit für die Raschmodellierung mit Winsteps**

Negativ formulierte Items wurden umcodiert, damit alle Items einer Skala in die gleiche Richtung zeigen, also ein hoher Wert für eine Zustimmung zum Konstrukt und ein niedriger Wert für eine Ablehnung des Konstrukts steht.

Die vorliegenden Daten wurden auf ihre Voraussetzungen für eine Rasch-Skalierung geprüft. Eine Voraussetzung für die Rasch-Skalierung ist, dass die Daten unidimensional sind. Das bedeutet zum einen, dass die Skalen separat voneinander betrachtet werden, um eine prinzipielle Unidimensionalität zu gewährleisten. Zum anderen wird jede Skala auf ihre Unidimensionalität geprüft mittels Principal-Components Analysis of Residuals (PCAR-Analyse) (Boone & Staver, 2020). Bei der PCAR wird in dem Teil der Daten, die nicht mit dem Rasch-Modell erklärbar sind, nach Mustern gesucht. Es wird also geprüft, ob Gruppen von Items gleiche Merkmale in der Unerwartetheit aufweisen. Falls das der Fall ist, könnte eine weitere Dimension in den Daten vorliegen. Getestet wird für den Eigenwert der Dimension. Wenn dieser  $> 2$  ist, muss genauer untersucht werden, ob es sich um mehrere Dimensionen in den Clustern oder um inhaltliche Gebiete einer Skala handelt (ebd.). Außerdem muss eine Unabhängigkeit vorliegen, d.h. dass die Items voneinander unabhängig sind, also die Beantwortung eines

Items nicht die Beantwortung eines anderen Items bedingt. Dazu werden die Residualkorrelationen zwischen den Items betrachtet. Diese sollten  $< 0,7$  sein, um eine Unabhängigkeit der Items gewährleisten zu können (Sammelink & Maree, 2023).

Eine weitere Voraussetzung für die Verwendung der Rasch-skalierten Daten ist der Fit der Items (Boone et al., 2014). Der Infit und Outfit der einzelnen Items gibt an, ob die Items wie erwartet beantwortet wurden und ob sie zum Durchschnitt (Infit) und zu den Extrema (Outfit) der Personenfähigkeiten passen. Der Outfit ist dabei für den Itemfit entscheidender, da Fehler am Rand des Intervalls stärker ins Gewicht fallen als Fehler in der Mitte (nah an der Personenfähigkeit). Der MNSQ-Wert sollte dabei jeweils zwischen 0,5 und 1,5 liegen, perfekt wäre ein Wert von 1,0. Werte über 1,5 entsprechen einem völlig unerwarteten Antwortverhalten. Werte unter 0,5 entsprechen einem zu perfekt passenden Fit. Diese underfit-Items sind nicht produktiv für die Messung, schaden ihr aber auch nicht. Entsprechend ist die Grenze bis 1,5 relevanter als die Untergrenze des Intervalls. Falls diese Werte nicht passen, wird als nächstes der Z-Standardwert betrachtet, welcher zwischen -1,96 und 1,96 liegen sollte. Für nicht fittende Items werden die Antworten der Teilnehmer\*innen betrachtet. Dabei werden die Z-Residuen der Antworten analysiert. Sehr unerwartete Antworten können aus dem Fragebogen entfernt werden. Dies geschieht üblicherweise mit Antworten, deren Z-Residuen sehr groß sind. Große Z-Residuen deuten darauf hin, dass eine Person mit einer niedrigen Personenfähigkeit ein schwieriges Item unerwartet hoch geratet hat, bzw. eine Person mit einer hohen Personenfähigkeit ein einfaches Item unerwartet schlecht beantwortet hat. Dieses Vorgehen wird wiederholt, bis die Fits entsprechend passen, solange das Vorgehen nicht die Grundgesamtheit der Daten verändert. Alternativ kann eine gesamte Person aus der Berechnung ausgeschlossen werden. Items, die nach wie vor nicht fitten, müssen gegebenenfalls von der Untersuchung ausgeschlossen werden (ebd.). Des Weiteren wird die Schrittreihenfolge der Antwortkategorien untersucht. Dabei ist zu beachten, ob die mittleren Personenfähigkeiten der der Personen, die eine bestimmte Kategorie eines Items ausgewählt haben für die Kategorien in aufsteigender Reihenfolge vorliegen. Das bedeutet zum Beispiel, dass Personen, die Kategorie 0 (ich stimme gar nicht zu) gewählt haben, eine niedrigere mittlere Personenfähigkeit aufweisen sollten als Personen, die Kategorie 1 (ich stimme nicht zu) gewählt haben.

## Itemschwierigkeits- und Personenfähigkeitsanalysen

Die Güte des Modells wird außerdem an der Wright Map betrachtet (Boone et al., 2014). Die Darstellung auf der Wright Map zeigt Itemschwierigkeiten und Personenfähigkeiten auf der gleichen Skala in der Einheit Logits. Betrachtet man eine Person mit einer bestimmten Fähigkeit auf der Wright Map, so kann man sagen, dass sie die Items, die auf der Skala niedriger liegen als die eigene Personenfähigkeit, mit einer Wahrscheinlichkeit von mehr als 50 % richtig beantworten kann, beziehungsweise dem Item hoch zustimmen wird. Items, die höher liegen als die eigene Personenfähigkeit, werden mit einer geringeren Wahrscheinlichkeit als 50 % richtig beantwortet, beziehungsweise eher niedrig zugestimmt (ebd.). Geprüft wird, ob die Items gleichmäßig über die gesamte Skala verteilt sind. Umso gleichmäßiger die Verteilung ist, umso breiter misst das Testinstrument. Bildlich dargestellt kann man das Messinstrument mit einem „Meterstab“ vergleichen. Umso mehr von der Skala durch die Items abgedeckt wird, umso feiner ist die Skalierung des „Meterstabes“. Liegen Items auf dem gleichen Niveau, gilt es zu prüfen, ob diese redundant sind und entsprechend Dopplungen verworfen werden können (ebd.). Die Items werden anschließend inhaltlich beleuchtet. Dabei wird untersucht, ob sich die Schwierigkeitshierarchie der Items mit der Theorie deckt und welche Unterschiede es zwischen leichten und schwierigen Items gibt. Des Weiteren gilt es zu prüfen, ob die Personen sich gleichmäßig über die Skala verteilen oder ob es Decken- oder Bodeneffekte gibt, bei welchen einige Personen ganzen Konstrukten komplett zustimmen oder diese ablehnen (ebd.). Es sollten nicht mehr als 10 % der Stichprobe extrem geantwortet haben, wobei sich 5 % für extrem gut (Deckeneffekt) und 5 % für extrem schlecht (Bodeneffekt) addieren (Davis & Boone, 2021). Die mittlere Itemschwierigkeit liegt per Definition des Modells bei 0 (Boone et al., 2014). Nun wird geprüft, wo die mittlere Personenfähigkeit liegt. Ein ideales Targeting läge auf gleicher Höhe (plus oder minus 1 Logit) wie die mittlere Itemschwierigkeit (ebd.). Läge dieser Fall vor, würde das Testinstrument optimal für die Stichprobe messen. Des Weiteren wird untersucht, inwiefern sich fähige Personen von weniger fähigen Personen beispielsweise durch besondere Merkmale unterscheiden.

Nach der qualitativen Bewertung der Wright Map werden die Kennwerte des Modells betrachtet, begonnen bei der Itemschwierigkeit (Boone et al., 2014). Zunächst wird der Standardfehler betrachtet. Umso kleiner der Standardfehler, desto besser die Schätzung. Bei Misfits sollte das Antwortverhalten der einzelnen Teilnehmer\*innen überprüft werden, um diese nachvollziehen und begründen zu können (ebd.). Die Personenfähigkeit wird analog zur Itemschwierigkeit überprüft, wobei hierbei ein Misfit nicht zwingend zum Ausschluss der Person aus den Berechnungen führt, da ein unerwartetes Antwortverhalten einer Person nicht so ausschlaggebend ist wie ein nicht fittendes Item. Mit den Itemcharakteristikkurven (ICC) wird die Schwierigkeit der Items auf der Skala dargestellt und eingeschätzt (ebd.). Auf der x-Achse befindet

sich die Personenfähigkeit, auf der y-Achse der erwartete Score. Dadurch werden Lücken im Messbereich erkennbar, welche durch die Differenz zwischen den ICCs sichtbar werden. Die Steigung und die Form der ICCs sind im Rasch-Modell für dichotome Items identisch, lediglich die Position auf der x-Achse verändert sich (Boone et al., 2014). Bei mehrstufigen Items, wie sie in dieser Studie vorliegen, verändert sich die Form nach der Wahrscheinlichkeit der Antwortkategorien des Items. Je positiver dabei der x-Wert des Items ist, desto schwieriger ist das Item. Items, die bei den genannten Testungen auffällig geworden sind, werden nun hinsichtlich ihres Fittings genauer untersucht. Zunächst werden das Wording und die Codierung untersucht und die Trennschärfe der Codierungskategorien betrachtet. Eine inhaltliche Validität zum gemessenen Konstrukt sollte ebenso vorliegen (ebd.). Des Weiteren werden die Antwortformate überprüft, ob Distraktoren plausibel sind, das Item erraten werden kann oder eine soziale Erwünschtheit der Antwort vorliegt. Außerdem müssen die Antworten des Items klar voneinander unterscheidbar sein, das heißt, es muss geprüft werden, ob die durchschnittliche Personenfähigkeit größer ist als die Standardabweichung der einzelnen Antwortmöglichkeiten. Die Kategorienwahrscheinlichkeitskurven geben einen guten Einblick, ob die einzelnen Antwortkategorien einen eigenständigen Bereich abdecken, also einen bestimmten Personenfähigkeitsbereich beschreiben. Optimalerweise sollte jede Antwortkategorie einen eigenen „Hügel“ in der Abbildung haben, es sollten also keine vollständigen Überschneidungen der Kurven vorliegen (ebd.). Falls viele der aufgeführten Kriterien nicht zutreffen, muss das Item ausgeschlossen werden.

Anschließend folgt die Reliabilitätsanalyse, wobei sowohl die Separation als auch die Reliabilität betrachtet werden. Dabei wird die Grundgesamtheit der Stichprobe betrachtet (Boone et al., 2014). Die Reliabilität und die Separation von Items und Personen haben unterschiedliche Auswirkungen und Anwendungen. Die Personenseparation wird zur Klassifikation von Personen verwendet, wobei eine niedrige Personenseparation ( $< 2$ ; Reliabilität  $< 0,8$ ) darauf hinweist, dass das Instrument nicht sensibel genug misst, um zwischen gut und schlecht performenden Personen zu unterscheiden (Boone et al., 2014). Hier können mehr Items abhelfen. Die Itemseparation hingegen wird für die Überprüfung der Itemhierarchie verwendet. Eine niedrige Itemseparation ( $< 4$ ; Reliabilität  $< 0,9$ ) deutet auf eine zu kleine Stichprobe hin, um die Konstruktvalidität festzustellen, welche sich in einer reproduzierbaren Itemschwierigkeitshierarchie zeigt (Boone et al., 2014). Die Reliabilität ist der Trennungsindex und bedeutet eine Reproduzierbarkeit der relativen Messlage. Das bedeutet, bei einer hohen Reliabilität ist die Wahrscheinlichkeit hoch, dass Personen (oder Items), die mit hohen Messwerten geschätzt werden auch tatsächlich höhere Messwerte haben als Personen (oder Items) mit niedrigen Messwerten. Die Zuverlässigkeit der Schätzung steigt mit zunehmender Stichprobengröße und/ oder bei geringem Messfehler (ebd.).

Eine hohe Personenreliabilität resultiert aus einer Stichprobe mit großer Fähigkeitsspanne und/oder einem Instrument mit vielen Items (Boone et al., 2014). Außerdem hängt sie von Faktoren wie der Kategorienanzahl pro Items und dem Sample-Items Targeting ab. Unbeeinflusst ist die Personenreliabilität von der Stichprobengröße und weitestgehend auch vom Modelfit. Die Personenreliabilität kommt der Reliabilität aus der klassischen Testtheorie am nächsten (ebd.). Im Allgemeinen ist die in der klassischen Testtheorie berichtete Cronbachs Alpha-Reliabilität jedoch höher als die mit Rasch berechnete Reliabilität (ebd.). Diese wird berechnet aus der beobachteten Varianz der Personenfähigkeit (OV) und dem Mittelwert der quadrierten Standardfehler der Personenfähigkeit (EV). Dabei gilt (Boone et al., 2014):

$$\text{Personenreliabilität} = \frac{OV - EV}{OV}$$

Die Varianz wird als Quadrat der Standardabweichung berechnet. Die Interpretation der Personenreliabilität lässt die Aussage zu, in wie viele Fähigkeitslevel der Test die Stichprobe unterscheiden kann: 0,9 entspricht 3 oder 4 Level; 0,8 entspricht 2 oder 3 Level; 0,5 entspricht 1 oder 2 Level. Die Model-Personenreliabilität, einschließlich der Extremwerte, ist eine Obergrenze für die Personenreliabilität, wenn die Personen nach Werten sortiert sind. Die reale Personenreliabilität, inklusive der Extremwerte, ist dabei die Untergrenze. Diese beiden Reliabilitäten unterscheiden sich in der Berechnung der Fehlervarianz. Im Vergleich dazu wird die Testreliabilität als wahre Personenvarianz oder beobachtete Personenvarianz betrachtet, welche sich eher als Personen-Stichproben-Reliabilität versteht, wobei Reliabilität sich auf die Reproduzierbarkeit der Personenreihenfolge bezieht (Boone et al., 2014). Diese Reliabilität wird mit Cronbachs Alpha über eine Varianzanalyse geschätzt, Winsteps hingegen nähert sich ihm durch die Verwendung der Standardfehler der Messung an. Da die wahre Personenreliabilität immer nur geschätzt werden kann, bilden die verwendeten Modelle immer eine Annäherung ab. Durch die Berechnung der Ober- und Untergrenze mit Winsteps lässt sich die wahre Reliabilität als zwischen beiden liegend annehmen. Umso mehr Rauschen aus den Daten entfernt wird, umso näher liegt die wahre Reliabilität am Model-Wert (ebd.).

Neben der Personenreliabilität errechnet Winsteps eine Itemreliabilität. Eine hohe Itemreliabilität erzielt man mit einer großen Schwierigkeitsspanne der Items oder einer großen Personenstichprobe (Boone et al., 2014). Eine niedrige Itemreliabilität zeugt häufig von einer zu kleinen Stichprobe, um eine reproduzierbare Itemhierarchie zu erhalten. Lückenhafte Datensätze wirken sich ebenfalls negativ auf die Reliabilitätsschätzungen aus (ebd.). Die Itemreliabilität ist unabhängig von der Testlänge und weitestgehend unbeeinflusst vom Modelfit. Auch für sie gilt (Boone et al., 2014):

$$\text{Itemreliabilität} = \frac{OV - EV}{OV}$$

Hierbei ist *OV* die beobachtete Varianz der Itemschwierigkeit und *EV* der Mittelwert der quadrierten Standardfehler der Itemschwierigkeiten (ebd.). Es gibt analog zur Personenreliabilität eine Model-Itemreliabilität und eine reale Itemreliabilität. Beim Ankern von Itemschwierigkeiten, d.h. diese werden beispielsweise für den Prätest berechnet und dann im Posttest mit der gleichen Schwierigkeit angenommen, wird die Itemreliabilität als wahre Reliabilität angenommen (ebd.).

Die entscheidenden Elemente bei der Reliabilitätsberechnung sind die wahre Varianz und die Fehlervarianz der Messung. Die wahre Varianz (*TV*) ist die quadrierte wahre Standardabweichung (*TSD*); sie entspricht der um den Fehler der Varianz bereinigten beobachteten Varianz (Boone et al., 2014):

$$TV = TSD^2$$

$$TV = OV - EV$$

Die Personenseparation entspricht dem Verhältnis der wahren Standardabweichung zur Wurzel der mittleren Fehlerquadratsumme (*RMSE*) (ebd.). Anders ausgedrückt ist der quadrierte Separationskoeffizient das Signal-zu-Rauschen-Verhältnis, also das Verhältnis von wahrer Varianz zu Fehlervarianz (Boone et al., 2014):

$$\text{Separation} = \frac{TSD}{RMSE}$$

$$\text{Separation}^2 = \frac{TSD^2}{RMSE^2} = \frac{TV}{EV}$$

Je nach Quelle findet man verschiedene Zielwertangaben für die beschriebenen Konstrukte (Tabelle 15):

**Tabelle 15 Zielwerte der Separations- und Reliabilitätswerte, sowie der Fitwerte**

Konstrukt	Malec et al. (2007)	Boone et al. (2014)
Personenreliabilität (Spanne = 0 bis 1,0)	> 0,8	> 0,8
Personenseparation	> 2,0	> 2,0
Itemreliabilität (Spanne = 0 bis 1,0)	> 0,9	> 0,9
Itemseparation	> 4,0	> 4,0
Item Infit MNSQ	0,6 – 1,4	0,5 – 1,5
Item Outfit MNSQ	0,6 – 1,4	0,5 – 1,5
ZSTD Personenfit	-	-3,0 – 3,0

## **Mike Linacre Guidelines zur Güteprüfung**

Um Ratingskalen zu untersuchen, gibt es sogenannte Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021). Diese beinhalten 8 Schritte zur Güteprüfung von Ratingskalen mit Rasch im Programm Winsteps. Dabei werden die Antwortkategorien der Skala betrachtet:

1. Pro Kategorie müssen mindestens 10 Beobachtungen vorliegen. Dabei werden alle Items einer Skala gemeinsam betrachtet und die Beobachtungen gezählt. Sollte eine Kategorie weniger Beobachtungen aufweisen, ist die Aussage über die Kategorie nicht valide.
2. Die Beobachtungen sollten sich in der Mitte der Skala häufen und an den Extrema der Skala weniger werden. So wird sichergestellt, dass die Skala in gewünschter Weise misst.
3. Die durchschnittliche Messung der Personenfähigkeiten pro Kategorie sollte monoton ansteigen von der niedrigsten zur höchsten Kategorie.
4. Der Outfit-MNSQ-Wert pro Kategorie sollte  $< 2$  sein. Größere Werte lassen auf eine unerklärte Beliebigkeit der Antworten schließen. Perfekte Werte lägen zwischen 0,5 und 1,5.
5. Die Kategorienschritte (Andrich Thresholds) müssen monoton ansteigen von der niedrigsten zur höchsten Kategorie.
6. Es sollte eine reziproke Beziehung zwischen der Bedeutung der Kategorie und der Messung vorliegen. Dazu sollten die Kohärenzen über 40 % liegen. Wenn das nicht gegeben ist, ist die Kategorie nicht problematisch.
7. Die Abstände zwischen den Kategorien sollten  $> 1,4$  Logits sein.
8. Die Abstände zwischen den Kategorien sollten  $< 5,0$  Logits sein.

## **Differential Item Functioning**

Zwischen Prä- und Posttest sollte es keinen DIF geben. Als DIF bezeichnet man differential item functioning, also Items, die für verschiedene Subgruppen einer Analyse unterschiedlich messen (Boone et al., 2014). Um eine Vergleichbarkeit von Prä- und Posttest-Fähigkeiten zu gewähren, sollten die Items keine unterschiedliche Messfunktion haben. Sollte dennoch ein DIF auftreten (Wahrscheinlichkeit  $< 0,01$  & DIF Contrast  $> 0,64$  oder  $< -0,64$ ), ist zu prüfen ob ein Item entfernt werden muss. Dazu wird zunächst inhaltlich betrachtet, ob es einen Grund für den DIF gibt. Anschließend kann das Item entweder von der Analyse ausgeschlossen oder als unterschiedliche Items für die Untergruppen behandelt werden, indem es dupliziert wird und jeweils nur eine Gruppe Werte für dieses Item behält. Die andere Gruppe erhält entsprechend Missings in Item 1 und die Messwerte in Item 2, in dem die erste Gruppe Missing enthält (ebd.).

## **Prä-Post-Vergleich**

Um die Personenfähigkeiten von identischem Prä- und Posttest zu vergleichen, müssen die Itemschwierigkeiten geankert werden, da Logits immer nur innerhalb einer Messung vergleichbar sind (Boone et al., 2014). Durch das Anker werden die beiden Messungen entsprechend verbunden und ein Vergleich wird zulässig. Das bedeutet, dass die im Prätest erhobenen Itemschwierigkeiten für den Posttest festgesetzt werden. Durch das Anker der Itemschwierigkeiten sind die berechneten Personenfähigkeiten aus Prä- und Posttest vergleichbar (ebd). Bei mehrstufigen Items werden sowohl die Items mit ihren Schwierigkeiten, als auch die Abstände zwischen den einzelnen Kategorien geankert, was bei dichotomen Items entfällt. Die Abstände der einzelnen Kategorien ergeben sich aus den Schnittpunkten der Wahrscheinlichkeitskurven, bei welchen die Wahrscheinlichkeiten für die einzelnen Kategorien gegen die Messwerte relativ zur Itemschwierigkeit aufgetragen werden (ebd). Es ist eine Annahme des Modells, dass die Kategorienschritte für alle Items gleich sind, um eine größere Datenmenge für die Schritte zu erhalten und somit die Schritte möglichst präzise darstellen zu können. Alle Items werden dabei zusammen betrachtet und gemittelt. Analog können auch Personen über verschiedene Testhefte hinweg geankert werden. Nach der Berechnung der Personenfähigkeiten in Prä- und Posttest können diese für weitere Kalkulationen verwendet werden, auch im Sinne der klassischen Testtheorie (ebd.).

## **Inferenzstatistik**

Nach der klassischen Testtheorie wurde eine mixed MANOVA zur Datenauswertung verwendet. Die Berechnungen erfolgten mit der Software IBM Statistics SPSS.

Eine multivariate Varianzanalyse (MANOVA) wird eingesetzt, um Gruppen hinsichtlich mehrerer abhängiger Variablen zu vergleichen (Bortz & Schuster, 2010). Dabei vergleicht die MANOVA die Gruppenunterschiede mit Hilfe der Linearkombination der abhängigen Variablen. Dabei wird die Alphafehler-Kumulierung ausgeschlossen (ebd.). Der Gruppenvergleich erfolgt als Zwischensubjektfaktor.

Für die MANOVA müssen die Voraussetzungen einer ANOVA erfüllt sein und weitere spezifische Voraussetzungen (Field, 2009):

- Unabhängigkeit der Messung: Die Messdaten müssen unabhängig voneinander erhoben worden sein, das heißt für diese Studie, dass die Teilnehmer\*innen der Studie nicht in mehreren Versuchsgruppen gewesen sein dürfen.
- Abhängige Variablen mindestens intervallskaliert: Die abhängigen Variablen müssen mindestens intervallskaliert sein, metrische Daten sind immer zu bevorzugen.

- Unabhängige Variable ist nominalskaliert: Die unabhängige Variable ist kategorial und entsprechend nominalskaliert, der vorliegenden Studie beispielsweise die Gruppenzu- teilung.
  - Stichprobengröße: Je größer die Stichprobe ist, umso aussagekräftiger ist das Ergeb- nis. Es sollte jedoch mindestens so viele Fälle pro Gruppe geben, wie es abhängige Variablen gibt.
  - Lineare Beziehungen: Es sollte in jeder Gruppe lineare Beziehungen zwischen den abhängigen Variablen geben.
  - Keine Multikollinearität: Die abhängigen Variablen sollen moderat miteinander korre- lieren. Bei zu geringer Korrelation wird die statistische Power gemindert. Bei zu hoher Korrelation (über 0,9) spricht man von Multikollinearität, was dazu führt, dass die Vari- ablen keine weitere Varianz aufklären und entsprechend redundant sind.
  - Varianzgleichheit: Die Varianzen der Gruppen sollten etwa gleich groß sein, um einen Fehler 1. Art zu vermeiden. Dazu wird der Levene-Test herangezogen.
  - Homogenität der Varianz-Kovarianz Matrizen: Die Varianz-Kovarianz-Matrizen sollten in etwa homogen sein. Dazu wird der Box's M-Test herangezogen.
  - Multivariate Normalverteilung: Die univariate Normalverteilung ist eine Voraussetzung der multivariaten Normalverteilung. Multivariat normalverteilte Daten geben der MA- NOVA mehr statistische Power.
  - Keine univariaten und multivariaten Ausreißer: Es sollten in den Gruppen keine Aus- reißer in Form von Extremwerten (univariat) oder multivariat vorliegen.
- (Field, 2009)

## 7.2.7 Qualitative Methodik

### Leitfadeninterview

Die Interviews wurden als leitfadengestützte Interviews durchgeführt, d.h. die Interviews waren teilstandardisiert und vorstrukturiert im Vergleich zum offenen Interview (Helfferich, 2014). Die interviewende Person geht bewusst deduktiv in das Gespräch, indem konkrete Fragen vorbe- reitet werden. Dabei ist nicht zu vernachlässigen, dass der Leitfaden dem Interview dient und entsprechend kein starres Abarbeiten der Fragen stattfinden soll, sondern sich durchaus am Interview orientiert werden darf. Umso stärker das Interview strukturiert wird, umso eher wirken die Antworten als Echo auf die Fragen (ebd.). Die Fragen sollten entsprechend nicht zu ge- schlossen sein, um einen Gesprächsfluss zu erzeugen und Gesprächsanreize in den Fragen zu transportieren. Der Aufbau des Interviews soll dabei einen Erzählstimulus enthalten, der die interviewte Person auf das zu untersuchende Phänomen lenkt. Anschließend werden thema- tisch geordnete, aber offen Fragenkomplexe angeführt, welche auf dem Gesagten aufbauen

und später neue Aspekte adressieren. Den Abschluss können evaluierende Fragen oder Gedankenexperimente bilden. Die Strukturierung stellt sicher, dass die für die Forschung relevanten Aspekte im Interview fokussiert werden, selbst wenn die zu interviewende Person den Fokus dort nicht selbst gelegt hätte (ebd.). Sinnvoll ist ein leitfadengestütztes Interview entsprechend, wenn die zu untersuchende Fragestellung relativ eng gestellt ist oder theoriegeleitete Vorannahmen existieren. Ziel ist es, argumentierende Darstellungen zu erfassen und durch den Leitfaden vergleichbare Interviews zu erhalten (Kuckartz, 2020).

Kriterien für ein leitfadengestütztes Interview nach Przyborski und Wohlrab-Saar (2014) sind abgewandelt nach Merton (1956) die Parameter: Offenheit, Spezifität und Kontextualität und Relevanz. Unter Offenheit verstehen sie eine offene Frage zu Beginn des Interviews, die es der interviewten Person erlaubt, den Sachverhalt aus eigener Perspektive zu schildern. Ein Erzählfluss soll generiert werden. Unter Spezifität wird das genaue Nachfragen verstanden, welches oftmals auftritt, wenn ein Aspekt von Interesse nur beiläufig erwähnt, jedoch nicht ausführlich geschildert wird. Es handelt sich entsprechend um immanente Fragen, die das Gesagte aus dem Interview aufgreifen und keine neuen Aspekte aufwerfen. Kontextualität und Relevanz meint das Abbilden der subjektiven oder institutionellen Relevanz der interviewten Person und das Einbetten des persönlichen Kontexts der interviewten Person. Hier spricht man auch von situativer Einbettung.

Die Erstellung eines Leitfadens erfolgt schriftlich. Der Aufbau ist dabei systematisch und themenzentriert. Die Reihenfolge der Fragen sollten dabei vom Allgemeinen zum Spezifischen erfolgen. Die erste Frage ist bewusst offen gestellt und dient als Eisbrecher (Helfferich, 2014). Die interviewte Person soll zunächst ins Erzählen kommen und sich an die Interviewsituation gewöhnen. Nach dem ersten Impuls werden immanente Nachfragen gestellt. Neue Themenbereiche werden abermals offen eingeleitet und dann mit immanenten Nachfragen vervollständigt. Bereits in der offenen Frage beantwortete weitere Fragen aus dem Leitfaden müssen nicht erneut gestellt werden, sondern können übersprungen werden (ebd.). Wenn neue Aspekte auftauchen, die im Leitfaden noch nicht berücksichtigt wurden, kann das Themenspektrum im Anschluss erweitert werden. Ein Leitfaden muss dabei insgesamt die Forschungsfrage des Interviews abbilden, ohne dieselbe zu nennen. Zur Fragenerstellung schlägt Kruse (2015) vor, eindeutig und verständlich formulierte Fragen zu gestalten. Wichtig ist auch eine Abstimmung der Wortwahl an die Zielgruppe (ebd.). Vermieden werden sollen geschlossene Fragen, Begründungsfragen, Suggestivfrage, wertende Fragen, metaphorische Fragen, Konjunktivformulierungen und Fragen, die das Wissen der Zielgruppe weit übersteigen. Abgesehen von verbalen Elementen können auch Stimuli verwendet werden wie Bilder, Filme etc., die zur Diskussion und Interpretation verwendet werden (Helfferich, 2014).

## **Fokussierte Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2020)**

Unter der fokussierten Inhaltsanalyse nach Kuckartz versteht man ein Vorgehen der strukturierten qualitativen Inhaltsanalyse von Leitfaden- oder Fokusinterviews in sechs Schritten (Kuckartz, 2020):

### 1. Daten vorbereiten, organisieren und explorieren

Zunächst müssen die Interviews transkribiert und in die Software MAXQDA übertragen werden. Soziodemographische Daten werden als Dokumentenvariablen hinterlegt. Zu Beginn der Analyse werden zunächst eigene Vorannahmen reflektiert und dann ein Teil der Interviews exploriert. Dabei werden auffällige Textpassagen markiert, Memos und erste Fallzusammenfassungen erstellt. Die Auswahl der zu explorierenden Interviews hängt von der Studie ab, sollte jedoch immer die volle Breite der Ausprägungen erfassen.

### 2. Hauptkategoriensystem aus Leitfaden entwickeln

Der Leitfaden des Interviews beruht auf der Forschungsfrage. Entsprechend werden diese Vorüberlegungen genutzt und die Hauptkategorien entlang des Leitfadens und der Forschungsfrage erstellt. Die Leitfragen werden direkt in Hauptkategorien übersetzt, wobei es verschiedene Arten von Kategorien gibt: Faktenkategorien beziehen sich auf überprüfbare, eindeutige Gegebenheiten. Thematische Kategorien bezeichnen Themen, Argumente oder Denkfiguren. Evaluative, skalierende Kategorien dienen der Erfassung von Ausprägungen wie vorhanden oder nicht vorhanden oder eine graduelle Abstufung. Theoretische Kategorien werden direkt auf der Grundlage existierender Theorien ohne Berücksichtigung des Datenmaterials gebildet. Neben dem Leitfaden dienen die zugrundeliegenden Theorien und die Erkenntnisse aus der Datenexploration als Kategorienquelle. Dazu gehören analytische Kategorien, die aus der Auseinandersetzung mit dem Datenmaterial entstehen und natürliche Kategorien, die Wörter oder Formulierungen der Interviewten aufgreifen. Die Kategorien werden anschließend definiert und bei Bedarf abgegrenzt zu anderen Kategorien. Auch können Sammelkategorien angelegt werden wie Sonstiges oder zitierfähige Textstellen, um die Daten möglichst effizient auswerten zu können.

### 3. Basiscodierung

Bei der Codierung werden alle Interviews miteinbezogen und diese anhand der zuvor entwickelten Hauptkategorien codiert. Dabei werden Sinneinheiten den einzelnen Kategorien zugeordnet und die Definitionen der Kategorien stetig überprüft und angepasst. Ebenso können neue Kategorien hinzugenommen werden, wenn im Material weitere Aspekte auftreten, die sich keiner Hauptkategorie zuordnen lassen und dennoch für die Forschungsfrage relevant erscheinen. Bei thematisch stark strukturierten

Interviews ist eine codierende Person ausreichend, um eine gute Güte der Codierung sicherzustellen. Bei komplexeren Kategoriensystemen empfiehlt es sich, eine\*n Zweitcodierer\*in einzusetzen.

#### 4. Kategoriensystem weiterentwickeln und Feincodierung

Die Hauptkategorien werden in diesem Schritt ausdifferenziert. Dabei verschiebt sich das Augenmerk vom Einzelfall hinzu Einzelthemen. Die codierten Textstellen werden dazu systematisch nach Kategorien bearbeitet und diese anhand der Daten in neue Dimensionen und Subkategorien untergliedert. Das gesamte Material wird ein zweites Mal codiert, was als Feincodierung bezeichnet wird. Dies erfolgt in fünf sich überlappenden Schritten: Zunächst werden die Kategorien ausgewählt und deren Bearbeitungsreihenfolge festgelegt. Dann werden die codierten Textabschnitte für eine Kategorie zusammengestellt für einen Überblick über die Inhalte der Kategorie. Anschließend wird entschieden, wie mit der Kategorie verfahren wird, z.B. werden Subkategorien gebildet, die Kategorie mit einer anderen zusammengelegt oder die Kategorie so belassen, da sie aussagekräftig ist. Dann werden die wichtigsten Inhalte des Segments als Stichpunkte festgehalten und im letzten Schritt eine Ausdifferenzierung der Kategorie vorgenommen.

#### 5. Analyse nach dem Codieren

In diesem Schritt werden die Inhalte ausgewählter Kategorien vertiefend analysiert und für den Bericht aufbereitet. Dazu werden jene Kategorien gewählt, die sich im Laufe des Prozesses als besonders relevant für die Beantwortung der Forschungsfrage herausgestellt haben. Die bereits formulierten Memos werden einbezogen. Es wird eine zusammenfassende Darstellung der Kategorien vorgenommen und dabei werden Dimensionen und Positionen herausgearbeitet, illustrierende Zitate eingefügt und eine Gesamtschau der (Sub-)Kategorie vorgenommen. Zudem können Kategorienhäufungen, fallbezogene Summaries, Zusammenhänge zwischen den Kategorien, Fall- und Gruppenvergleiche, Extremfälle, Wortanalysen und viele weitere Analysen durchgeführt werden.

#### 6. Ergebnisse berichten und Analyseprozess dokumentieren

Die Ergebnisse werden in einer plausiblen Reihenfolge anhand der Kategorien diskutiert. Zusammenfassungen von Einzelfällen können diesem Bericht vorangehen, müssen jedoch nicht. Illustrierende Zitate belegen die Zusammenhänge. Die Forschungsfrage wird durch den Bericht beantwortet und ggf. weitere Forschungsdesiderate offenbart. Außerdem wird das Kategoriensystem mit dessen Definitionen dokumentiert und die Daten werden zur Nachnutzung archiviert.

(Kuckartz, 2020)

## Genese des Kategoriensystems

Das Kategoriensystem für die Auswertung der Interviews wurde nach dem Vorgehen der beschriebenen fokussierten Inhaltsanalyse erstellt (Kuckartz, 2020). Dabei wurden zunächst die Leitfragen des Interviews herangezogen, um erste Kategorien zu bilden. Es wurden außerdem theoriebasierte Kategorien gebildet auf der Grundlage des Modells der Implementierung fachdidaktisch innovativer materialgestützter Unterrichtskonzeptionen (Breuer et al., 2022), der Theory of Planned Behavior (TPB) (Fishbein & Ajzen, 2005) und des TPACK-Modells (Mishra & Koehler, 2006). Außerdem wurden bei der Exploration der Daten Kategorien gebildet. Exploriert wurden zwei Interviews von Lehrkräften, die das Experiment implementiert hatten und zwei Interviews von Lehrkräften, die nicht implementiert hatten. Da sich einige Bereiche zwischen den Kategorien deutlich überschneiden, wurden diese zusammengelegt und ein Kategoriensystem mit mehreren Hauptkategorien erstellt (Tabelle 16), die in der Basiscodierung überprüft und durch zugehörige Unterkategorien erweitert wurden.

Bei der Basiscodierung wurden einige Bereiche in den Interviews aufgrund der Passung zu mehreren Kategorien doppelt codiert. Da sich die Kategorien Stress und Bedenken, und Implementationsbarrieren überschneiden, wurden sie in eine Hauptkategorie mit zwei Unterkategorien zusammengeführt. Ebenso wurden die Schwierigkeiten während der Implementation den Möglichkeiten als Unterkategorie zugeordnet. Die Hauptkategorien wurden in Unterkategorien unterteilt. Die Feincodierung fand mit dem Kategoriensystem aus Tabelle 17 statt, welches danach nicht mehr verändert wurde.

**Tabelle 16 Kategoriensystem mit Hauptkategorien für die Basiscodierung**

Kategorienursprung	Kategorie mit Beschreibung	Kategorientyp nach Kuckartz (2020)
Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)	<b>Stress und Bedenken</b> Codieren, wenn negative Äußerungen zur Umsetzung im Unterricht getätigt werden. Dazu gehören auch wahrgenommene Normen oder Vorschriften, die umzusetzen sind und Stress auslösen können, wie der Lehrplan oder KMK-Bildungsstandards	Theoriebasierte Kategorie
Leitfaden: Würden Sie das Apfelexperiment nochmal einsetzen? (3d)  Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)  TPB (Fishbein & Ajzen, 2005)	<b>Motivation/Intention</b> Codieren, wenn jemand die Motivation äußert das Experiment einzusetzen, egal ob implementiert oder nicht implementiert wurde	Theoriebasierte Kategorie/ Thematische Kategorie

Kategorienursprung	Kategorie mit Beschreibung	Kategorientyp nach Kuckartz (2020)
<p>Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)</p> <p>TPACK Modell (Mishra &amp; Koehler, 2006)</p> <p>TPB (Fishbein &amp; Ajzen, 2005)</p>	<p><b>Fähigkeiten/Professionswissen/Personalitätsmerkmale</b> Codieren, wenn eigene Fähigkeiten erwähnt werden oder aus der Aussage die Bedeutung der eigenen Fähigkeiten klar wird. Auch dann codieren, wenn Wissen oder Erfahrung sichtbar wird, die die Fähigkeiten beeinflussen. Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung codieren.</p>	<p>Theoriebasierte Kategorie</p>
<p>Leitfaden: Wer oder was hat Sie unterstützt, das Experiment einzusetzen? (3c)</p> <p>Leitfaden: Was würde Sie unterstützen, das Experiment einzusetzen? (4c)</p> <p>Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)</p>	<p><b>Möglichkeiten</b> Codieren, wenn Rahmenbedingungen und Unterstützungssysteme oder Personen genannt werden, die zur Umsetzung beitragen</p>	<p>Theoriebasierte Kategorie/ Thematische Kategorie</p>
<p>Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)</p>	<p><b>Systemische Auseinandersetzung</b> (gewinnbringend, nicht gewinnbringend) Codieren, wenn die Entscheidungsfindung beschrieben wird und dabei klare Strukturen eine Rolle spielen, bzw. eine klare Handlungsintention sichtbar wird</p>	<p>Theoriebasierte Kategorie</p>
<p>Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)</p>	<p><b>Heuristische Auseinandersetzung</b> (gewinnbringend, nicht gewinnbringend) Codieren, wenn die Entscheidungsfindung mehr wie ein Bauchgefühl von staten geht, ob das Experiment eingesetzt werden soll</p>	<p>Theoriebasierte Kategorie</p>
<p>Leitfaden: Haben Sie das Apfelexperiment im Unterricht bereits eingesetzt? (2)</p> <p>Modell der Implementierung (Breuer et al., 2022)</p>	<p><b>Implementiert/ Umsetzung</b> Codieren, wenn die Implementation des Experiments oder einzelner Bestandteile davon beschrieben wird</p>	<p>Skalierende Kategorie / Theoriebasierte Kategorie / Thematische Kategorie</p>
<p>Leitfaden: Was war für Sie die grundlegende Idee der Fortbildung? (1)</p>	<p><b>Behaltensleistung</b> Codieren, was die Lehrkräfte als Kernidee der Fortbildung angeben</p>	<p>Thematische Kategorie</p>
<p>Leitfaden: Erläutern Sie, warum Sie das Apfelexperiment nicht eingesetzt haben. (4a)</p>	<p><b>Implementationsbarrieren</b> Codieren, wenn konkrete Hürden für die Implementation genannt wurden</p>	<p>Thematische Kategorie</p>

Kategorienursprung	Kategorie mit Beschreibung	Kategorientyp nach Kuckartz (2020)
Leitfaden: Was waren konkrete Hürden für die Umsetzung? (4b)		
Explorativ	<b>Schwierigkeiten während Implementa- tion</b> Codieren, wenn die Schwierigkeiten wäh- rend der Implementation beschrieben werden	Thematische Kategorie
Explorativ	<b>Einsatzfach und Zeitrahmen</b> Codieren, wenn das Unterrichtsfach und der zeitliche Umfang der Implementie- rung genannt wird	Thematische Kategorie
Explorativ	<b>Kollaboration erwünscht</b> Codieren, wenn eine Kollaboration als förderliche für eine Implementierung ge- nannt wird	Thematische Kategorie

Tabelle 17 Kategoriensystem nach der Feincodierung

Hauptkategorie	Unterkategorie
<p><b>Barrieren/ Stress und Bedenken</b> Codieren bei negativen Äußerungen zur Implementation</p>	<p><b>Implementationsbarrieren</b> Codieren, wenn konkrete Hürden für die Implementation genannt wurden</p> <p><b>Stress und Bedenken</b> Codieren, wenn negative Äußerungen zur Umsetzung im Unterricht getätigt werden. Dazu gehören auch wahrgenommene Normen oder Vorschriften die umzusetzen sind und Stress auslösen können wie der Lehrplan oder KMK-Bildungsstandards</p>
<p><b>Motivation /Intention</b> Codieren, wenn jemand die Motivation äußert, das Experiment einzusetzen, egal ob implementiert oder nicht implementiert wurde</p>	<p><b>Intention erstmalig</b> Codieren, wenn jemand äußert, das Experiment einsetzen zu wollen in Zukunft</p> <p><b>Intention wiederholt</b> Codieren, wenn jemand äußert, das Experiment erneut einsetzen zu wollen</p>
<p><b>Fähigkeiten/ Professionswissen/ Persönlichkeitsmerkmale</b> Codieren, wenn Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung zum Tragen kommen Codieren, wenn aus einer Aussage das Professionswissen erkennbar wird</p>	<p><b>Hohe Selbstwirksamkeitserwartung</b> Codieren, wenn jemand Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten äußert</p> <p><b>Niedrige Selbstwirksamkeitserwartung</b> Codieren, wenn jemand an den eigenen Fähigkeiten zweifelt</p> <p><b>Positive Einstellung</b> Codieren, wenn positive Äußerungen zur Thematik getätigt werden</p> <p><b>Negative Einstellung</b> Codieren, wenn negative Äußerungen getätigt werden</p> <p><b>Professionswissen ausgeprägt</b> Codieren, wenn Äußerungen in Bezug auf das Wissen der Person korrekt sind</p> <p><b>Professionswissen schwach</b> Codieren, wenn Äußerungen in Bezug auf das Wissen der Person falsch sind</p>
<p><b>Möglichkeiten</b> Codieren, wenn Rahmenbedingungen und Unterstützungssysteme oder Personen genannt werden, die zur Umsetzung beitragen</p>	<p><b>Kollaboration erwünscht</b> Codieren, wenn eine Kollaboration als förderliche genannt wird</p> <p><b>Material</b> Codieren, wenn weiteres Material als förderlich genannt wird</p> <p><b>Rahmenbedingungen</b> Codieren, wenn organisatorische Zusammenhänge als förderlich genannt werden</p>
<p><b>Auseinandersetzung mit der Implementation</b> Codieren, wenn die Beschreibung der Implementation oder die Entscheidungsfindung beschrieben wird</p>	<p><b>Systematische Auseinandersetzung</b> (gewinnbringend, nicht gewinnbringend) Codieren, wenn die Beschreibung der Implementation oder die Entscheidungsfindung beschrieben wird und dabei klare Strukturen eine Rolle spielen, bzw. eine klare Handlungsintention sichtbar wird</p> <p><b>Heuristische Auseinandersetzung</b></p>

Hauptkategorie	Unterkategorie
	(gewinnbringend, nicht gewinnbringend) Codieren, wenn die Beschreibung der Implementation oder die Entscheidungsfindung mehr wie ein Bauchgefühl vonstatten geht, ob das Experiment eingesetzt werden soll
<b>Implementiert/ Umsetzung</b> Codieren, wenn die Implementation des Experiments oder einzelner Bestandteile davon beschrieben wird	<b>Tiefgreifende Umsetzung</b> Codieren, wenn das Experiment differenziert und digital durchgeführt und ausgewertet umgesetzt wird <b>Oberflächliche Umsetzung</b> Codieren, wenn das Experiment nicht differenziert, aber digital durchgeführt und ausgewertet umgesetzt wird <b>Teilweise Umsetzung</b> Codieren, wenn Bestandteile des Experiments außerhalb des Apfelexperiments umgesetzt werden
<b>Barrieren während Implementation</b> Codieren, wenn die Schwierigkeiten während der Implementation beschrieben werden, nur bei Implementation des Experiments, nicht bei Handlungsintention	<b>Ungelöste Barrieren</b> Codieren, wenn nur Barrieren genannt werden ohne Lösungsstrategie <b>Gelöste Barrieren</b> Codieren, wenn Barrieren mit Lösungsansatz genannt werden
<b>Behaltensleistung</b> Codieren, was die Lehrkräfte als Kernidee der Fortbildung angeben	<b>Experimentieren</b> Codieren, wenn Experimentieren genannt wird <b>Enzymatik</b> Codieren, wenn Enzymatik genannt wird <b>Alltagsbezug</b> Codieren, wenn der Alltagsbezug genannt wird <b>Inklusion/ Differenzierung</b> Codieren, wenn Inklusion oder Teile inklusiven Unterrichts z.B. in Form von Differenzierung, Unterricht für alle genannt wird <b>Digitale Medien</b> Codieren, wenn der Einsatz digitaler Medien genannt wird
<b>Einsatzfach und Zeitrahmen</b> Wird in die Kurzprofile aufgenommen	

## 7.3 Ergebnisse

### 7.3.1 Skalenanalyse

Um die Güte der Skalen zu bestimmen, wurde eine Rasch-Analyse durchgeführt (siehe Kapitel 7.2.6). Dabei werden die Itemschwierigkeiten der einzelnen Items einer Skala diskutiert. Die Betrachtung der Personen auf Skalenebene findet ab Kapitel 7.3.2 statt.

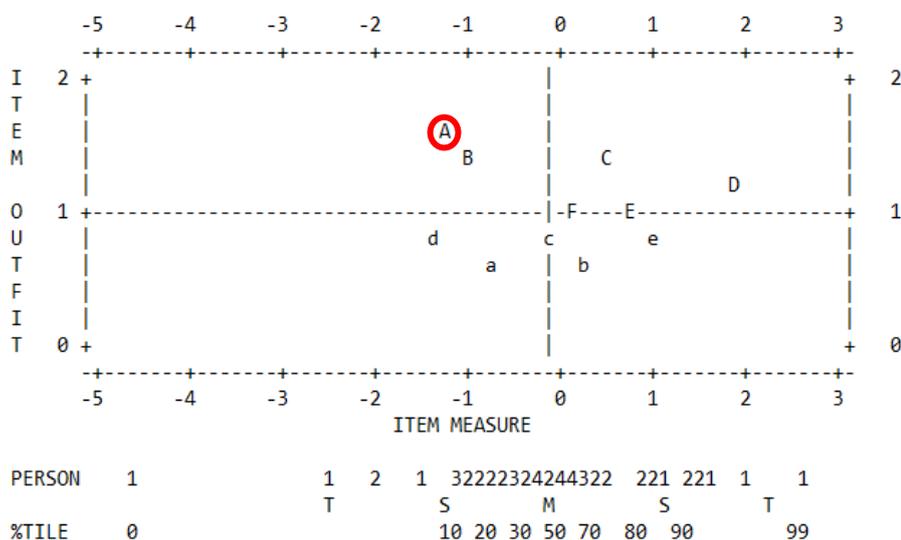
Im Folgenden werden die einzelnen Skalen nach ihrer Güte im Rasch-Modell betrachtet. Dazu werden Itemkennwerte, Personenparameter und Wright Maps wie unter Kapitel 7.2.6 beschrieben diskutiert. Die Datentabellen zu den Berechnungen finden sich im Anhang ab Kapitel 13.10.

#### 7.3.1.1 Skala Einstellung zur Inklusion

Mit der Skala Einstellung zu Inklusion wurde die Einstellung der Teilnehmer\*innen zur Inklusion von Schüler\*innen mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen erfasst.

#### Prätest

Nach der Datenerfassung wurde eine erste Rasch-Analyse durchgeführt, um die Datenqualität zu überprüfen. Als erstes wurde der Itemfit überprüft. Dazu wurden das Item-Outfit- und Infit-MNSQ betrachtet. Die graphische Darstellung des Outfits ist in Abbildung 24 dargestellt:



**Abbildung 24 Itemfit Skala Einstellung zu Inklusion Prätest**  
 Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
 Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

Das Item mit dem Buchstaben A (EI03\_UMC) zeigte einen Outfit-MNSQ von 1,58, lag also über dem erwünschten Wert von 1,5. Die zugehörige Datentabelle ist im Anhang hinterlegt

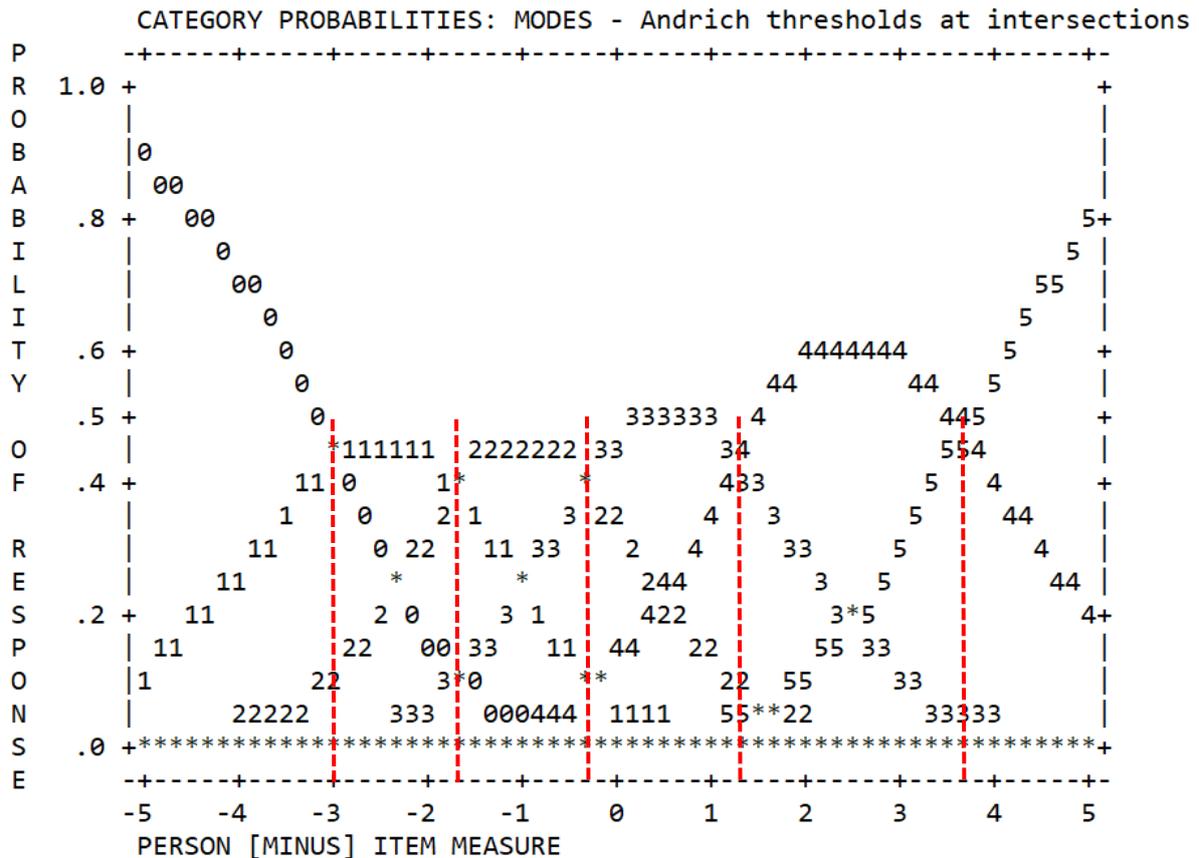
(Tabelle Anhang 4). Nach Prüfung der unerwarteten Antworten für alle Items in der Skala wurden 2 Antworten, deren Z-Residuen  $> 4$  und  $< -4$  waren, entfernt (Tabelle Anhang 5). Die Fits der Items lagen nach dem Entfernen im erwünschten Bereich zwischen 0,5 und 1,5 (Boone et al., 2014) (Tabelle Anhang 6). Durchschnittlich lag der Infit-MNSQ bei 0,99 und der Outfit-MNSQ bei 1,01.

Dann wurde die Korrelation der Items betrachtet, um die korrekte Unabhängigkeit der Items zu überprüfen. Dazu wurden die Korrelationswerte aus Tabelle Anhang 3 betrachtet. Alle Korrelationswerte lagen im Erwartungsbereich unter 0,7 (Boone et al., 2014). Da 3 negativ formulierte Items (EI07, EI04, EI03) bereits umcodiert worden waren, zeigten sich auch keine negativen Korrelationen, was für eine korrekte Ausrichtung aller Items spricht. Ein hoher Wert auf der Skala entsprach also einer hohen Zustimmung zum Konstrukt.

Die Überprüfung der Unidimensionalität ergab einen Eigenwert des 1. Kontrasts von 2,47 (Tabelle Anhang 7), entsprechend über dem erwünschten Wert von 2. Nach der Betrachtung der vorgeschlagenen Cluster und deren hohen Korrelationen untereinander in Tabelle Anhang 8, kann von einer Unidimensionalität ausgegangen werden, da auch inhaltlich keine zwei unterschiedlichen, zu den Itemmustern passende Konstrukte gebildet werden können (Boone et al., 2014).

Um einen Decken- oder Bodeneffekt auszuschließen wurden die Personenscores betrachtet (Tabelle Anhang 9). Bei 11 Items mit 6 Antwortkategorien mit einem Wert von 0 – 5 ergibt sich ein Maximalscore von 55 und ein Minimalscore von 0. Es konnten keine Personen identifiziert werden, die einen dieser Extremscores aufweisen. Entsprechend lag keiner dieser Effekte vor (Davis & Boone, 2021). Durchschnittlich lag der Personen-Infit-MNSQ bei 1,00 und der Outfit-MNSQ bei 1,00. Die Zuordnung der Scores zu den Personenfähigkeiten im Modell und der Ogive der Skala sind in Tabelle Anhang 10 und Tabelle Anhang 11 zu finden.

Die Kategorienreihung der einzelnen Items war mit ein paar Ausnahmen aufsteigend (Tabelle Anhang 12). Betrachtet wurde hierbei die durchschnittliche Personenfähigkeit der Personen, die diese Kategorie für dieses Item gewählt hatten. Entsprechend war die Abfolge der Kategorien für die einzelnen Items angemessen. Um eine Ankerung der Itemschwierigkeiten für den Posttest vornehmen zu können, wurden sowohl die Schwierigkeiten, als auch die Kategorienschritte der Skala betrachtet (Boone et al., 2014). Die Itemschwierigkeiten stammen aus Tabelle Anhang 6, Spalte JMLE Measure (ebd). Die Kategorienabstände stammen aus Tabelle Anhang 13, Spalte Andrich Thresholds (ebd.). Diese Andrich Thresholds sind die Schnittpunkte der Antwortwahrscheinlichkeitskurven für die Einzelkategorien, wie in Abbildung 25 dargestellt. Die Daten sind über alle Items der Skala gemittelt. In dieser Darstellung zeigt sich auch, dass alle Antwortkategorien einen eigenen Bereich abdecken und diese relativ gleichmäßig verteilt sind.



**Abbildung 25 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala Einstellung zu Inklusion Prätest**  
**Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene**  
**Personenfähigkeitsspanne dar.**

Den Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021) folgend sind folgende Anmerkungen zur Ratingskala zu machen; die Daten stammen aus Tabelle Anhang 13: Jede Kategorie wurde öfter als 10-mal beobachtet. Die Beobachtungen waren wie gewünscht verteilt. Die Werte der Durchschnittsmessung waren aufsteigend. Der Outfit-MNSQ war unter einem Wert von 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. Bis auf einen Wert bei der höchsten Kategorie lagen die M->C und C->M Kohärenzwerte über 40 %. Von 5 Kategorienübergängen (Andrich Threshold) lagen 3 über dem geforderten Abstand von 1,4 Logits und 2 darunter (1,31; 1,34) (ebd.). Alle Übergänge lagen unter dem Maximalwert von 5 Logits.

Die Itemhierarchie kann als ICC betrachtet werden (Abbildung 27). In der Abbildung sind die Items nach ihren Schwierigkeiten aufgetragen. Umso weiter rechts die Kurve, umso schwieriger ist ein Item. Es zeigt sich eine Lücke zwischen der schwarzen (EI07\_UMC) und lilafarbenen (EI10) Kurve. In der Farbe Rot sind die beiden links liegenden Kurven der Items EI03\_UMC und EI08 dargestellt. Diese liegen so nah zusammen in der Itemschwierigkeit, dass sie nicht getrennt dargestellt werden können im ICC. Insgesamt liegen die Items jedoch trotzdem nah beieinander in ihrer Schwierigkeit, was bei der Betrachtung des Standardfehlers sichtbar wird (Boone et al., 2014).

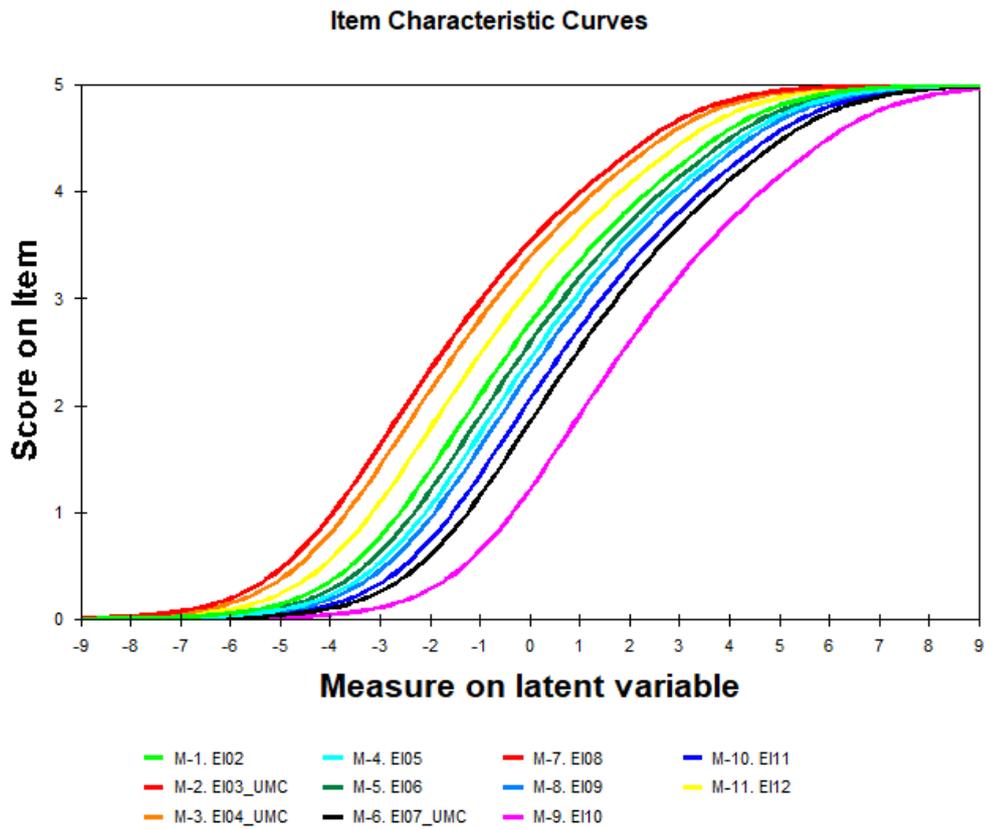


Abbildung 27 ICC Skala Einstellung zu Inklusion

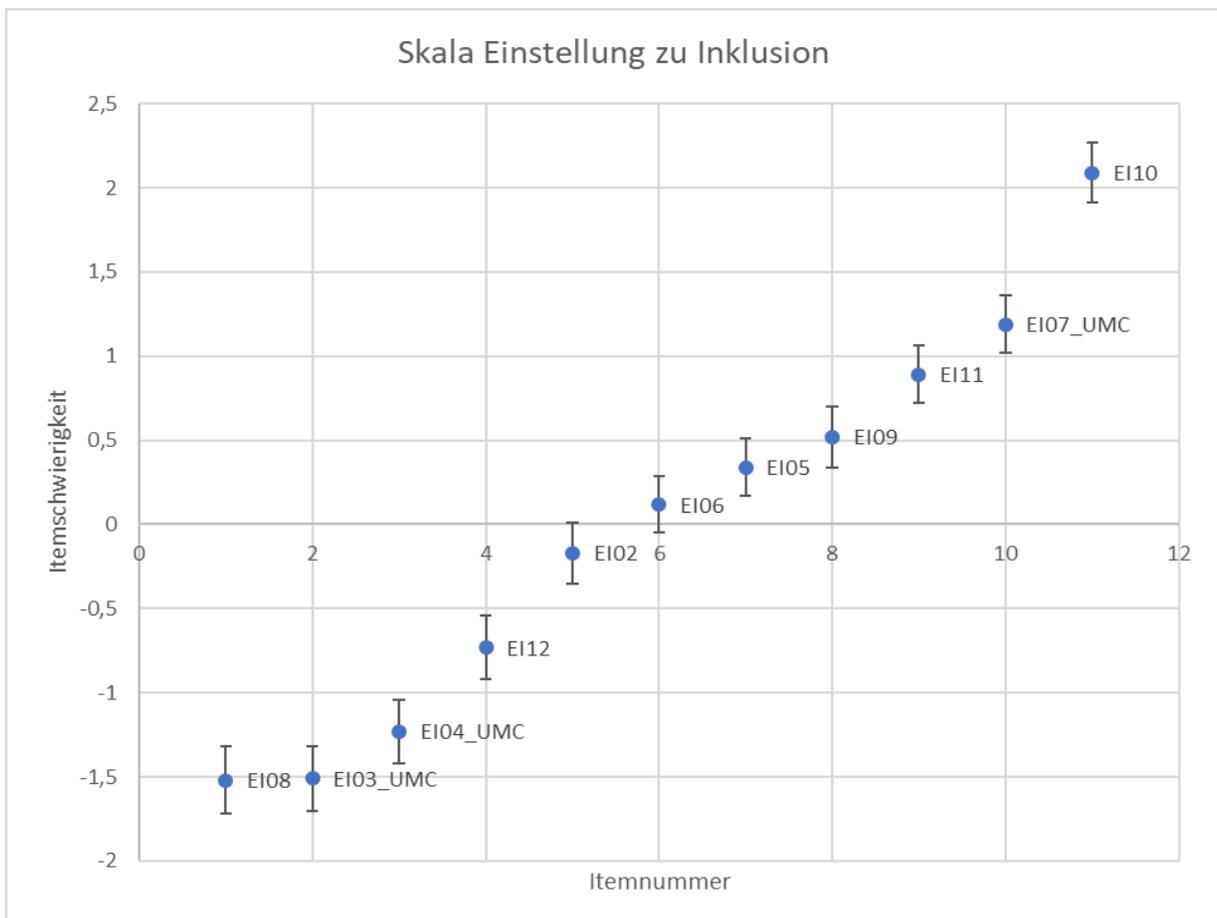


Abbildung 26 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala Einstellung zu Inklusion

In Abbildung 26 sind die Items nach ihrer Schwierigkeit aufsteigend geordnet und mit einem Fehlerbalken, der dem Standardfehler des jeweiligen Items entspricht, dargestellt. Dabei sieht man, dass es zu leichten Überschneidungen zumeist zwischen den benachbarten Items kommt. Die im ICC sichtbare Lücke wird auch hier sichtbar, da keine Überschneidung der Fehlerbalken vorliegt. Die eng zusammenliegenden Items mit ihren fast identischen Messintervallen werden ebenfalls sichtbar. Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 6 hinterlegt.

Eine weitere Darstellung der Itemhierarchie ist in der Wright Map möglich. Hier werden nicht nur die Items, sondern auch die Personen auf der gleichen Skala in Logits angegeben und positioniert (Abbildung 28):

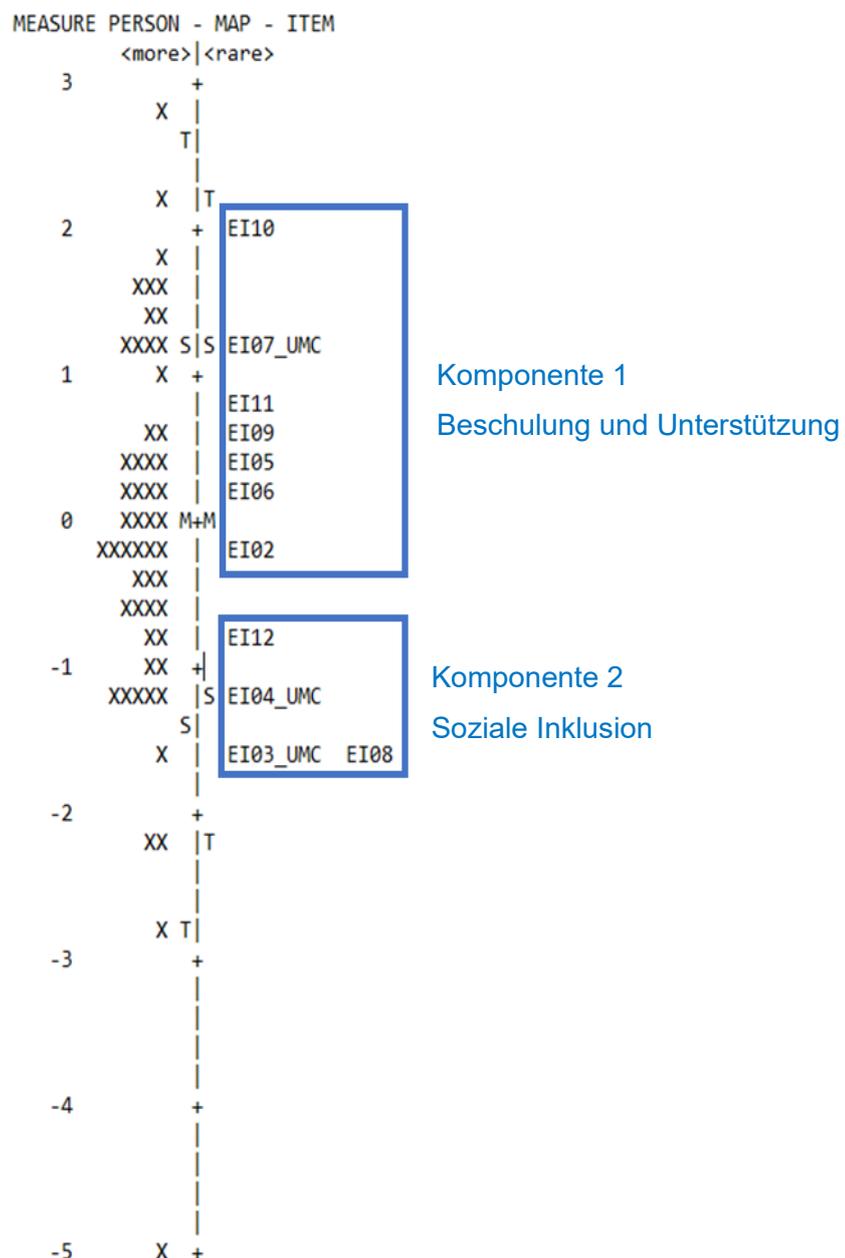


Abbildung 28 Wright Map der Skala Einstellung zu Inklusion Prätest  
 Links sind die Personenfähigkeiten und rechts die Itemschwierigkeiten aufgetragen  
 (X = 1 Person) Skalierung in Logits (verändert nach Weidenhiller et al., 2024)

Die linke Seite der Wright Map bildet die Personen ab, welche nach Fähigkeit aufsteigend auf der Skala [logits] aufgetragen ist. Das „M“ steht für die mittlere Personenfähigkeit der Kohorte. Auf der rechten Seite der Wright Map sind die Items nach Schwierigkeit aufsteigend auf der gleichen Skala aufgetragen. Das „M“ steht für die mittlere Itemschwierigkeit und ist festgelegt bei 0 Logits (Boone et al., 2014). Die mittlere Personenfähigkeit (-0,08 Logits) liegt auf gleicher Höhe wie die mittlere Itemschwierigkeit, was für ein gutes Targeting der Skala spricht. Die in der ICC-Darstellung gefundene Lücke ist auch hier in der Wright Map sichtbar zwischen Item EI10 und EI07\_UMC. Item EI10 ist zudem das schwerste Item der Skala. Es lautet: „Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie dort auch alle Unterstützung erhalten, die sie sonst in einer Kleinklasse oder Sonderschule hätten.“ Die Zustimmung zu diesem Item bedeutet, dass an einer Regelschule die gleiche Unterstützung zur Verfügung steht wie an einer Förderschule. Diese Frage nach einer zur Förderschule gleichwertigen Unterstützung schien für die Lehrkräfte schwer zu bejahen zu sein, weshalb das Item als am schwierigsten in der Itemhierarchie vorliegt. Das Item EI07\_UMC, welches das zweitschwerste Item der Skala ist, lautet: „Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen viel Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie nicht die Unterstützung erhalten, die sie eigentlich bräuchten.“ Es wurde aufgrund der negativen Formulierung umcodiert in der Skala verwendet. Das Item spielt ebenfalls auf die Unterstützung in der Regelschule an, bringt aber die persönliche Bedürfnislage in den Mittelpunkt. Die Lehrkräfte schätzten dieses Item zwar immer noch schwierig ein, aber deutlich einfacher als die allgemeine Frage aus Item EI10, da es bei Item EI07\_UMC um die Frage geht, ob die Lehrkräfte denken, selbst genug Kompetenz zu haben, um die Lernenden zu fördern und nicht darum, ob die Regelschule insgesamt die gleiche Unterstützung bieten kann wie die Förderschule. Im Vergleich dazu kann z.B. die Frage nach der sozialen Inklusion in dieser Skala leichter bejaht werden, wie Item EI12 zeigt. EI12: „Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschülern ihrer Klasse gut behandelt.“ Die Lehrkräfte stimmten dieser Aussage eher zu, das Item war leichter. Es unterscheidet sich deutlich vom darüber liegenden Item EI02: „Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich die Qualität ihrer schulischen Förderung verbessert.“ Item EI02 beschäftigt sich, wie Item EI10 und EI07\_UMC mit der Lernleistung und der Unterstützung der Lernenden. Die ursprüngliche Faktorenanalyse der Skala zur Einstellung zur Inklusion (EZI) zeigte zwei Unterkategorien (Kunz et al., 2010). Die erste Kategorie „Beschulung und Unterstützung“ besteht aus 7 Items, die zweite Kategorie „Soziale Inklusion“ besteht aus 4 Items. Die Itemstruktur dieser Faktorenanalyse spiegelt sich auch in der Wright Map der vorliegenden Studie wider. Der obere Kasten in Abbildung 28 stellt Kategorie 1 dar. Der untere Kasten steht für Kategorie 2. Aus dieser Anordnung in der Wright

Map lässt sich ableiten, dass insgesamt die Items, die sich mit sozialen Aspekten der Inklusion befassen, leichter zu bejahen waren als die direkte Förderung im Unterricht (Weidenhiller et al., 2024).

In Tabelle 18 sind die Realwerte und Modelwerte für die Separation und die Reliabilität aufgeführt. Per Definition, wie unter Punkt 0. beschrieben, liegen die wahren Werte für Separation und Reliabilität stets zwischen dem Realwert und dem Modelwert. Entsprechend werden die Realwerte berichtet, da diese die Untergrenze darstellen (Boone et al., 2014). Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 14 zu finden.

**Tabelle 18 Skala Einstellung zu Inklusion Separation und Reliabilität Prätest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,63</b>	<b>0,87</b>
Model Person	3,02	0,90
<b>Real Item</b>	<b>5,74</b>	<b>0,97</b>
Model Item	5,98	0,97

Die Werte zeigen, dass mit dieser Skala sowohl Personen gut voneinander unterschieden werden können hinsichtlich ihrer Personenfähigkeit, als auch Items gut voneinander differenziert werden können hinsichtlich ihrer Schwierigkeit. Die hohe Reliabilität deutet zudem darauf hin, dass diese Messungen sehr präzise sind und die Realität der Einstellung zu Inklusion gut erfassen. Ebenso war die Cronbachs Alpha-Reliabilität der Skala sehr zufriedenstellend mit  $\alpha = 0,91$  (Tabelle Anhang 14).

### **Posttest**

Es zeigte sich kein DIF, da keines der Items außerhalb der Toleranz liegt (Tabelle Anhang 15). Für die Ankerung wurden die Itemschwierigkeiten aus Tabelle Anhang 6 und die Kategorienschritte (Thresholds) aus Tabelle Anhang 13 verwendet. Dadurch werden die Personenfähigkeiten der identischen Personen aus Prä- und Posttest vergleichbar für weitere Berechnungen (Boone et al., 2014).

Es zeigten sich zwei Items (EI10, EI03\_UMC), die einen Outfit- und Infit-MNSQ  $> 1,5$  aufweisen (Tabelle Anhang 16). Die schlecht fittenden Antworten wurden identifiziert und alle Antworten, die ein Z-Residuum von  $> 4$  oder  $< -4$  aufwiesen durch Missings ersetzt (Tabelle Anhang 17). Das betraf insgesamt 2 Antworten. Nach Entfernen der Antworten lag kein Misfit mehr vor (Tabelle Anhang 18). Der Infit-MNSQ lag im Durchschnitt bei 1,06; der Outfit-MNSQ bei 1,09. Die Personenmeasures zeigten weder einen Decken-, noch einen Bodeneffekt (Davis

& Boone, 2021) (Tabelle Anhang 19). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 1,07; der Outfit-MNSQ bei 1,09.

Die Reliabilitäten und Separationswerte waren für die Skala Einstellung zu Inklusion im Posttest zufriedenstellend (Tabelle 19). Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei 0,83. Das Targeting der mittleren Personenfähigkeit zur mittleren Itemschwierigkeit war unter 1 Logit (Tabelle Anhang 20).

**Tabelle 19 Skala Einstellung zu Inklusion Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,13</b>	<b>0,82</b>
Model Person	2,46	0,86
<b>Real Item</b>	<b>5,81</b>	<b>0,97</b>
Model Item	6,08	0,97

### **Prätest und Posttest im Vergleich**

In Abbildung 29 werden die Wright Maps der Skala Einstellung zu Inklusion im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich gezeigt. Für den Posttest wurden die Itemschwierigkeiten geankert. Die mittlere Personenfähigkeit ist im Posttest deutlich über dem Skalenmittel, im Gegensatz zum Prätest. Insgesamt wirkt die Personenverteilung nach oben verschoben, in Richtung höherer Fähigkeit. Die Signifikanz dieser Unterschiede wird in Kapitel 7.3.4 behandelt.

Weitere Berechnungen ohne Ankerung der Itemschwierigkeit im Posttest ergaben keine wesentlich andere Itemhierarchie als im Prätest. (Abbildung 30). Die Schwierigkeit der Konstrukte scheint also vor und nach der Intervention konstant gewesen zu sein, was durch eine gute Itemreliabilität bestätigt wird, da eine hohe Itemreliabilität für eine konstante Itemhierarchie spricht.

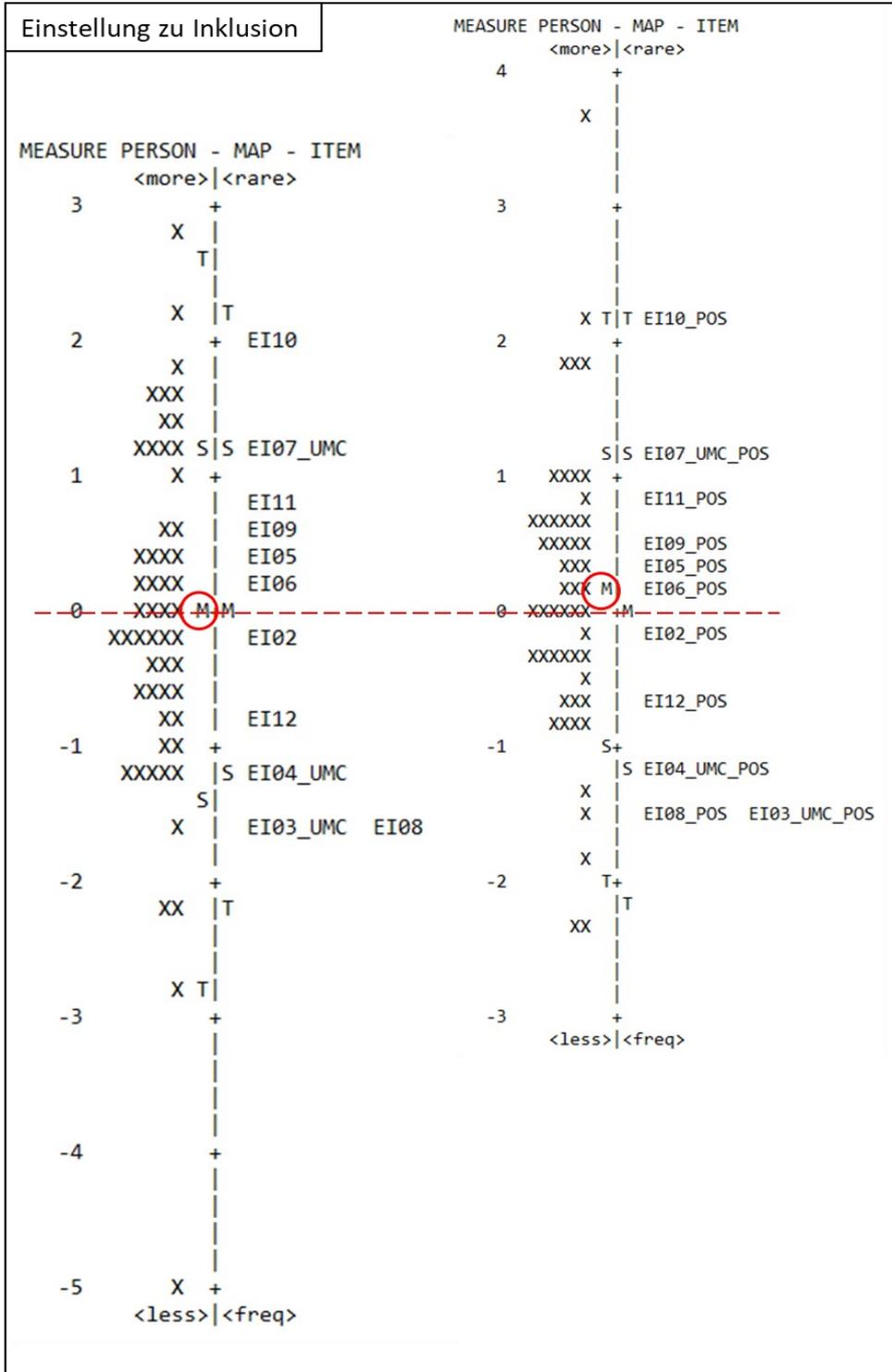


Abbildung 29 Wright Map Skala Einstellung zu Inklusion im Prätest (links)/Posttest (rechts)-Vergleich

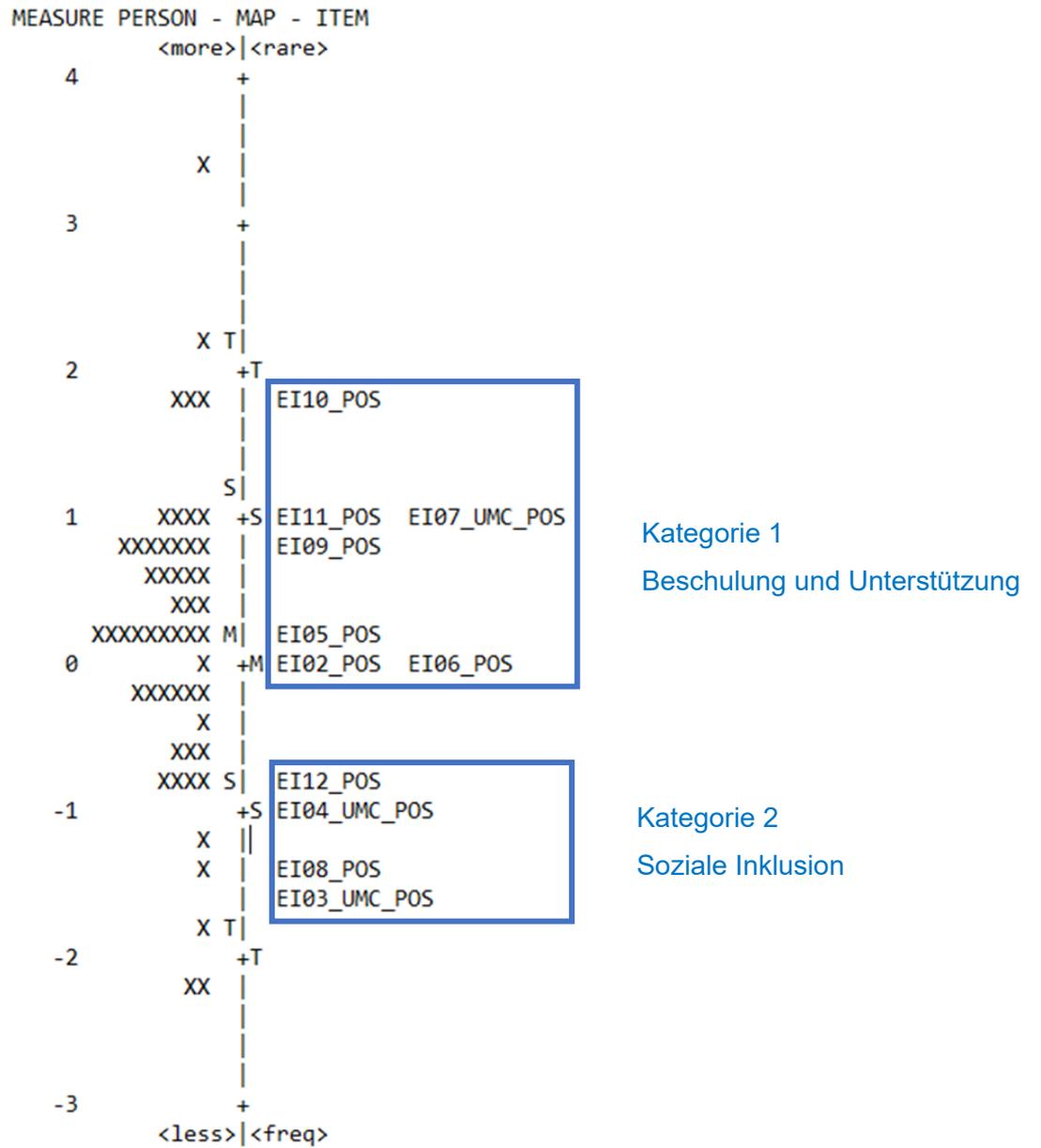


Abbildung 30 Wright Map Skala Einstellung zu Inklusion, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

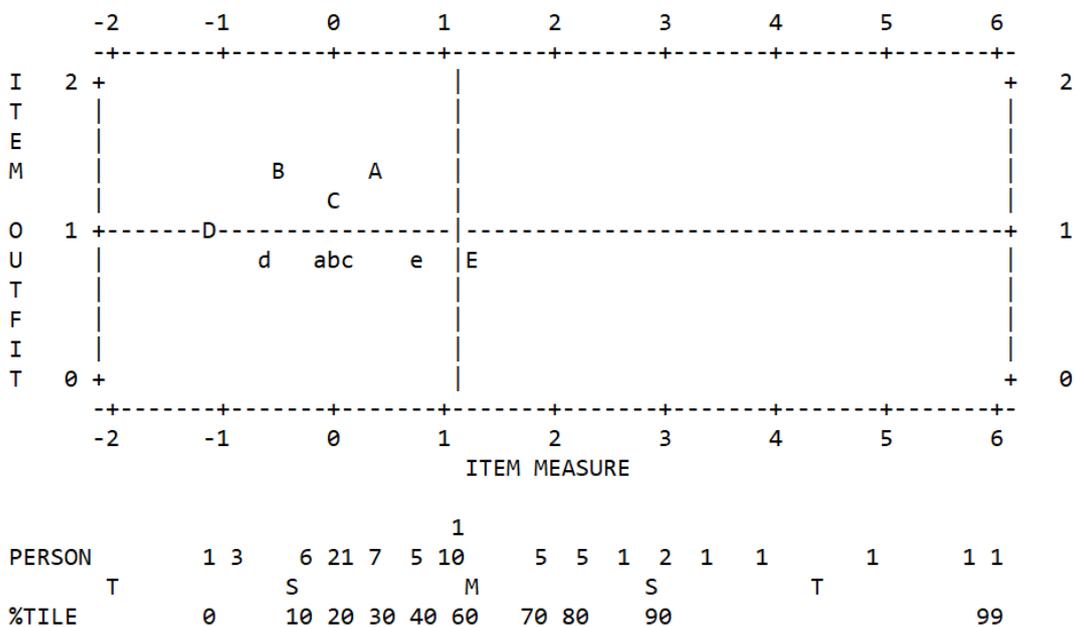
### 7.3.1.2 Skala Einstellung zu digitalen Medien

Mit der Skala Einstellung zu digitalen Medien wurde die Einstellung der Teilnehmer\*innen zum Einsatz digitaler Medien im Unterricht erfasst.

#### Prätest

Zur Überprüfung des Itemfits wurde die Outfit-MNSQ-Statistik betrachtet. Keines der Items zeigte einen Outfit-MNSQ > 1,5. Entsprechend kann die Skala als fit angenommen werden (Boone et al., 2014). Der Fit der Items ist in Abbildung 16 dargestellt. Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 1,00; der Outfit-MNSQ bei 0,99. Die zugehörigen Daten sind in Tabelle Anhang 22 zu finden.

Alle Werte der Korrelationen der Items untereinander liegen dabei im erwarteten Bereich unter 0,7 (Boone et al., 2014). Dabei zeigte sich keine negative Korrelation, was darauf schließen lässt, dass die Items der Skala in die gleiche Richtung kodiert sind, bzw. die Umcodierung der 2 negativ formulierten Items erfolgreich war. Die Korrelationen sind in Tabelle Anhang 21 zu sehen.



**Abbildung 31 Itemfit Skala Einstellung zu digitalen Medien Prätest**  
Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

Die Überprüfung der Unidimensionalität zeigte einen Eigenwert des 1. Kontrasts von 2,0. Da die Cluster inhaltlich uneindeutig und Korrelationen zwischen den Clustern hoch sind, wird von einer Dimension der Skala ausgegangen (Boone et al., 2014) (Tabelle Anhang 23; Tabelle Anhang 24).

Bei der Betrachtung der Personenantworten wurden keine Extrempersonen identifiziert. Entsprechend lag kein Decken- oder Bodeneffekt vor (Davis & Boone, 2021). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,98, der Outfit-MNSQ bei 0,98. Die zugehörige Datentabelle ist im Anhang unter Tabelle Anhang 25 zu finden.

Die Kategorienreihung der Items war durchgehend aufsteigend (Tabelle Anhang 29). In Abbildung 32 ist die Kategorienwahrscheinlichkeitskurve abgebildet. Bei dieser Skala zeigte sich, dass jede Antwortkategorie einen eigenen Fähigkeitsbereich abdeckte und es zu keinen Überlagerungen kam. Die Übergänge sind in der Abbildung rot markiert. Die zugehörigen Daten sind in Tabelle Anhang 28 zu finden.

Die Prüfung der Skala nach den Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021) für Ratingskalen erfolgte anhand der Daten aus Tabelle Anhang 28: Jede Kategorie wurde mindestens 10-mal beobachtet. Die Beobachtungen waren gleichmäßig verteilt und häuften sich in der Mitte der Kategorien. Die Werte der Durchschnittsmessungen waren aufsteigend. Der Outfit-MNSQ lag unter einem Wert von 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. Mit einer Ausnahme lagen alle Coherence-Werte über 40 %. Die Abstände zwischen den Kategorien lagen in der gewünschten Spanne zwischen 1,4 und 5 Logits.

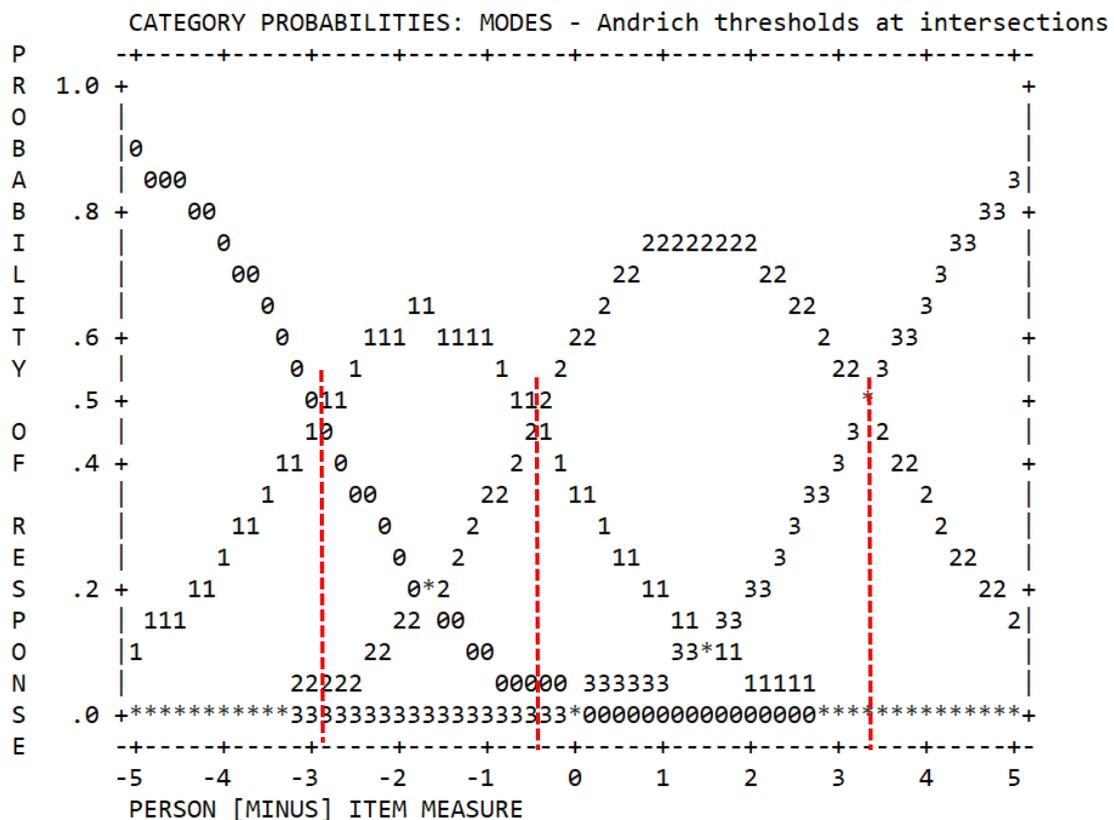


Abbildung 32 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala Einstellung zu digitalen Medien  
 Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene  
 Personenfähigkeitsspanne dar.

Die unterschiedliche Schwierigkeit der einzelnen Items wurde als ICC betrachtet (Boone et al., 2014) (Abbildung 33): Die Items liegen in ihrer Schwierigkeit und Form nah aneinander. Die grün gefärbten Items in der Mitte der Skala liegen näher aneinander als die restlichen Items. Hierbei zeigt sich auch, dass Item ED01 und ED05 (beide in dunkelgrün eingefärbt) direkt aufeinander liegen, also nicht zu unterscheiden sind hinsichtlich ihrer Schwierigkeit.

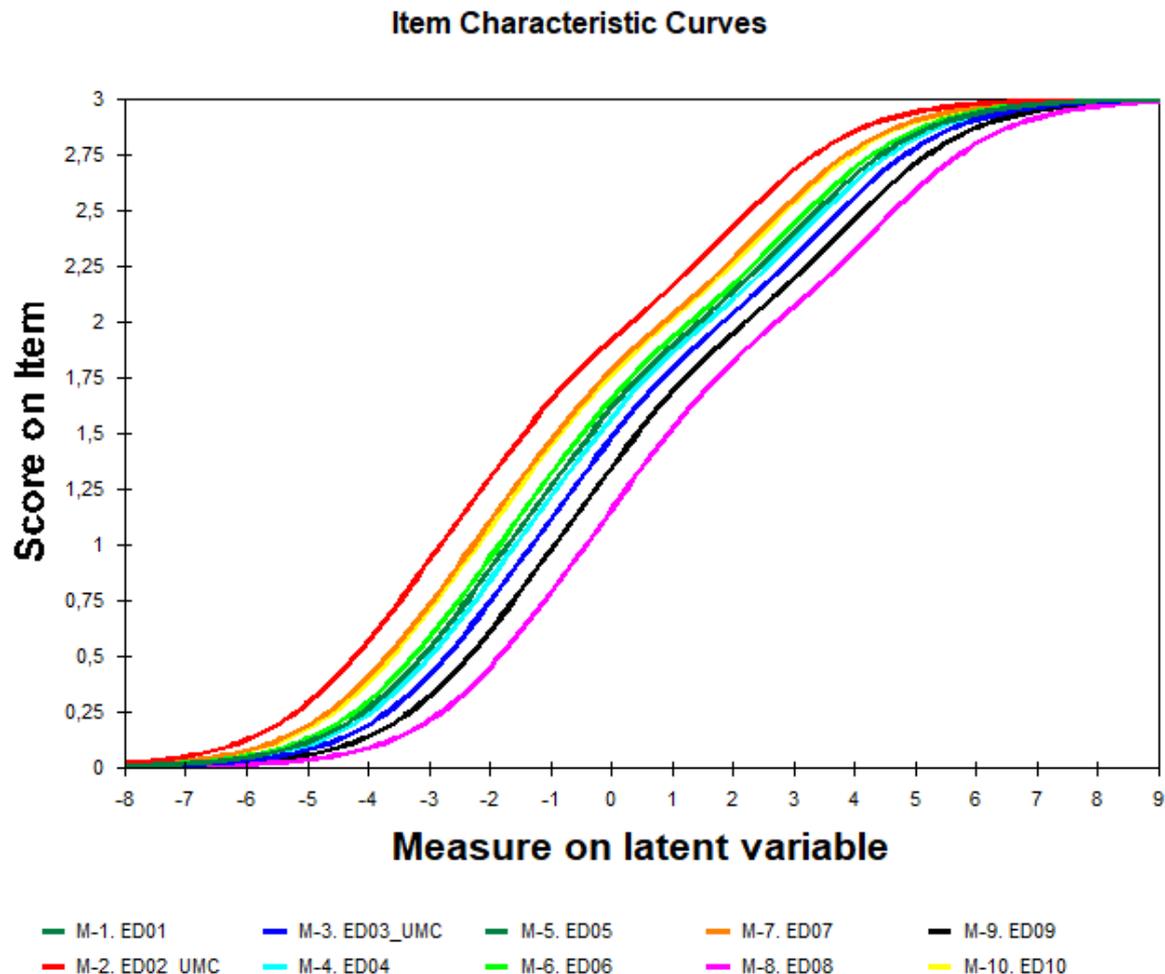
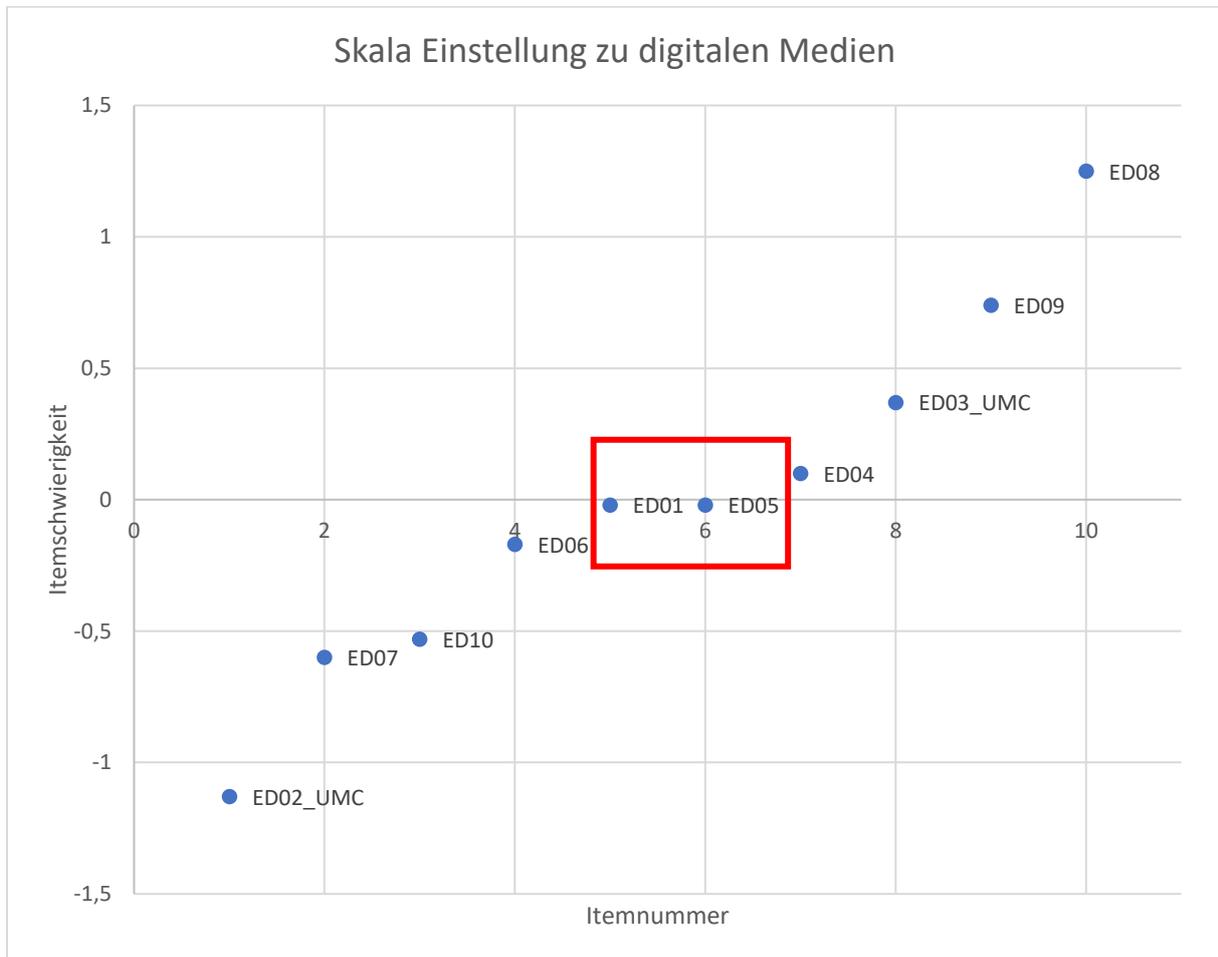


Abbildung 33 ICC Skala Einstellung zu digitalen Medien

Bei Betrachtung der Itemschwierigkeiten mit ihren Standardfehlern wird deutlich, dass die beiden genannten Items messtechnisch redundant sind, also die gleiche Schwierigkeit auf der Skala abbilden. Dies ist in Abbildung 34 rot markiert. Zudem liegen die Items auf der Mitte der Itemschwierigkeit der Skala. Inhaltlich unterscheiden sich die beiden Items stark voneinander. ED01 lautet: „Digitale Medien sollten generell in den Lehrplänen der Schulen ein starkes Gewicht erhalten.“ Dieses Item ist sehr generell gehalten und beschreibt einen von den Lehrkräften kaum beeinflussbaren Bereich, den Lehrplan, welcher auf höherer Organisationsebene angesiedelt ist. Daher verwundert es nicht, dass es in der Mitte der Skala angesiedelt ist. Es ist weder schwer noch leicht, diesem Item zuzustimmen. Die Motivation der Schüler\*innen hingegen ist direkt auf der unterrichtlichen Ebene verankert. ED05 lautet: „Durch den Einsatz

digitaler Medien können Schüler\*innen besser zum Lernen motiviert werden.“ Entsprechend wurde die Skala nicht um ein Item gekürzt, da beide Items eine inhaltlich wichtige Rolle spielen.



**Abbildung 34** Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala Einstellung zu digitalen Medien

Es sind keine Lücken im Instrument zu erkennen, da die Items sich mit ihren Fehlerbalken überlappen. Die zugehörigen Daten befinden sich in Tabelle Anhang 22.

Die Itemhierarchie wird ebenfalls in einer Wright Map dargestellt und hier mit den Personenfähigkeiten auf einer Skala in Logits dargestellt (Abbildung 35).

Das Targeting ist in dieser Skala nicht gelungen. Die mittlere Personenfähigkeit lag mit einem Wert von 1,13 bereits beim Prätest deutlich über der mittleren Itemschwierigkeit und somit auch nicht mehr in der Range bis zu 1 Logit Abstand. Das bedeutet, dass die Personen insgesamt bereits vor der Fortbildung eine hohe Einstellung zu digitalen Medien hatten. Die Auffälligkeiten in der Itemhierarchie zeigen sich auch in der Wright Map. Item ED01 und ED05 liegen auf der gleichen Höhe und bilden die Mitte der Skala.

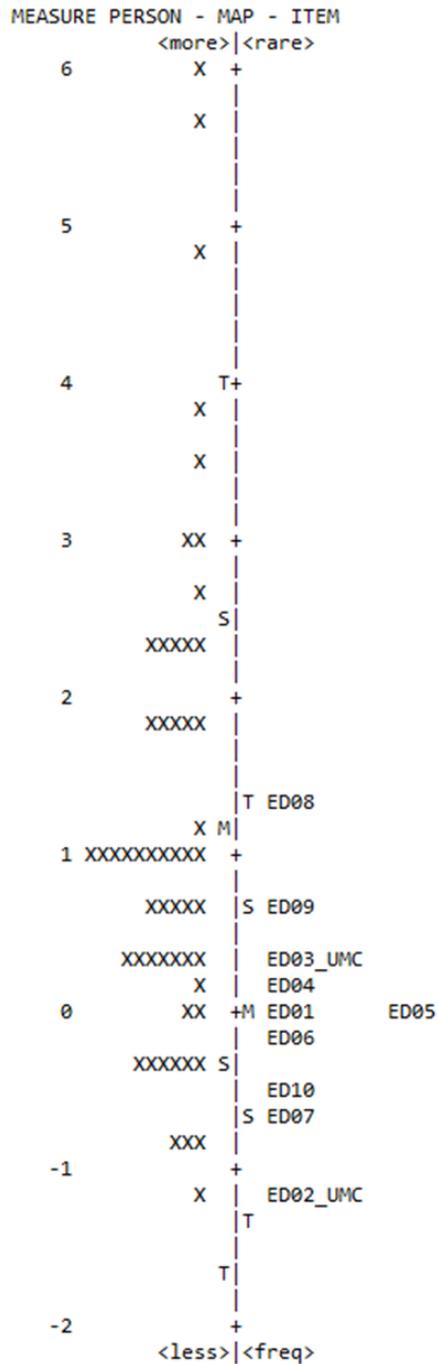


Abbildung 35 Wright Map der Skala Einstellung zu digitalen Medien Prätest  
Links sind die Personenfähigkeiten und rechts die Itemschwierigkeiten aufgetragen  
(X = 1 Person); Skalierung in Logits

Das am leichtesten zu bejahende Item der Skala ist Item ED02\_UMC. Da es ein negativ formuliertes Item ist, wurde es für die Berechnungen umcodiert. Das Item lautete im Original: „Der Einsatz digitaler Medien in den Schulen führt zu einer Verflachung des Unterrichtsniveaus.“ Das schwerste Item der Skala war Item ED08. Es lautete: „Das Lernen mit digitalen Medien ist eine effiziente Form des Lernens.“ Betrachtet man diese beiden Items im Kontrast, so zeigte sich, dass die Lehrkräfte nicht pauschal davon ausgingen, dass der Einsatz digitaler

Medien zu einer Verflachung des Unterrichts führt, allerdings auch nicht davon überzeugt waren, dass der Medieneinsatz effizient für das Lernen sein muss. Insgesamt betrachtet zeigt die Personenverteilung auf der Wright Map jedoch einen starken Trend nach oben.

Die Itemreliabilität lag unter dem Schwellenwert von 0,9 (Boone et al., 2014). Dies entspricht der gezeigten schlechten Konstruktvalidität im Sinne der unbeständigen Itemhierarchie (Tabelle 20). Ebenso war die Itemseparation nicht zufriedenstellend ( $< 2,5$ ), wofür auch die Überlappung der Items spricht, da keine klare Unterscheidung der Items möglich war (Boone et al., 2014). Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,83$ .

**Tabelle 20 Skala Einstellung zu digitalen Medien Separation und Reliabilität Prätest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>1,99</b>	<b>0,80</b>
Model Person	2,18	0,83
<b>Real Item</b>	<b>2,11</b>	<b>0,82</b>
Model Item	2,25	0,84

Die Personenkennwerte waren an der unteren Grenze der gewünschten Werte, beziehungsweise knapp darunter. Entsprechend kann die Skala verwendet werden, sollte jedoch für zukünftige Untersuchungen ergänzt werden. Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 30 zu finden.

### **Posttest**

Um Prätest und Posttest später vergleichen zu können, wurden die Itemschwierigkeiten aus dem Prätest für den Posttest geankert. Zuvor wurde eine DIF-Analyse durchgeführt. Es zeigte sich kein DIF für die Items der Skala (Tabelle Anhang 31). Für das Ankern wurden die Itemschwierigkeiten aus Tabelle Anhang 22 und die Kategorienschritte (Thresholds) aus Tabelle Anhang 28 verwendet.

Zunächst wurde der Itemfit betrachtet. Ein Item (ED03\_UMC) zeigte eine Outfit- und Infit-MNSQ  $> 1,5$  (Tabelle Anhang 32). Die schlecht fittenden Antworten wurden identifiziert und alle Antworten, die ein Z-Residuum von  $> 3$  oder  $< -3$  aufwiesen, durch Missings ersetzt (Boone et al., 2014) (Tabelle Anhang 33). Das betraf insgesamt 2 Antworten. Nach Entfernen der Antworten lag kein Misfit mehr vor (Tabelle Anhang 34). Der Infit-MNSQ lag nun im Durchschnitt bei 0,75; der Outfit-MNSQ bei 0,74. Die Personenmeasures zeigten weder einen Decken-,

noch einen Bodeneffekt (Tabelle Anhang 35). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,75; der Outfit-MNSQ bei 0,74.

Die Reliabilitäts- und Separationswerte für die Skala Einstellung zu digitalen Medien im Posttest waren ähnlich unzufriedenstellend wie im Prätest (Tabelle 21). Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 36 zu finden.

**Tabelle 21 Skala Einstellung zu digitalen Medien Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>1,79</b>	<b>0,76</b>
Model Person	1,85	0,77
<b>Real Item</b>	<b>2,11</b>	<b>0,82</b>
Model Item	2,16	0,82

### **Prätest und Posttest im Vergleich**

In Abbildung 36 sind zwei Wright Maps nebeneinander dargestellt: Links ist die Map des Prätests zu sehen und rechts die Map des Posttests mit geankerten Itemschwierigkeiten. Auffällig ist der Aufwärtstrend der Personenfähigkeiten. Die Lehrkräfte zeigten also eine auf der Skala nicht mehr darstellbare hohe Einstellung zu digitalen Medien. Dies wird vor allem im Posttest ersichtlich, da sich die Einstellung nach der Fortbildung verbessert hat, was an der gestiegenen mittleren Personenfähigkeit zu erkennen ist und was dazu führt, dass alle Items der Skala nun im Level unterhalb der mittleren Personenfähigkeit liegen. Für Personen oberhalb der Mitte kann also keine eindeutige Levelunterscheidung mehr gemacht werden. Für zukünftige Untersuchungen sollten schwierigere Items ergänzt werden, um eine Aussage bezüglich der Unterschiede der Personen oberhalb der Mitte treffen zu können.

Ankert man die Itemschwierigkeiten im Posttest nicht, bleibt die mittlere Personenfähigkeit über dem schwierigsten Item (Abbildung 37). Ebenso bleiben die Skalenextrema konstant. Die Hierarchie in der Mitte der Skala verändert sich, wobei die Items hier sehr nah beieinander liegen und kaum noch Personen auf der gegenüberliegenden Seite zu sehen sind, deren Unterschiede mit diesen Items dargestellt werden könnten. Dieses Phänomen spiegelt sich in den schlechten Kennwerten von Prätest und Posttest wider.

# Einstellung zu digitalen Medien

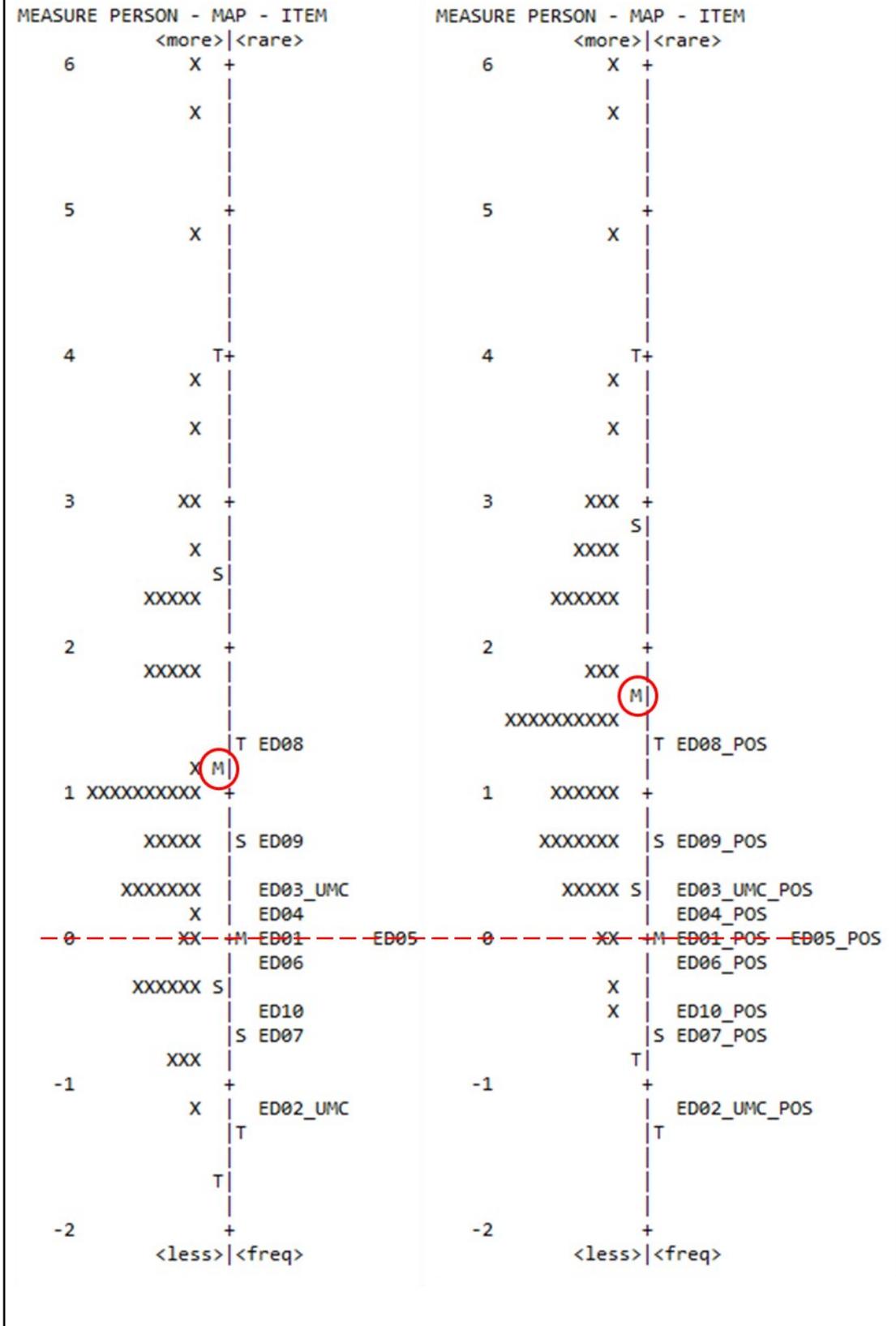


Abbildung 36 Wright Maps Skala Einstellung zu digitalen Medien im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich

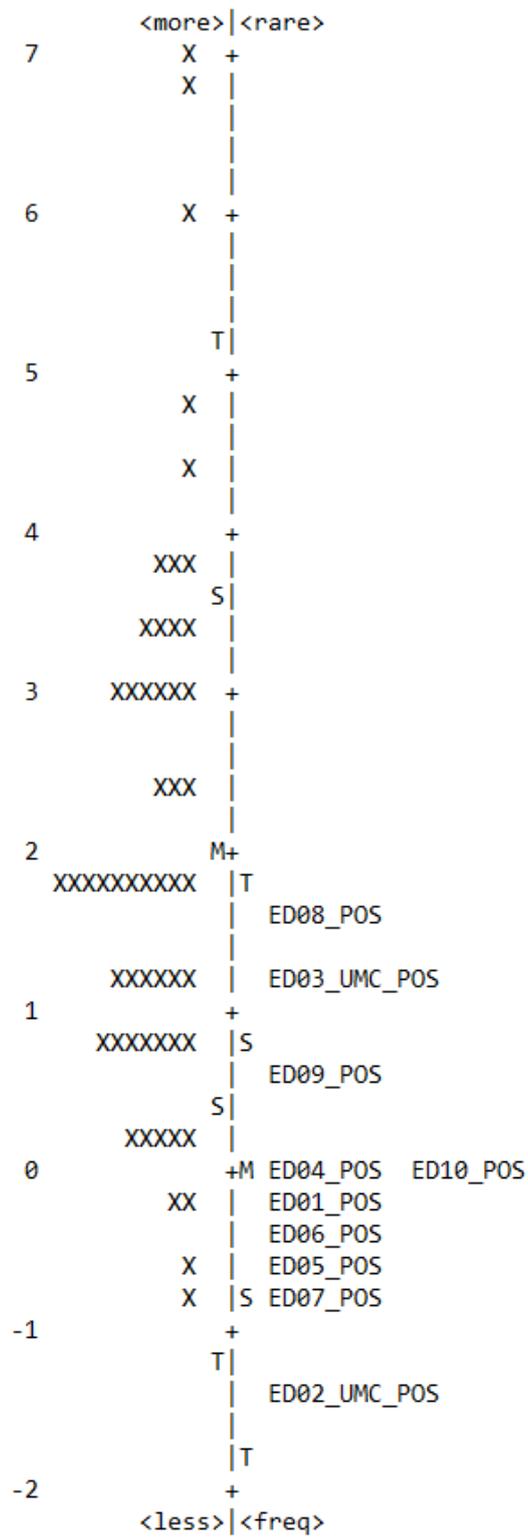


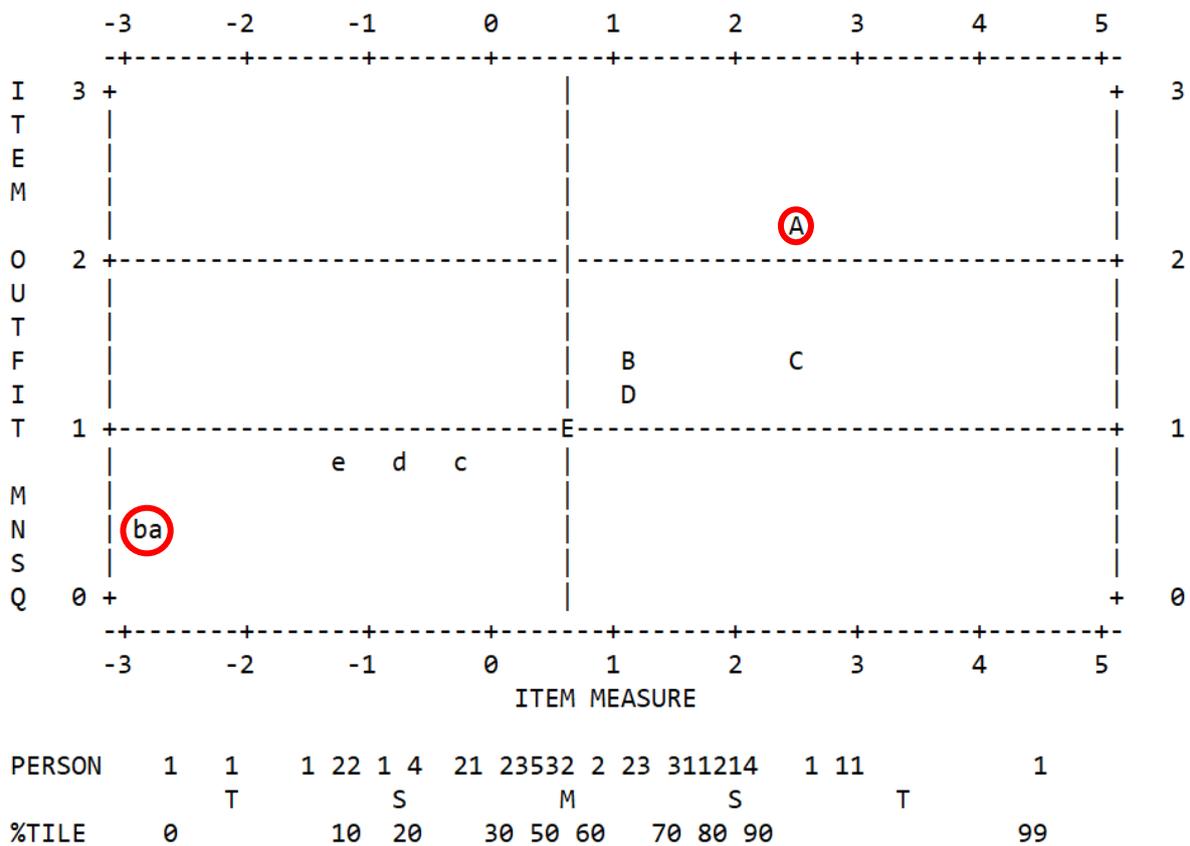
Abbildung 37 Wright Map Skala Einstellung zu digitalen Medien, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

### 7.3.1.3 Skala Technological Knowledge (TK)

Die Skala TK misst die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte hinsichtlich ihres Umgangs mit digitalen Medien.

#### Prätest

Item A (TP39), welches rot in Abbildung 38 markiert wurde, zeigte einen sehr hohen Outfit-MNSQ von 2,17. Entsprechend wurden die unerwarteten Antworten mit einem Z-Residuum von  $> 3$  und  $< -3$  entfernt (Boone et al., 2014) (Tabelle Anhang 38). Die Items a (TP34) und b (TP33) zeigten ebenfalls einen schlechten Outfit-MNSQ mit Werten leicht unter 0,5. Da sie jedoch inhaltlich wichtig für die Untersuchung waren, wurden diese unverändert im Datensatz belassen. Die Daten sind Tabelle Anhang 39 zu entnehmen. Nach dem Bereinigen des Datensatzes waren die Itemfitwerte in der gewünschten Range. Der Infit-MNSQ lag durchschnittlich bei 0,96, der Outfit-MNSQ bei 0,97.



**Abbildung 38 Itemfit TK Prätest**  
 Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
 Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

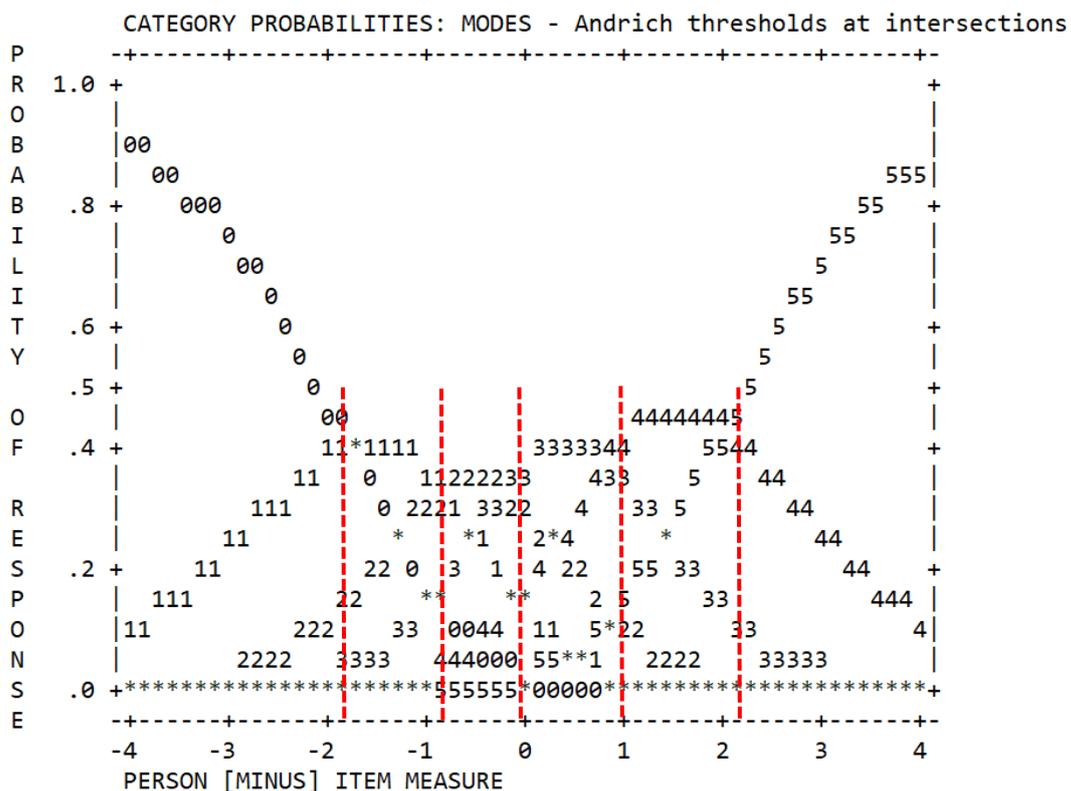
Die Betrachtung der Korrelation der Items zeigte, dass keine negativ formulierten Items in der Skala enthalten waren, da keine negativen Korrelationen auftraten. Die Werte lagen im erwarteten Bereich  $\leq 0,7$  (Boone et al., 2014). Die Daten sind in Tabelle Anhang 40 zu finden.

Die Überprüfung der Unidimensionalität der Skala ergab einen Eigenwert im ersten Kontrast > 2 (Tabelle Anhang 42). Die Betrachtung der Cluster und deren hohe Korrelationen untereinander lassen den Schluss zu, dass nur eine Dimension vorlag (Boone et al., 2014) (Tabelle Anhang 41).

Es zeigte sich kein Decken- oder Bodeneffekt in den Personenantworten, da keine Extremantworten vorlagen (Tabelle Anhang 43). Im Durchschnitt lagen der Personen-Infit-MNSQ bei 1,00 und der Personen-Outfit-MNSQ bei 0,97. Die Zuordnung der Personenfähigkeit zum Score und der Ogive der Skala sind in Tabelle Anhang 44 und Tabelle Anhang 45 zu finden.

Die Kategorienreihung war bis auf wenige Ausnahmen aufsteigend (Tabelle Anhang 46).

Die Kategorienschritte der Skala TK sind in Abbildung 39 abgebildet. Die zugehörigen Daten sind Tabelle Anhang 47 zu entnehmen. Es zeigen sich einzelne Bereiche pro Kategorie, weshalb keine Veränderung nötig war (Boone et al., 2014).



**Abbildung 39 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TK**  
**Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene Personenfähigkeitsspanne dar.**

Den Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021) folgend sind folgende Anmerkungen zur Ratingskala vorzunehmen; die Daten stammen aus Tabelle Anhang 47: Jede Kategorie wurde öfter als 10-mal beobachtet. Die Beobachtungen waren nicht wie gewünscht verteilt. Die Anzahlen der Beobachtungen waren für die ersten 5 Kategorien zwischen 56- und 88-mal; die sechste Kategorie hingegen wurde 150-mal beobachtet. Dies ist ein atypisches Verhalten. Die

Werte der Durchschnittsmessung waren aufsteigend. Der Outfit-MNSQ lag unter einem Wert von 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. 5 Coherence-Werte liegen unter den erwarteten 40%. Alle 5 Kategorienübergängen (Andrich Thresholds) liegen unter dem geforderten Abstand von 1,4 Logits.

Die Betrachtung der Itemhierarchie erfolgte zunächst in der ICC-Darstellung (Abbildung 40). Ganz links im Diagramm sind zwei Items mit der Farbe Rot dargestellt. Diese haben die gleiche Itemschwierigkeit und sind entsprechend nicht voneinander zu unterscheiden. Die Items sind inhaltlich ebenfalls nah beieinander. Insgesamt fragt die TK-Skala danach, wie sicher sich die Lehrkräfte beim Nutzen bestimmter Technologien bzw. Medien fühlen. TP33 lautet: „Eine einfache Präsentation mit PowerPoint oder ähnlichen Programmen erstellen“ und TP34 lautet „Ein Dokument mit Text und Abbildungen in einem Textverarbeitungsprogramm erstellen.“

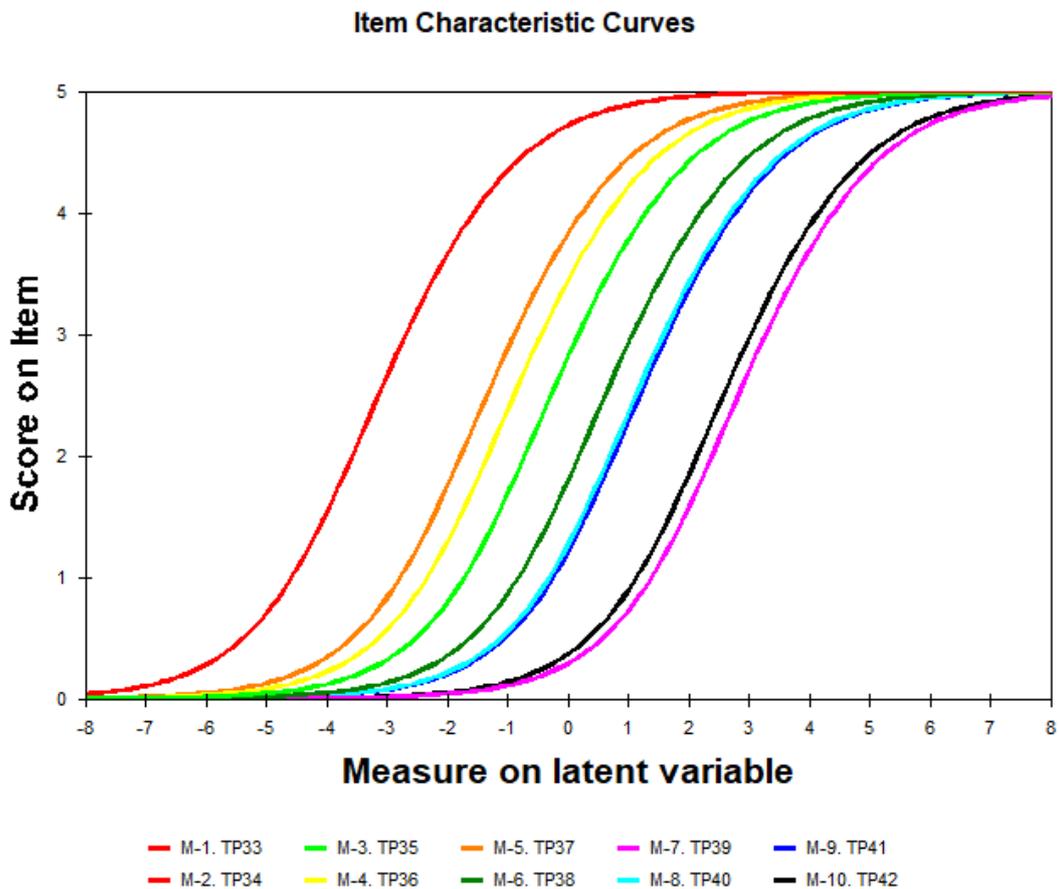
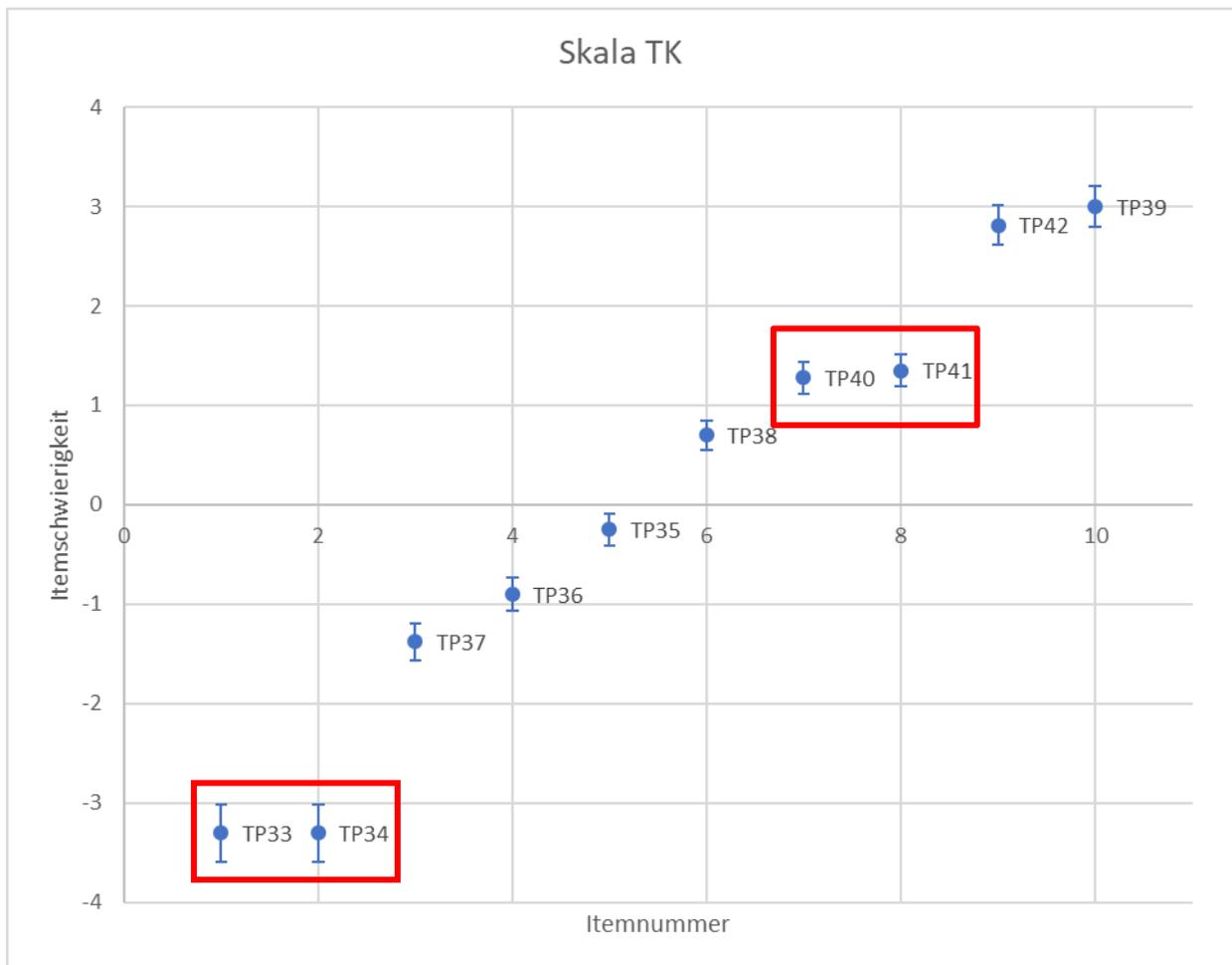


Abbildung 40 ICC Skala TK

Beide Items beschäftigten sich mit grundlegenden digitalen Tätigkeiten, die im Lehrkräftealltag fest verankert sind. Entsprechend sind diese beiden Items in der Rasch-Analyse als sehr leicht bestimmt worden und unterscheiden sich kaum voneinander. Ebenso dicht zusammen liegen TP40 und TP41. Diese beiden Items lauten: „Erstellen einer digitalen Feedback-Einheit.“ (TP41) und „Erstellen eines Shared-Documents.“ (TP40). Die beiden Items sind in hellblau und

dunkelblau dargestellt. Beiden Items gemein ist, dass relativ neue Technologien angesprochen werden, welche nicht zwingend eine Rolle spielen müssen im Lehrkräftehandeln. Entsprechend wurden diese Items als schwieriger eingestuft. Die direkte Nähe der beiden Items kann inhaltlich jedoch nur bedingt geklärt werden. Insgesamt zeigt die Skala einen breiten Messbereich durch die große Range, die die Itemkurven abbilden. Zwischen den Kurven zeigen sich jedoch große Lücken, abgesehen von den zusammenliegenden Pärchen. Diese Lücken sprechen für eine gute Separation, da die Items gut getrennt werden können. Die Breite des Messinstruments zeigt sich auch bei der Betrachtung der Abstände mit Standardfehler. Die Daten zur Abbildung sind Tabelle Anhang 37 zu entnehmen.

In Abbildung 41 sind die angesprochenen Pärchen rot markiert. Ansonsten ist eine weitgehend überschneidungsfreie Verteilung der Items zu beobachten. Im Umkehrschluss bezüglich der guten Trennbarkeit der Items bedeutet das jedoch auch, dass gewisse Personenfähigkeiten mit dem Messinstrument nicht dargestellt werden können, da in großen Itemlücken keine exakten Aussagen getroffen werden können. TP33 – TP38 wurden von Graham et al. (2009) übernommen und befinden sich allesamt im unteren Schwierigkeitsbereich der Skala. Inhaltlich beschäftigen sich die Items mit Präsentationen (TP33), Textbearbeitung (TP34), digitalen Fotos (TP37), Programme anwenden (TP36), Programme erlernen (TP35) und Videos erstellen (TP38). Ab Item TP39 bis Item TP42 handelt es sich um neue Items, die sich inhaltlich mit Shared Documents (TP40), digitalem Feedback (TP41), eBook-Erstellung (TP39) und Erkennen von künstlicher Intelligenz (TP42) beschäftigen



**Abbildung 41 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TK**

Auf der Wright Map kann diese Unterteilung in übernommene und neue Items in der Hierarchie betrachtet werden (Abbildung 42). Die Unterteilung in neue und übernommene Items ist in der Abbildung mit blau gestrichelten Kästchen gekennzeichnet. Die neuen Items sind dabei schwieriger als die alten Items. Inhaltlich ergibt diese Anordnung Sinn, da die neuen Items auf neuere Technologien abzielen, die noch nicht zwingend Eingang in den Schulalltag gefunden haben, beziehungsweise erst mit der aufkommenden Corona-Pandemie und dem damit verbundenen Online-Unterricht für viele Lehrkräfte relevant geworden sind. Zu beachten ist Item TP38, welches als einziges übernommenes Item oberhalb des Skalenmittels liegt und zugleich die mittlere Personenfähigkeit im Prätest markiert. Das Targeting der Skala ist im Prätest gut, da die mittlere Personenfähigkeit mit einem Abstand  $< 1$  Logit über der mittleren Itemschwierigkeit liegt. Die Personen verteilen sich im Prätest um die mittlere Personenfähigkeit. Lediglich Item TP38 scheint vom Konstrukt her besser zu den neuen Items zu passen als zu den übernommenen Items, da die Schwierigkeit ähnlich eingeschätzt wird. Diese grundlegende Gleichheit zeigte sich auch in der sehr guten Itemreliabilität mit einem Wert von 0,99 (Tabelle 22).

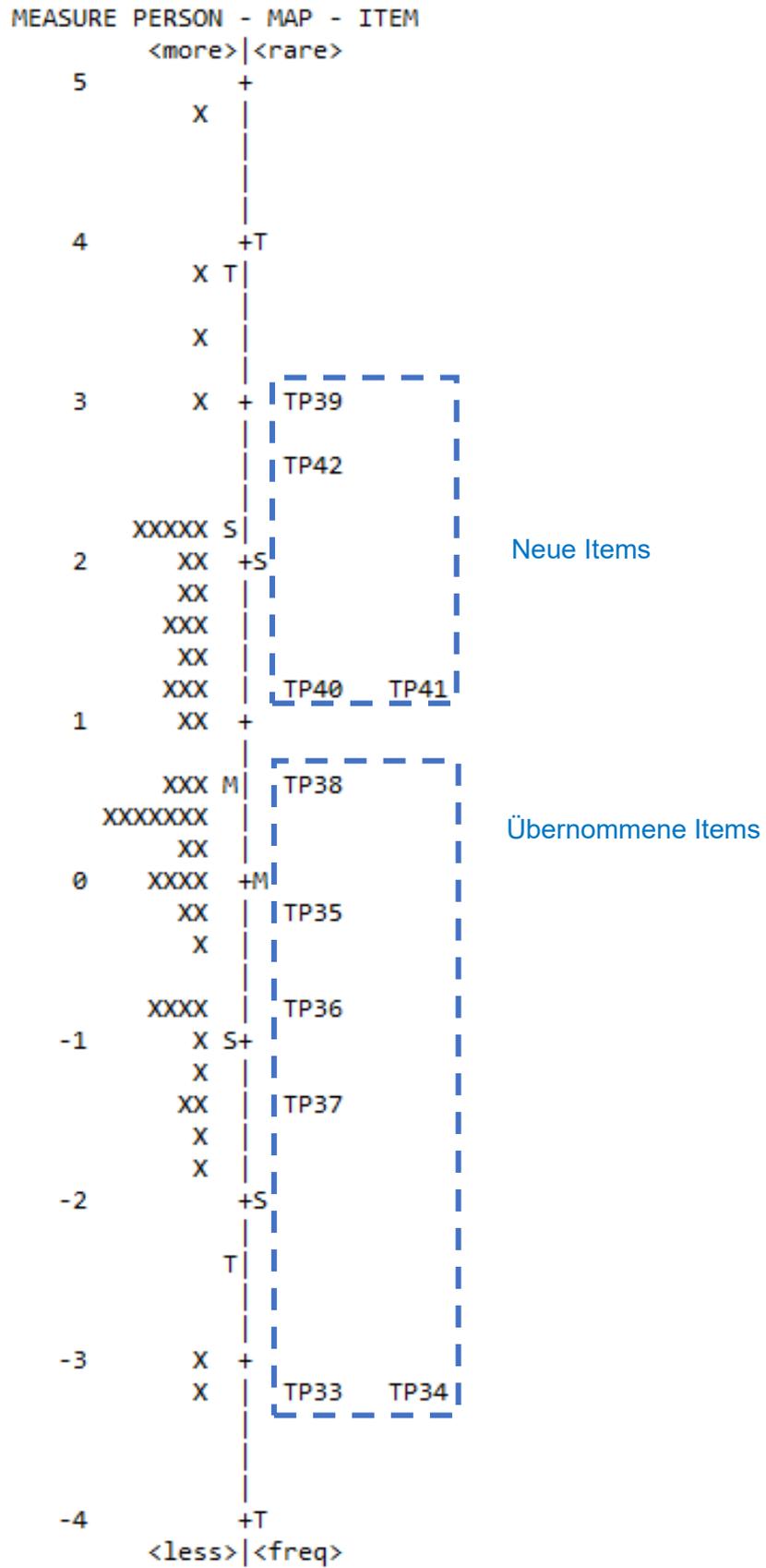


Abbildung 42 Wright Map der Skala TK im Prätest  
 Links sind die Personenfähigkeiten und rechts die Itemschwierigkeiten aufgetragen  
 (X = 1 Person); Skalierung in Logits

Die hohe Itemseparation wurde bereits bei den ICC diskutiert, die eine gute Trennbarkeit der Items aufwies. Die hohen Personenkennwerte lassen auf eine präzise Messung und eine gute Trennung von Personengruppen nach ihren Fähigkeiten schließen. Der Cronbachs Alpha-Wert der Skala betrug  $\alpha = 0,89$ . Die Originaldaten zur Tabelle 22 sind in Tabelle Anhang 48 hinterlegt.

**Tabelle 22 Skala TK Separation und Reliabilität Prätest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>3,07</b>	<b>0,90</b>
Model Person	3,45	0,92
<b>Real Item</b>	<b>9,90</b>	<b>0,99</b>
Model Item	10,41	0,99

### Posttest

Zunächst wurde eine DIF-Analyse durchgeführt, wobei kein DIF zwischen Prä- und Posttest festgestellt werden konnte (Tabelle Anhang 49). Um Prätest und Posttest später vergleichen zu können, wurden die Itemschwierigkeiten aus dem Prätest für den Posttest geankert. Dazu wurden die Itemschwierigkeiten aus Tabelle Anhang 39 und die Kategorienschritte (Thresholds) aus Tabelle Anhang 47 verwendet. 2 Personen wurden aufgrund unerwarteten Antwortverhaltens aus der Berechnung ausgeschlossen. Zunächst wurde der Itemfit betrachtet. 4 Items (TP34, TP33, TP39, TP42) zeigten einen Outfit- und Infit-MNSQ  $> 1,5$  (Tabelle Anhang 50). Die schlecht fittenden Antworten wurden identifiziert und alle Antworten, die ein Z-Residuum  $> 3$  oder  $< -3$  aufwiesen, durch Missings ersetzt (Tabelle Anhang 51). Das betraf insgesamt 8 Antworten. Nach Entfernen der Antworten lag kein Misfit mehr vor (Tabelle Anhang 52). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 1,10; der Outfit-MNSQ bei 1,01. Es lag kein Decken- oder Bodeneffekt bei den Personenantworten vor (Tabelle Anhang 53). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 1,01, der Outfit-MNSQ bei 1,00.

Die Reliabilitäts- und Separationswerte sind für die Skala TK im Posttest ähnlich zufriedenstellend wie im Prätest (Tabelle 23). Die Originaldaten können Tabelle Anhang 54 entnommen werden. Die Cronbachs Alpha-Reliabilität der Skala lag bei  $\alpha = 0,89$ .

**Tabelle 23 Skala TK Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,78</b>	<b>0,89</b>
Model Person	3,01	0,90
<b>Real Item</b>	<b>8,68</b>	<b>0,99</b>
Model Item	9,77	0,99

## Prätest und Posttest im Vergleich

Im Posttest waren die Itemschwierigkeiten wie beschrieben geankert. Die Personenverteilung veränderte sich leicht, jedoch nicht maßgeblich, wie aus Abbildung 43 hervorgeht:

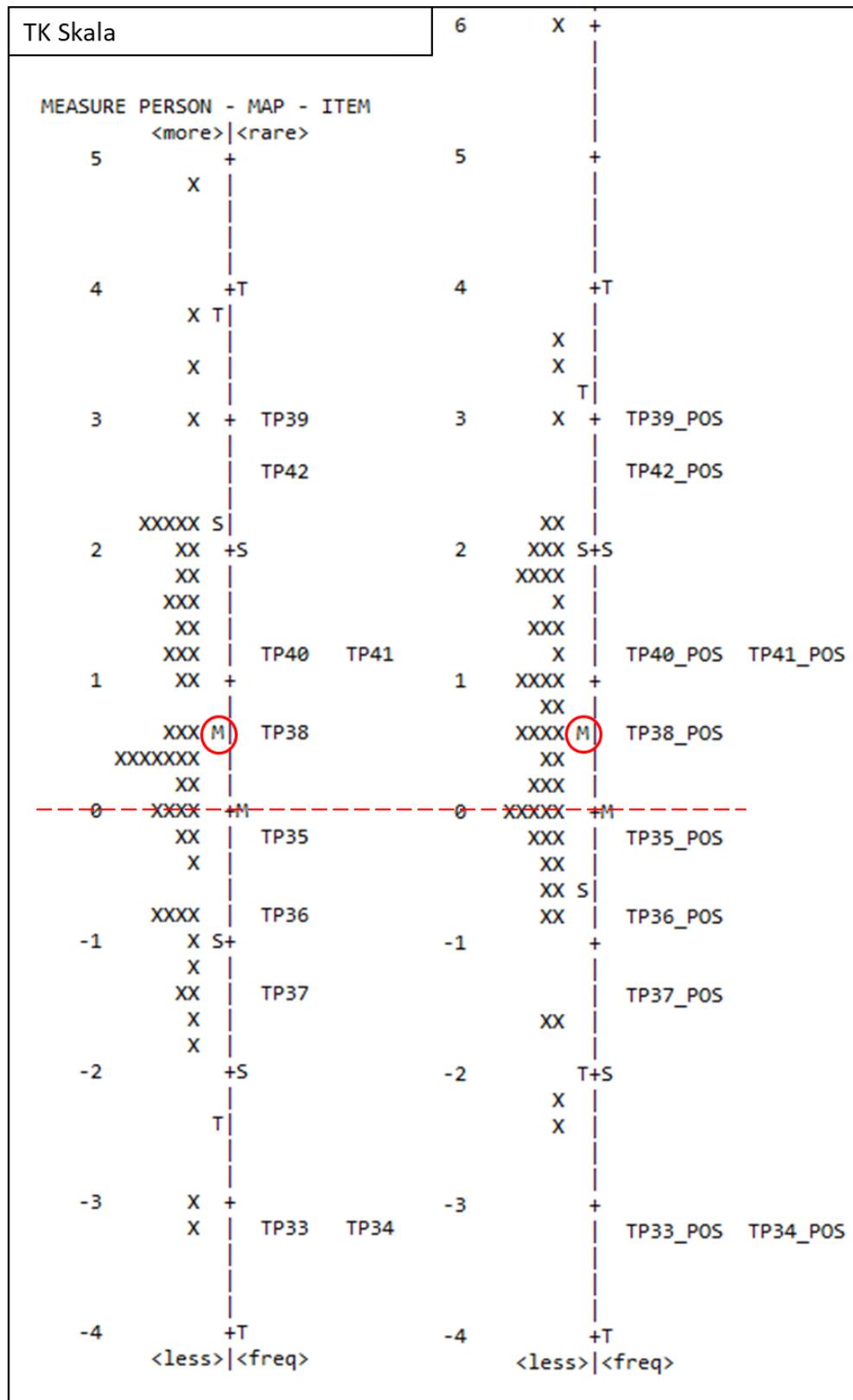


Abbildung 43 Wright Maps Skala TK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich

Die Itemhierarchie verändert sich im Posttest auch ohne eine entsprechende Ankerung kaum (Abbildung 44). Was hier deutlicher wird, ist die inhaltliche Nähe von TP38 zu den neuen Items, wie oben bereits diskutiert.

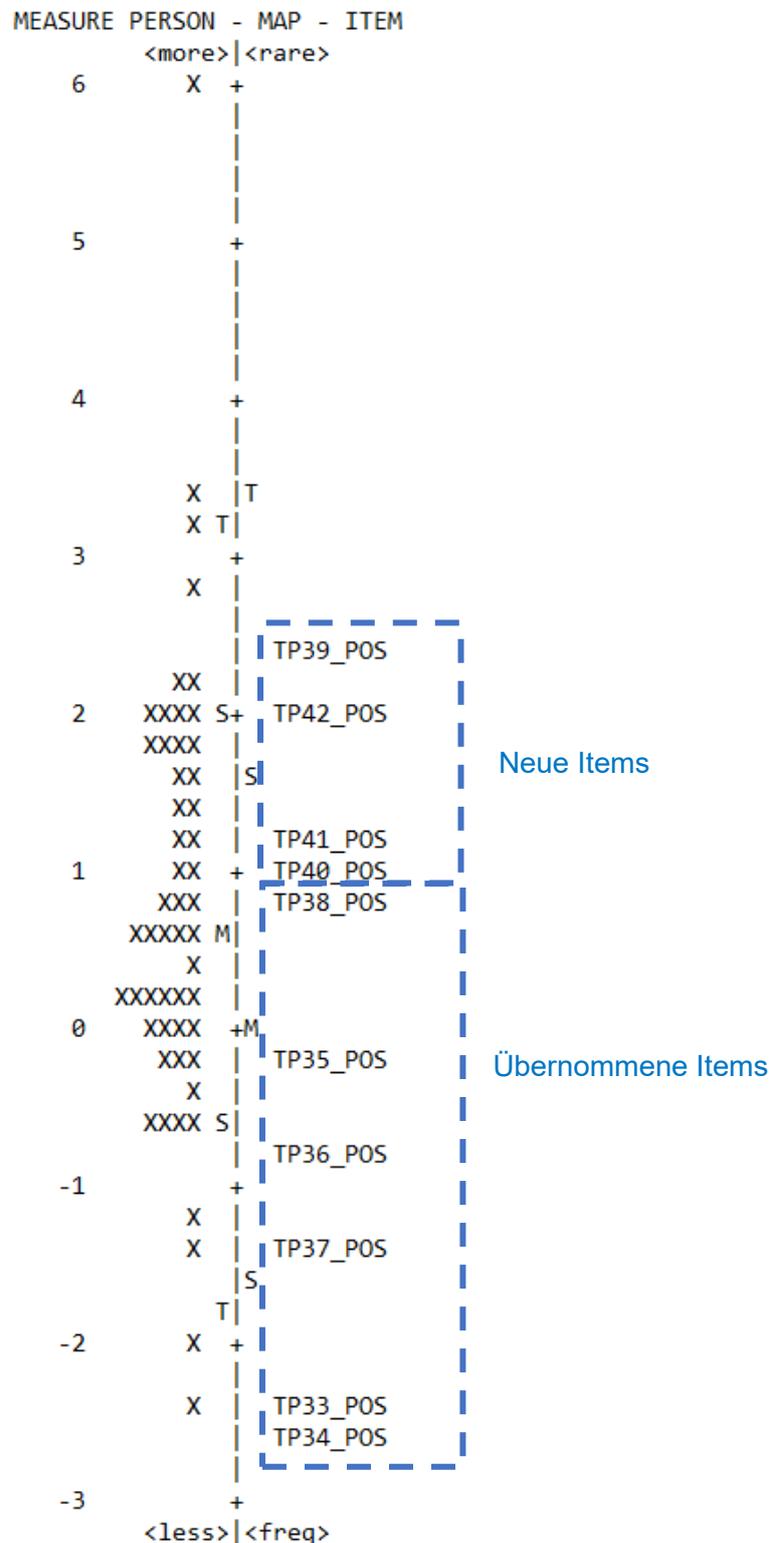


Abbildung 44 Wright Map Skala TK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

### 7.3.1.4 Skala Technological Content Knowledge (TCK)

Die Skala TCK erfasst die Selbsteinschätzung zu technologisch-inhaltlichem Wissen.

#### Prätest

Die Prüfung des Itemfits zeigte keine Items, die über dem gewünschten Outfit-MNSQ-Wert 1,5 lagen (Boone et al., 2014). (Abbildung 45). Die Daten zur Abbildung sind in Tabelle Anhang 56 zu finden. Der Infit-MNSQ lag im Durchschnitt bei 0,98; der Outfit-MNSQ bei 1,00. Die Korrelation der Items zeigte keine negativen Werte. Alle Werte lagen zudem im erwarteten Bereich unter 0,7. Die Originaldaten dazu sind in Tabelle Anhang 55 zu finden.

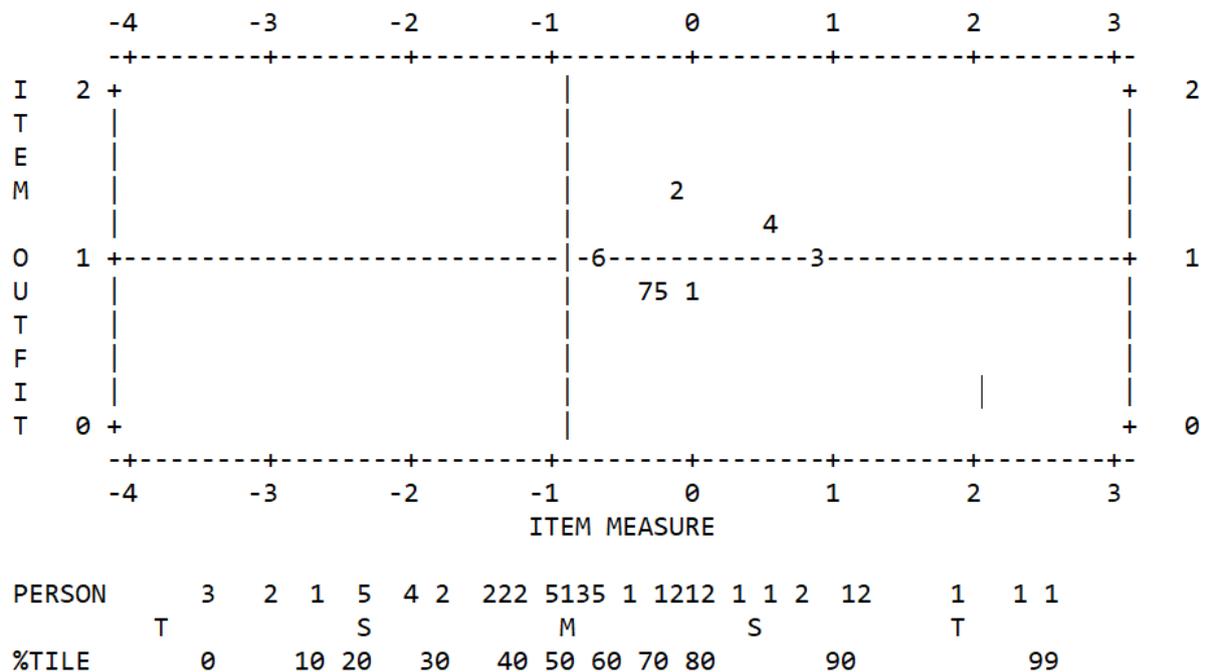
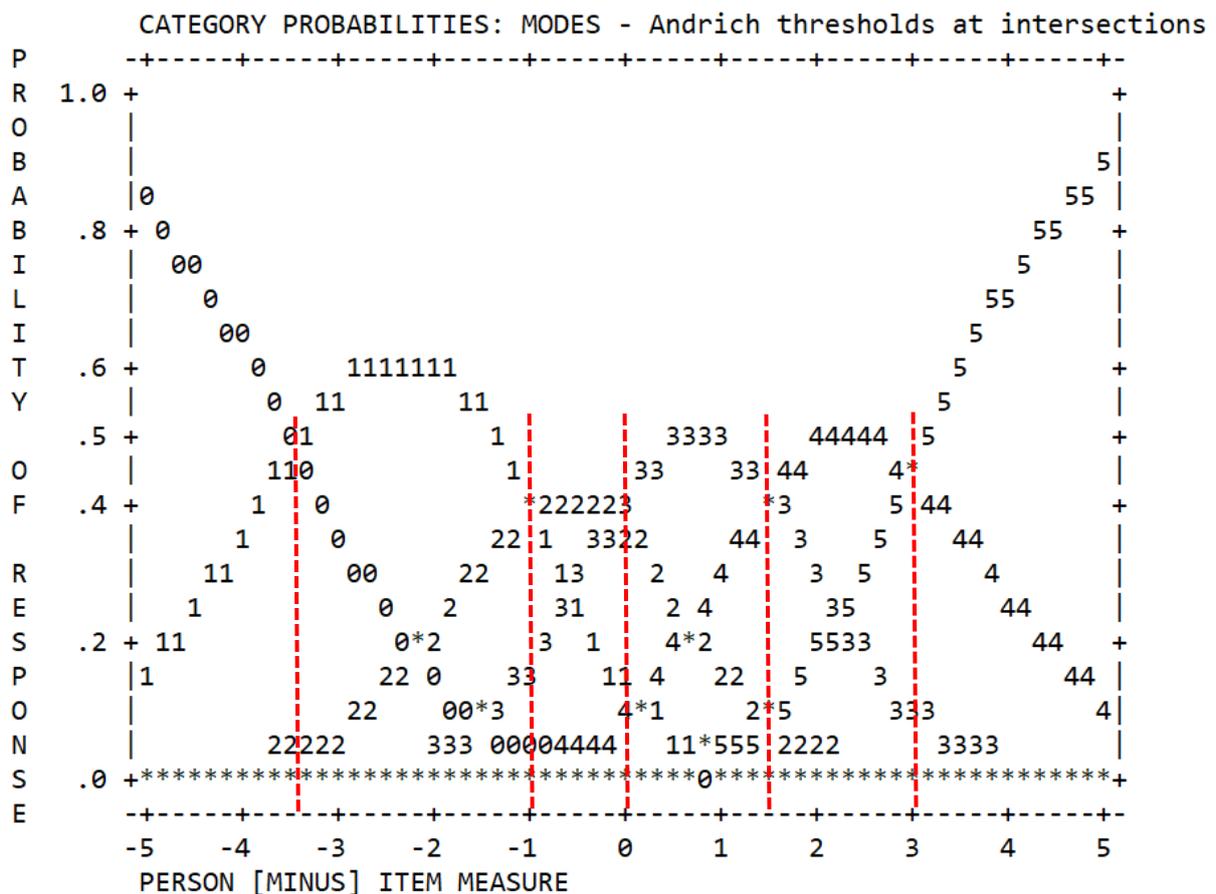


Abbildung 45 Itemfit Skala TCK Prätest  
 Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
 Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

Die Prüfung der Unidimensionalität ergab im ersten Kontrast einen Eigenwert von 3,17 (Tabelle Anhang 57). Beim Betrachten des Cluster Plots fiel zudem auf, dass nur 2 Cluster gebildet wurden (Tabelle Anhang 58). Die Korrelation zwischen den Clustern ist mittelhoch mit einem Wert von 0,53. Die Items TP30, TP31, TP32 lagen im ersten Cluster, die restlichen Items der Skala im zweiten Cluster. Inhaltlich unterscheiden sich die Cluster: Die Items des ersten Clusters beschreiben das Ersetzen von naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen durch digitale Medien; das zweite Cluster beschäftigt sich mit digitaler Unterstützung beim naturwissenschaftlichen Arbeiten. Da es sich jedoch bei beiden Clustern um einen Teil des TCK-Konstrukts handelt und eine mittlere Korrelation vorlag, wurde die Skala nicht aufgeteilt. Ein Decken- oder Bodeneffekt der Personenantworten konnte nicht festgestellt werden (Tabelle Anhang 59). Durchschnittlich liegt der Personen-Infit-MNSQ bei 0,94 und der Outfit-MNSQ bei 0,94. Die

Zuordnung der Scores zu den Personenfähigkeiten im Modell und der Ogive der Skala sind Tabelle Anhang 60 und Tabelle Anhang 61 zu entnehmen.

Die Kategorienreihung ist mit 2 Ausnahmen aufsteigend (Tabelle Anhang 62). Die Antwortwahrscheinlichkeiten der Skala TCK sind in Abbildung 46 dargestellt. Es zeigen sich erwartungsgemäß 6 Bereiche. Die Daten zur Abbildung sind in Tabelle Anhang 63 zu finden.



**Abbildung 46 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TCK**  
**Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene Personenfähigkeitsspanne dar.**

Die Skala wurde den Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021) folgend analysiert; die Daten befinden sich in Tabelle Anhang 63. Alle Kategorien bis auf Kategorie 5 wurden öfter als 10-mal beobachtet; Kategorie 5 wurde nur 7-mal beobachtet. Die Beobachtungen waren wie gewünscht verteilt, wobei ein Trend zu niedrigen Kategorien zu erkennen ist. Die Werte der Durchschnittsmessung sind aufsteigend. Der Outfit-MNSQ war < 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. Bis auf 3 Werte waren die M->C und C-> M Coherence-Werte über 40%. Von 5 Kategorienübergängen (Andrich Threshold) lagen 4 über dem geforderten Abstand von 1,4 Logits und 1 darunter (0,82). Alle Übergänge lagen unter dem Maximalwert von 5 Logits. Die Items lagen in ihrer Schwierigkeit sehr nah zusammen, was auch in der ICC sichtbar wird (Abbildung 47): Vor allem die 4 Items im Mittelfeld der Skala TP27, TP30

und TP32 liegen in ihrer Schwierigkeit sehr nah zusammen. Inhaltlich beschäftigen sie sich mit digitalen Alternativen für das Experimentieren (TP30) und Mikroskopieren (TP32), sowie mit digitalen Hilfsmitteln zum Beobachten von zeitlichen Verläufen (TP27).

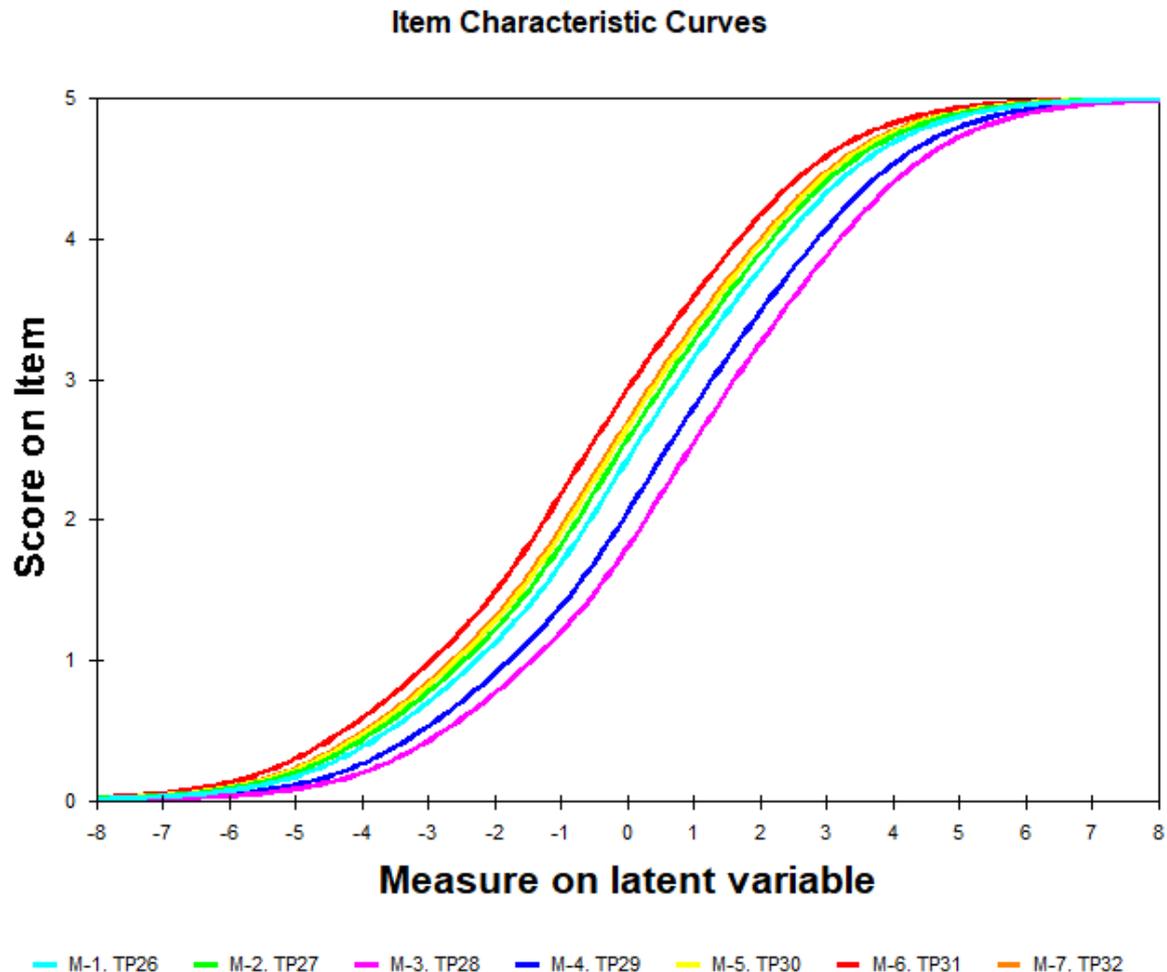


Abbildung 47 ICC Skala TCK

In Abbildung 48 sind die Itemschwierigkeiten mit Standardfehler aufgetragen. Hier wird das beschriebene Phänomen noch deutlicher: Die drei betreffenden Items sind im roten Kasten markiert. Insgesamt liegen die Items nah zusammen, wie auch an der Skalierung abgelesen werden kann. Die 3 leichtesten Items der Skala sind neu zum Fragebogen hinzugekommen. Sie beschäftigen sich mit digitalen Alternativen zum Beobachten (TP31), zum Experimentieren (TP32) und zum Mikroskopieren (TP33). Inhaltlich war zu erwarten, dass diese Items die leichtesten in der Skala sind, da die übernommenen Items von Graham et al. (2009) sich mit digitalen Medien und Technologien zur Unterstützung von naturwissenschaftlichen Prozessen befassen. Vor allem die digitale Datenerfassung (TP28) und digitale Datenorganisation und das Erkennen von Strukturen (TP29) wurden dabei als besonders schwierig empfunden. Entsprechend ist die Anordnung der Items wie erwartet.

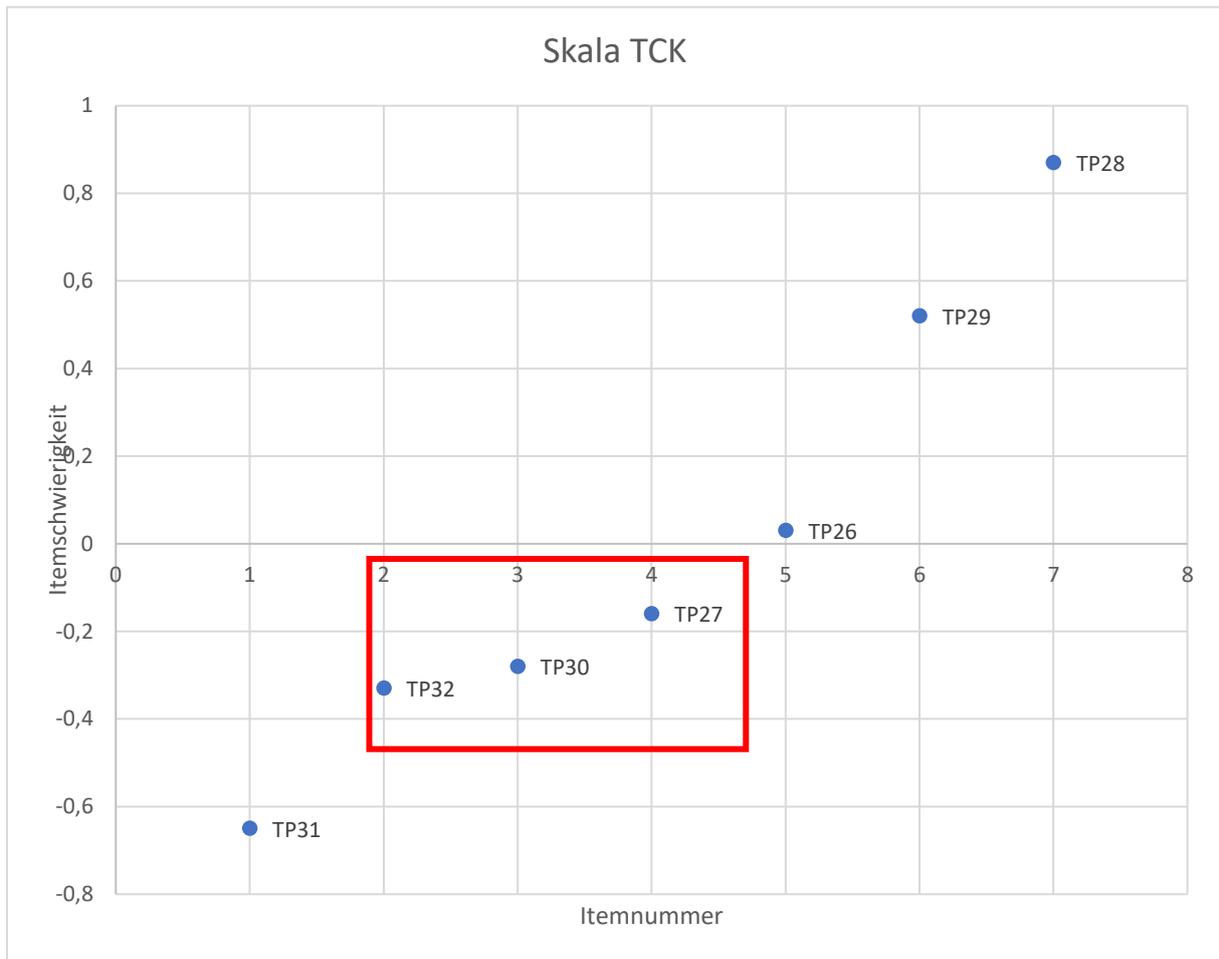


Abbildung 48 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TCK

In der Wright Map der Skala ist die Anordnung der Items ebenfalls ersichtlich. Die neuen und die übernommenen Items sind in Abbildung 49 mit Kästchen gekennzeichnet. Bei Betrachtung der Wright Map fällt vor allem die Personenverteilung auf: Die mittlere Personenfähigkeit liegt im Prätest deutlich unter der mittleren Itemschwierigkeit, jedoch mit -0,92 noch im akzeptablen Bereich für das Targeting der Skala.

Die Kennwerte der Skala TCK warendurchgehend nicht befriedigend (Tabelle 24). Die Personenseparation lag deutlich unter dem gewünschten Wert von 2,0 (Boone et al., 2014). Es ist davon auszugehen, dass die Skala Schwächen aufweist im Unterscheiden von guten und schlechten Personengruppen. Die Personenreliabilität war  $< 0,8$ , was auf eine verminderte Reproduzierbarkeit der Personenreihenfolge schließen lässt. Die Originaldaten zur Tabelle befinden sich in Tabelle Anhang 64. Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,84$ .

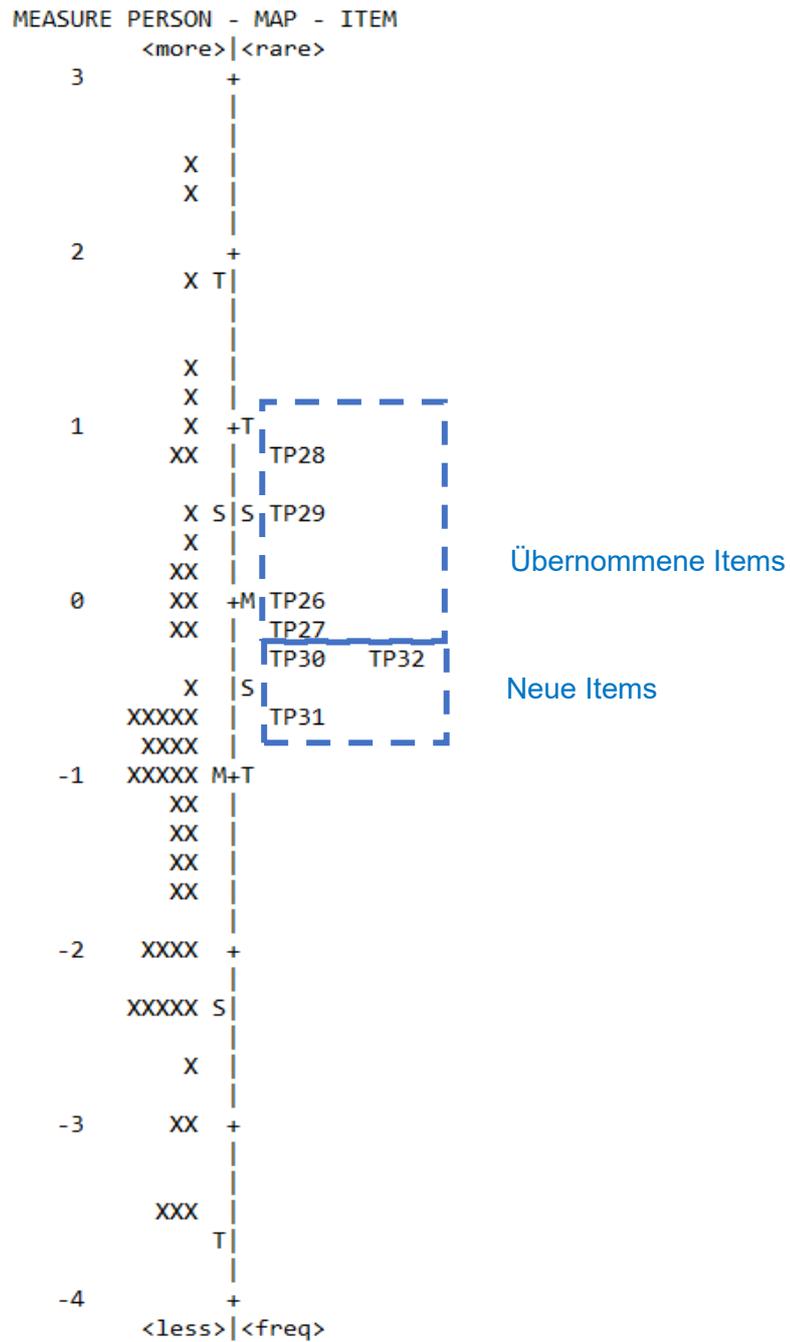


Abbildung 49 Wright Map Skala TCK Prätest  
 Links sind die Personenfähigkeiten und rechts die Itemschwierigkeiten aufgetragen  
 (X = 1 Person) Skalierung in Logits

Tabelle 24 Skala TCK Separation und Reliabilität Prätest

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>1,91</b>	<b>0,78</b>
Model Person	2,25	0,84
<b>Real Item</b>	<b>2,28</b>	<b>0,84</b>
Model Item	2,37	0,85

## Posttest

Zunächst wurde eine DIF-Analyse mit nicht geankerten Items durchgeführt, um auszuschließen, dass die Skala für Prä- und Posttest unterschiedlich fair misst. Es konnte kein DIF festgestellt werden (Tabelle Anhang 65). Für die Ankerung der Itemschwierigkeiten wurden die Schwierigkeiten aus dem Prätest (Tabelle Anhang 56) und die Kategorienabstände aus dem Prätest (Tabelle Anhang 63) übernommen.

Der Itemfit der Skala TCK im Posttest zeigte keine nicht fittenden Items (Tabelle Anhang 66). Durchschnittlich lag der Infit-MNSQ bei 0,71 und der Outfit-MNSQ bei 0,73. Die Personenmeasures zeigen weder einen Decken- noch einen Bodeneffekt (Tabelle Anhang 67). Der Infit-MNSQ lag im Durchschnitt bei 0,71; der Outfit-MNSQ bei 0,71.

Die Personenreliabilität und die Personenseparation sind zufriedenstellend, wohingegen die Itemseparation und die Itemreliabilität niedrig sind (Tabelle 25). Es kann entsprechend von Schwächen in der Konstruktvalidität ausgegangen werden. Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,91$ .

**Tabelle 25 Skala TCK Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,26</b>	<b>0,84</b>
Model Person	2,44	0,86
<b>Real Item</b>	<b>2,58</b>	<b>0,87</b>
Model Item	2,60	0,87

## Prätest und Posttest im Vergleich

In Abbildung 50 werden die Wright Maps der Skala TCK im Vergleich gezeigt: Links ist die Wright Map des Prätests zu sehen, recht die Wright Map des Posttests mit geankerten Itemschwierigkeiten. Über die Personenfähigkeit unterhalb des Mittelwerts kann im Prätest nur wenig ausgesagt werden, da hier keine Items liegen, um die Personenfähigkeit zu messen. Im Vergleich zum Prätest fällt auf, dass das Targeting der Skala im Posttest besser war. Insgesamt ist die Personenverteilung im Posttest deutlich nach oben verschoben. Die Lehrkräfte schätzten sich selbst also im Posttest deutlich besser ein als im Prätest. Betrachtet man jedoch den ungeankerten Posttest, so zeigt sich, dass die Items bezüglich ihrer Schwierigkeit noch näher zusammen liegen (Abbildung 51), der unterscheidbare Bereich wird also noch kleiner. Die Itemhierarchie bleibt nur in den Extrema der Skala erhalten. Die Items in der Mitte der Skala hingegen liegen so nah zusammen, dass kaum noch eine Aussage über eine Hierarchie getroffen werden kann. Neue und übernommenen Items vermischen sich zudem.

TCK Skala

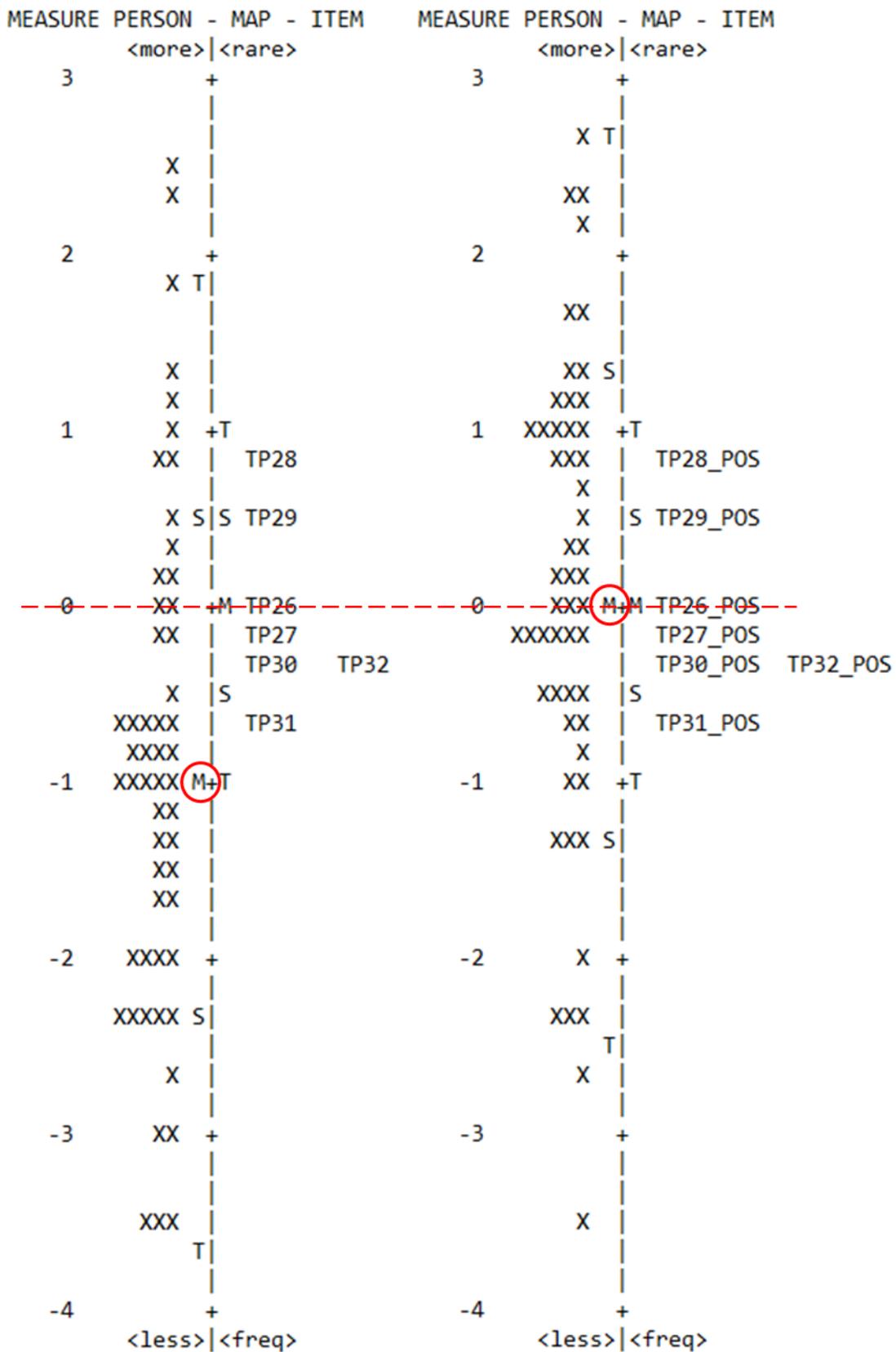


Abbildung 50 Wright Maps der Skala TCK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich

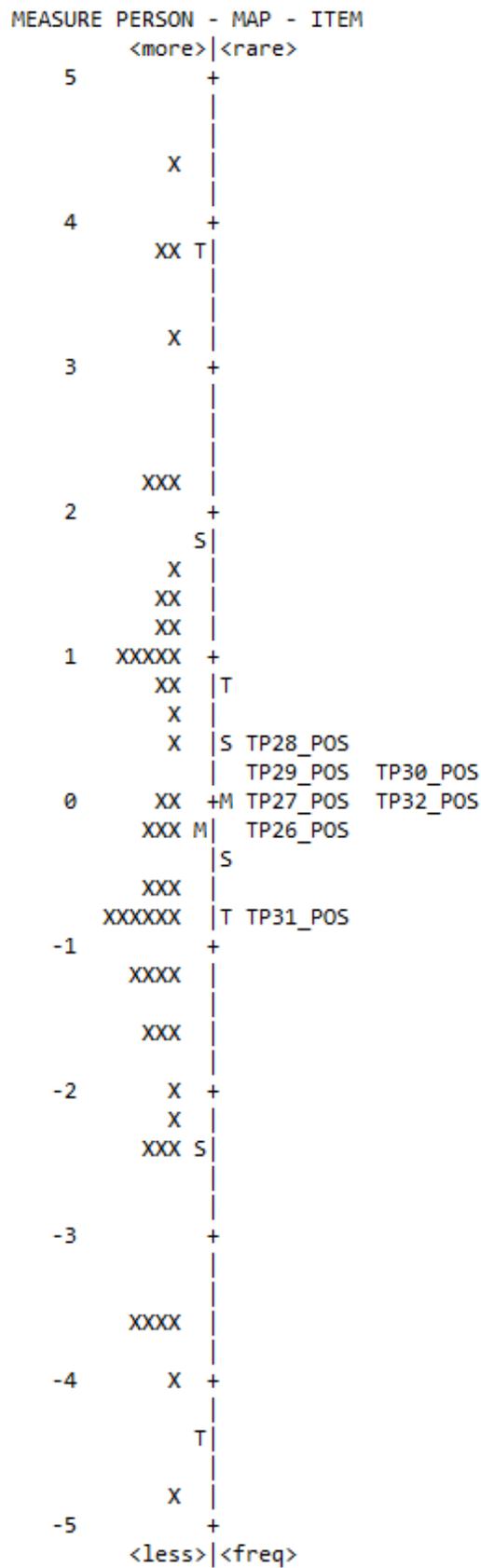


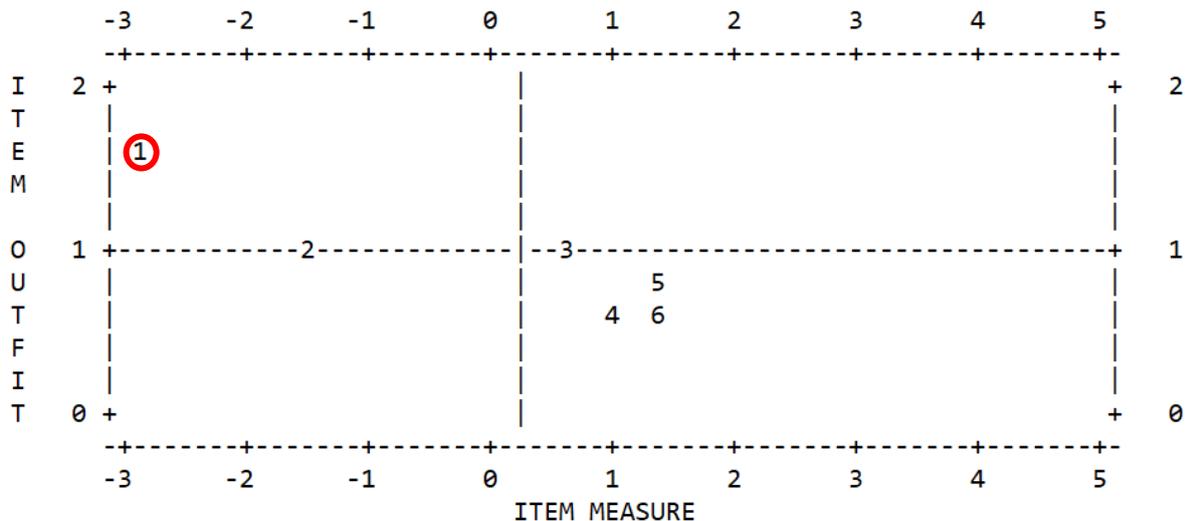
Abbildung 51 Wright Map Skala TCK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

### 7.3.1.5 Skala Technological Pedagogical Knowledge (TPK)

Die Skala TPK misst die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte im Bereich technologisch-pädagogisches Wissen.

#### Prätest

Der Itemfit ist in Abbildung 52 dargestellt. Lediglich ein Item (TP20) zeigt einen leichten Overfit mit 1,52; wie in der Abbildung rot markiert (Tabelle Anhang 69). Die nicht fittenden Antworten wurden identifiziert und eine Antwort mit einem Z-Residuum > 3 wurde entfernt (Tabelle An-



**Abbildung 52 Itemfit Skala TPK Prätest**  
Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

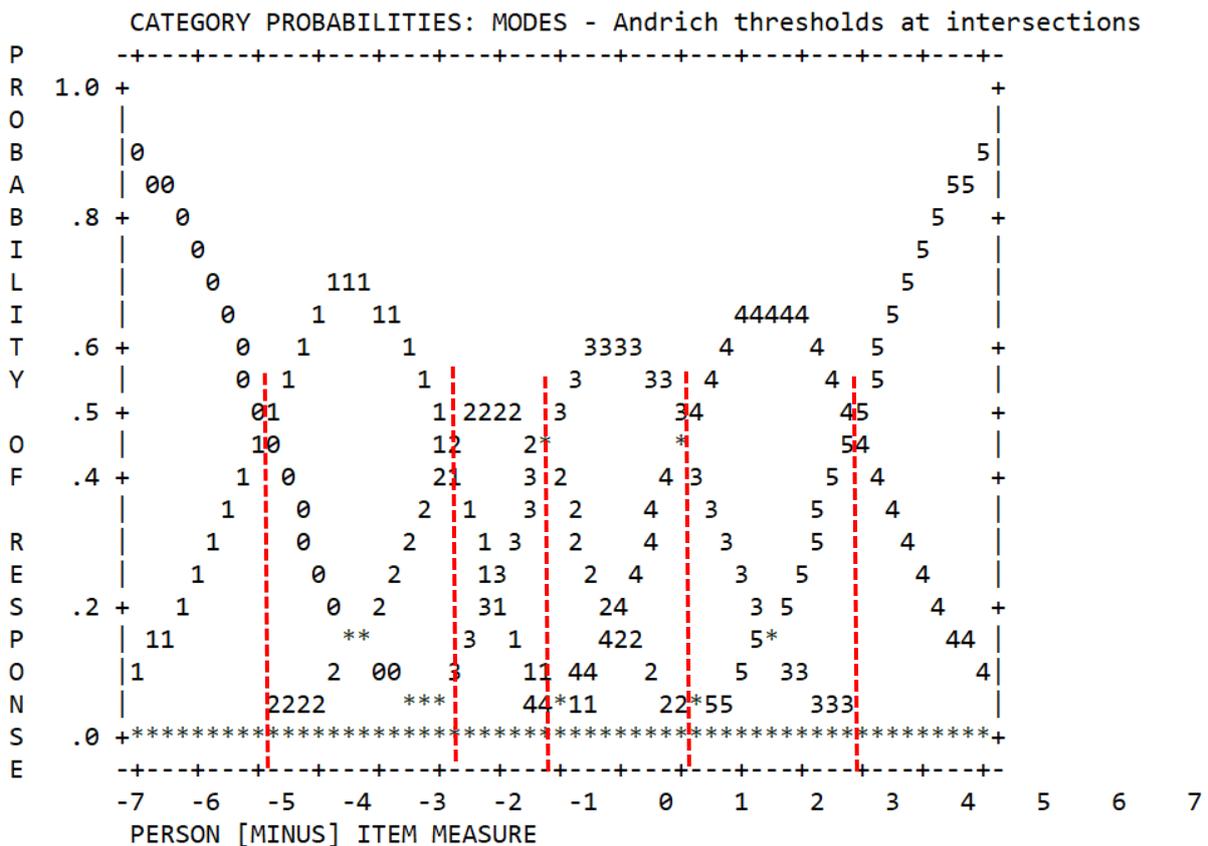
hang 70). Nach der Bereinigung des Datensatzes lag kein Misfit mehr vor (Tabelle Anhang 71). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,96; der Outfit-MNSQ bei 0,96.

Es lagen keine negativen Korrelationen zwischen den Items der Skala TPK vor und alle Korrelationswerte waren im gewünschten Bereich unter 0,7 (Tabelle Anhang 72). Die Überprüfung der Unidimensionalität ergab einen Eigenwert im ersten Kontrast von 2,92 (Tabelle Anhang 73). Bei der Betrachtung des Clusterplots wurden 2 Cluster sichtbar, die mit einem Wert von 0,64 miteinander korrelieren (Tabelle Anhang 74). Die Items TP23, TP24, TP25 bilden das erste Cluster. Es handelt sich um neu erstellte Items, die sich mit dem differenzieren von Inhalten mit digitalen Medien beschäftigen. Die restlichen Items bilden das zweite Cluster. Da die beiden Cluster inhaltlich stark verbunden sind und die Korrelation zwischen den Clustern noch hoch ist, kann von einer unidimensionalen Skala ausgegangen werden (Boone et al., 2014).

In den Personenantworten konnte kein Decken- oder Bodeneffekt festgestellt werden (Tabelle Anhang 75). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,93; der Outfit-MNSQ bei 0,95. Die

Zuordnung der Scores zu den Personenfähigkeiten und der Ogive der Skala können Tabelle Anhang 76 und Tabelle Anhang 77 entnommen werden.

Die Kategorienreihung der Items war mit einer Ausnahme aufsteigend (Tabelle Anhang 78). Die Kategorienwahrscheinlichkeiten der TPK-Skala sind in Abbildung 53 dargestellt: In der Kurve sind alle Kategorien unterscheidbar voneinander zu erkennen. Die Daten zur Abbildung sind in Tabelle Anhang 79 zu finden.



**Abbildung 53 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TPK**  
**Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene Personenfähigkeitsspanne dar.**

Die Ratingskala wurde anhand der Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021) überprüft; die Daten stammen aus Tabelle Anhang 79. Jede Kategorie wurde öfter als 10-mal beobachtet, bis auf Kategorie 0, welche nur 8-mal beobachtet wurde. Die Beobachtungen waren wie gewünscht verteilt. Die Werte der Durchschnittsmessung waren aufsteigend. Der Outfit-MNSQ lag unter einem Wert von 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. Alle Coherence-Werte lagen über 40%. Alle 5 Kategorienübergänge (Andrich Threshold) lagen über dem geforderten Abstand von 1,4 Logits und unter dem Maximalwert von 5 Logits. Die Itemschwierigkeiten wurden im ICC verglichen (Abbildung 54): Deutlich zu erkennen sind zwei große Lücken zwischen den leichtesten Items links und den eng zusammenliegenden schwierigeren Items rechts.

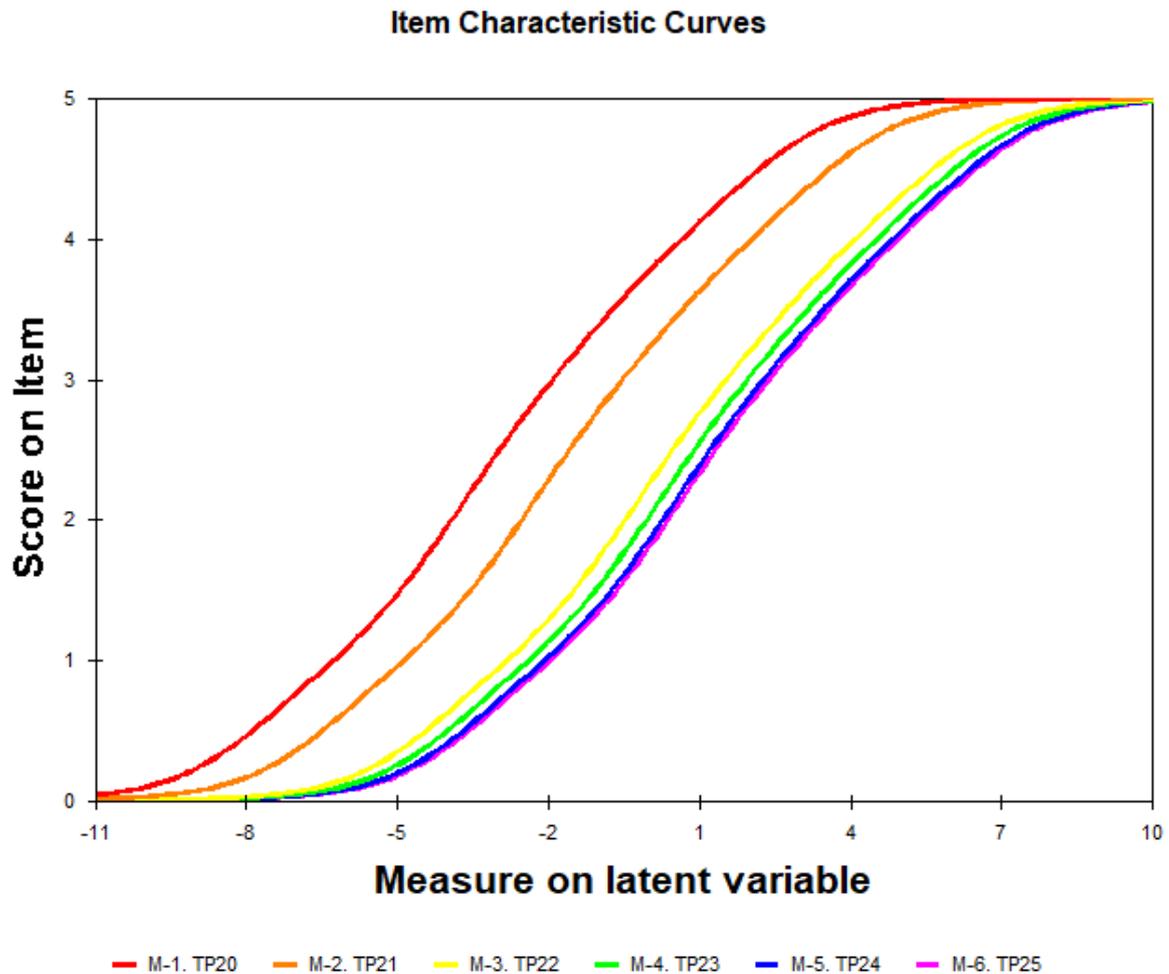


Abbildung 54 ICC Skala TPK

Deutlicher wird der Unterschied zwischen leichten und schwierigen Items in Abbildung 55: Hier sind die Schwierigkeiten der Items mit den Standardfehlern aufgetragen. Das leichteste Item TP20 beschäftigt sich mit einer digitalen Präsentation der Lerninhalte für die Lernenden. Hierbei fühlten sich die Lehrkräfte am sichersten. Das zweite Item TP21 (kognitive Aktivierung durch den Einsatz digitaler Medien) wurde ebenso als leicht wahrgenommen. Mit deutlichem Abstand folgt die digitale Erfassung des Lernfortschritts (TP22). Dicht darauf kommen Items, die das digitale zur Verfügung stellen und Erstellen von verschiedenen Schwierigkeitsgraden von Aufgaben (TP23), von gestuften Lernhilfen (TP24) und das digitale Differenzieren von Inhalten (TP25) beinhalten. Die drei schwierigsten Items liegen zusammen im ersten Cluster. Entsprechend ist davon auszugehen, dass sie sich sehr ähnlich sind und darum bei der Schwierigkeit auch ähnlich abschneiden. Die 3 schwierigsten Items sind neue Items, die anderen 3 Items sind übernommene Items von Graham et al. (2009). Insgesamt schienen die

Maßnahmen für einen inklusiveren Unterricht (Items TP23 bis TP25) den Lehrkräften schwerer zu fallen als sonstige Anwendungen digitaler Medien im Unterricht.

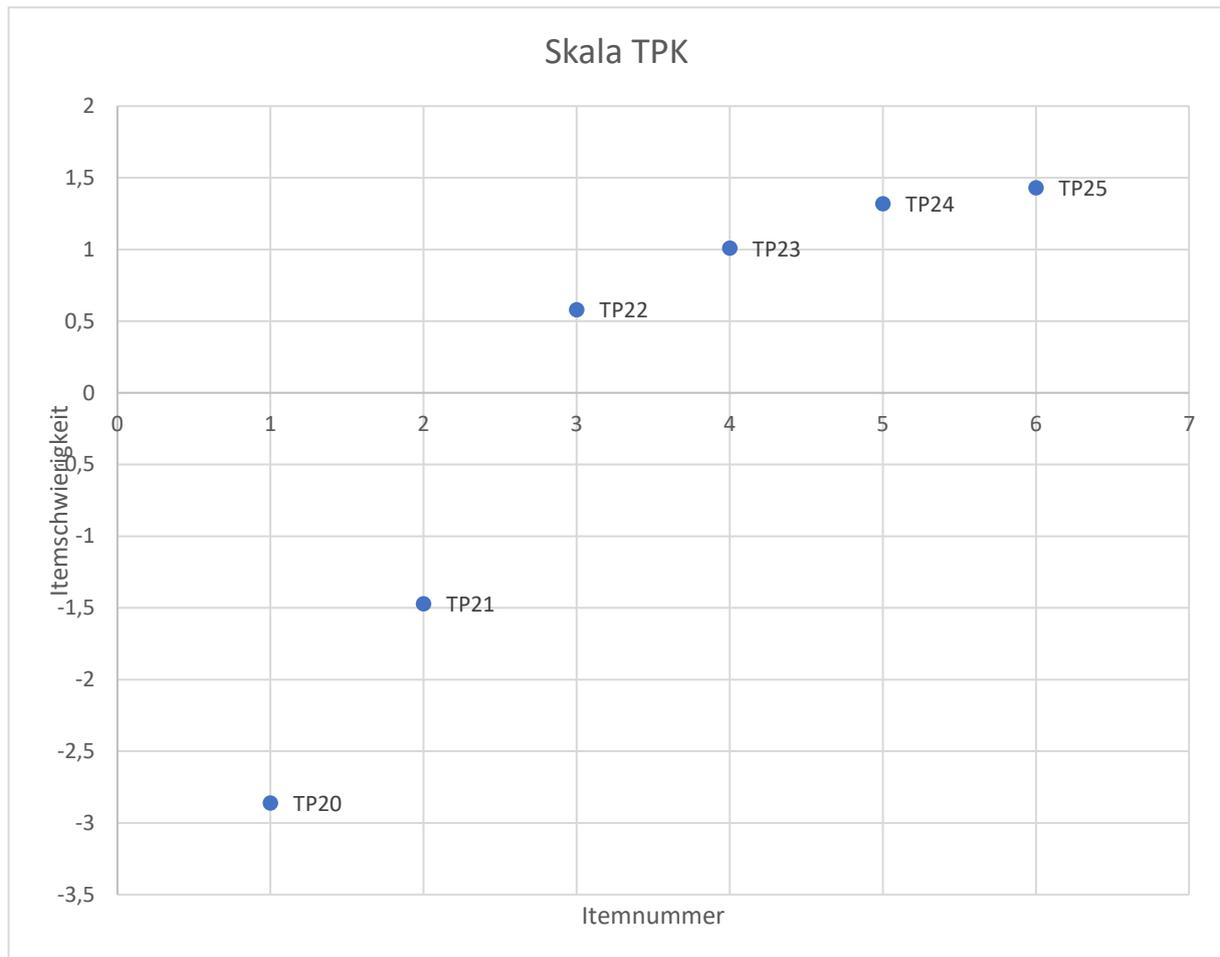


Abbildung 55 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TPK

Deutlich wurde dies auch in der Betrachtung der Wright Map (Abbildung 56). Die übernommenen und die neuen Items sind in gestrichelten Kästchen zusammengefasst. Die Anordnung nach übernommenen Items als leichte Items und neuen Items als schwierige Items ist inhaltlich gut begründbar, da die Differenzierung mit digitalen Medien noch nicht so gut im Lehrkräftehandeln verankert ist wie beispielsweise der Einsatz digitaler Medien zur kognitiven Aktivierung der Schüler\*innen. Die Verteilung der Personen ist gleichmäßig über die gesamte Skala. Die mittlere Personenfähigkeit lag im Prätest leicht über dem Schwierigkeitsmittel der Items. Das Targeting ist gelungen, da der Abstand  $< 1$  Logit ist zwischen der mittleren Personenfähigkeit und der mittleren Itemschwierigkeit.

Sowohl die Personen- als auch die Itemkennwerte sind sehr gut für die Skala TPK (Tabelle 26). Die Skala kann somit sowohl Personen als auch Items gut voneinander differenzieren und

ist konstruktvalide in der Itemhierarchie und Personenordnung. Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,93$ . Die Daten zur Skala sind in Tabelle Anhang 80 zu finden.

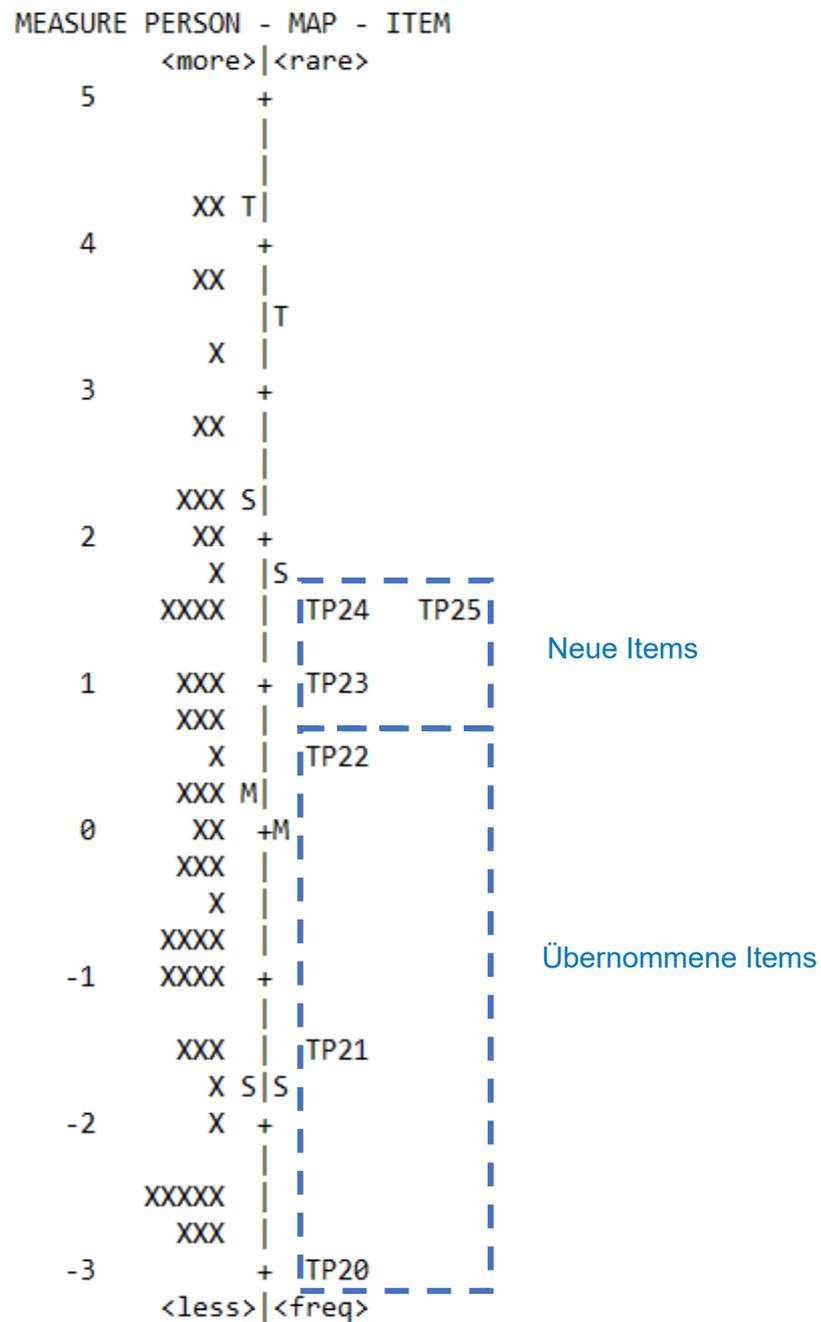


Abbildung 56 Wright Map Skala TPK Prätest

Tabelle 26 Skala TPK Separation und Reliabilität Prätest

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,15</b>	<b>0,82</b>
Model Person	2,47	0,86
<b>Real Item</b>	<b>7,20</b>	<b>0,98</b>
Model Item	7,61	0,98

## Posttest

Zunächst wurde eine DIF-Analyse zwischen dem Prätest und dem ungeankerten Posttest durchgeführt. Es lag kein DIF vor (Tabelle Anhang 81). Zum Ankern der Itemschwierigkeiten wurden die Schwierigkeiten aus Tabelle Anhang 71 und die Kategorienschritte aus Tabelle Anhang 79 übernommen.

Der Itemfit zeigte im Posttest keine nicht fittenden Items (Tabelle Anhang 82). Der durchschnittliche Infit-MNSQ liegt bei 0,91, der Outfit-MNSQ bei 0,92. Die Personenmeasures zeigen weder einen Decken- noch einen Bodeneffekt (Tabelle Anhang 83). Der Infit-MNSQ liegt im Durchschnitt bei 0,87, der Outfit-MNSQ bei 0,90. Das Targeting der Posttest-Skala lag unter 1 Logit.

Die Separations- und Reliabilitätswerte waren sehr gut (Tabelle 27). Es kann von einer validen Skala ausgegangen werden (Boone et al., 2014). Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,95$ .

**Tabelle 27 Skala TPK Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,50</b>	<b>0,86</b>
Model Person	2,81	0,89
<b>Real Item</b>	<b>7,24</b>	<b>0,98</b>
Model Item	7,64	0,98

## Prätest und Posttest im Vergleich

In Abbildung 57 sind die beiden Wright Maps der Skala TPK im Prätest-Posttest Vergleich dargestellt. Links ist der Prätest abgebildet und rechts der Posttest mit geankerten Itemschwierigkeiten. Die Personenverteilung verschiebt sich im Posttest deutlich nach oben und wird insgesamt länger. Das bedeutet, dass sich die Lehrkräfte im Posttest besser einschätzten als im Prätest.

Betrachtet man die Wright Map mit ungeankerten Itemschwierigkeiten im Posttest, zeigt sich eine weitgehend unveränderte Itemhierarchie (Abbildung 58).

TPK Skala

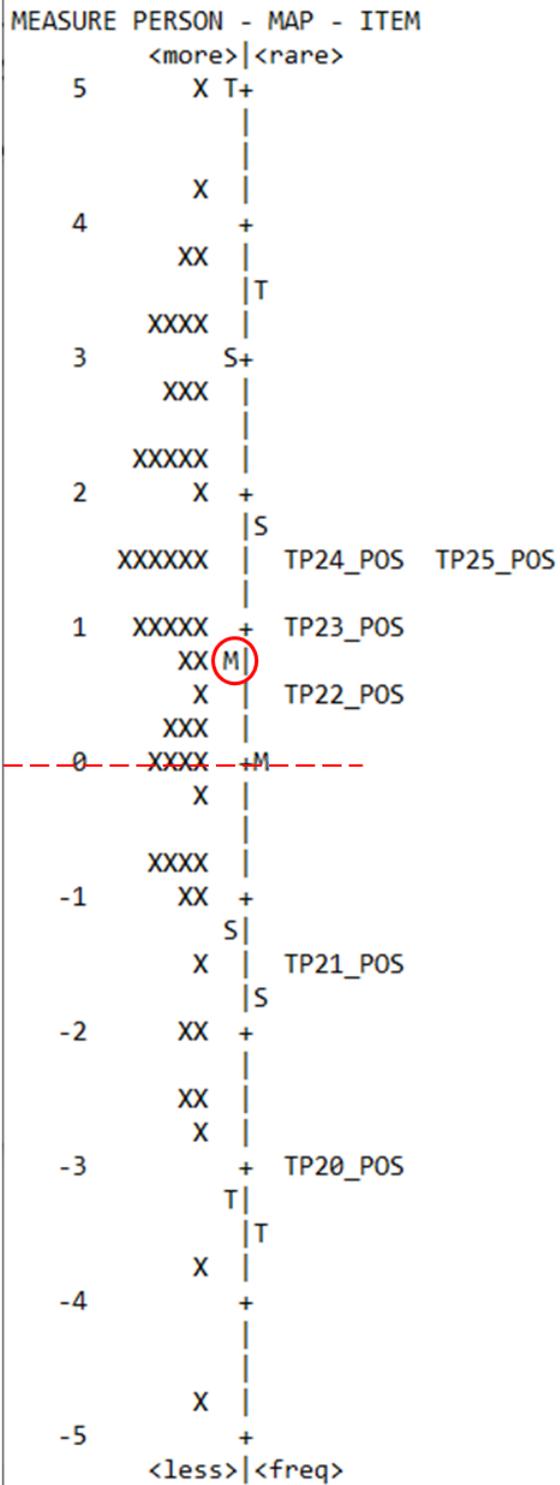
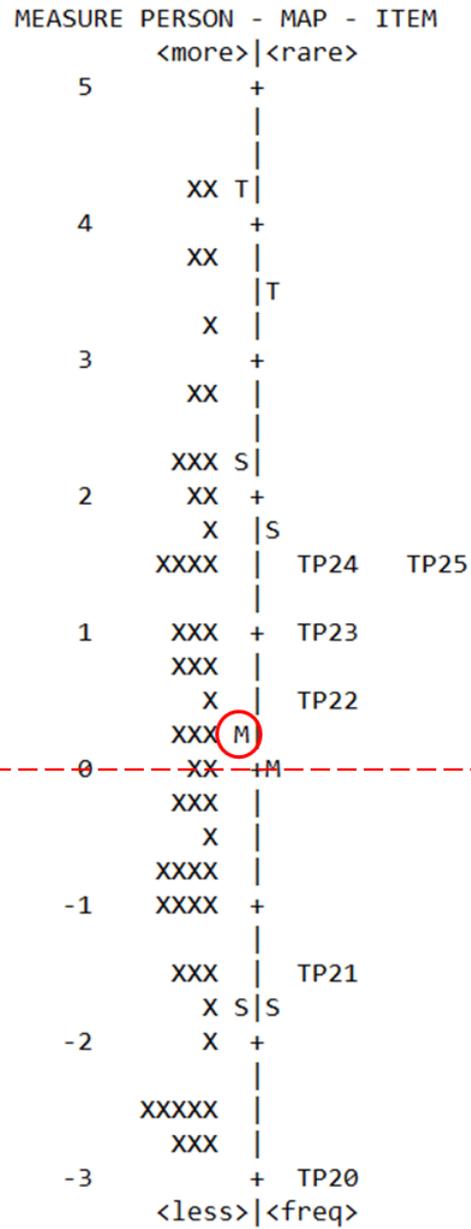


Abbildung 57 Wright Maps der Skala TPK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich

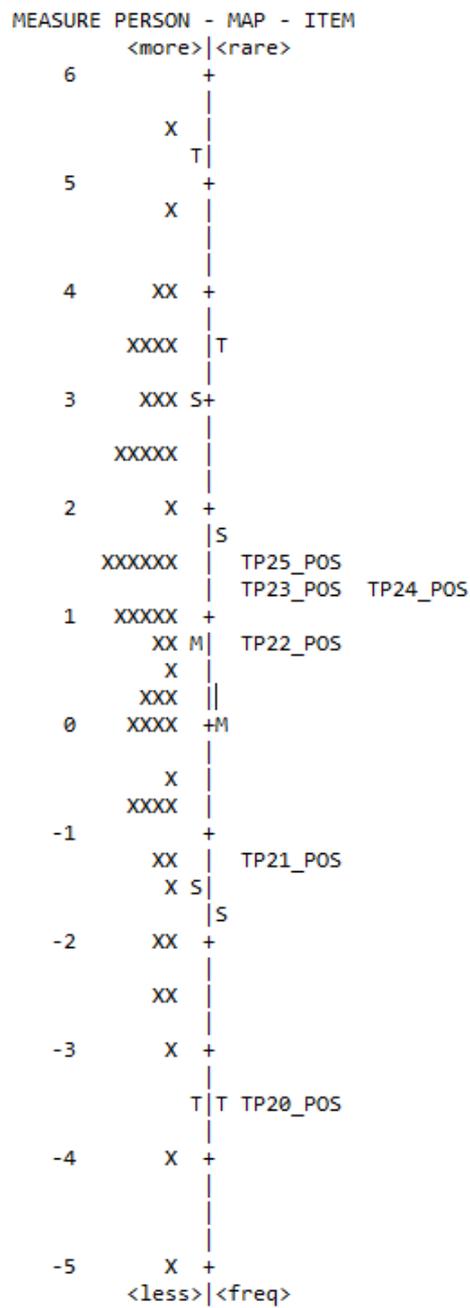


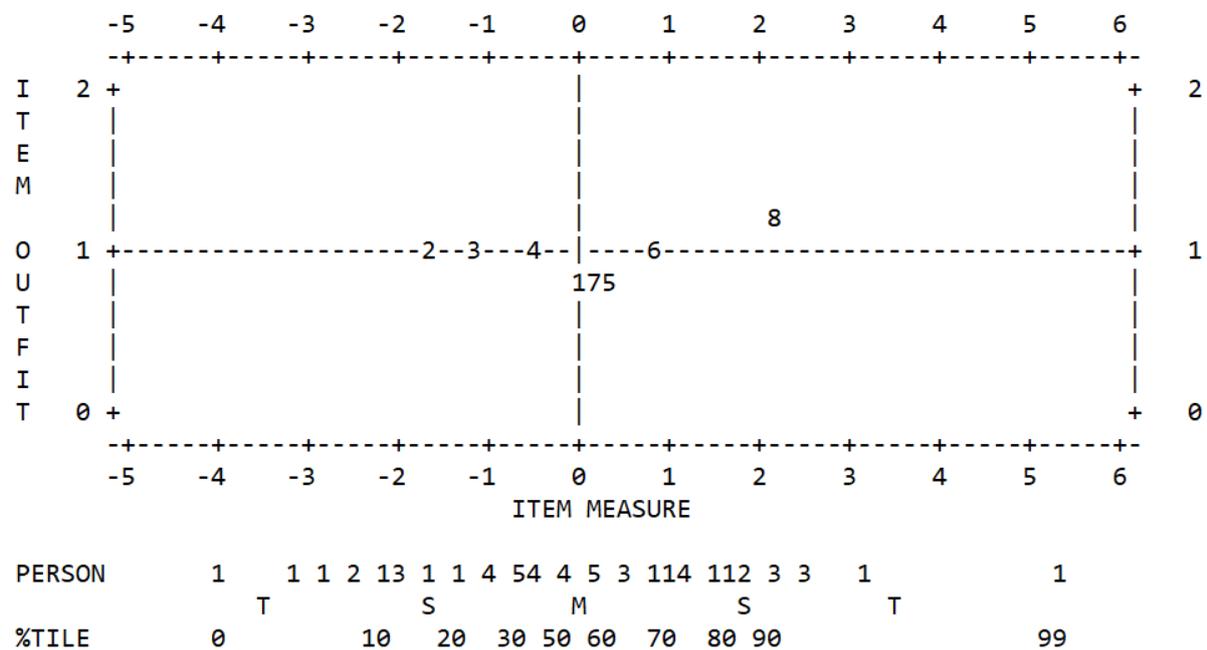
Abbildung 58 Wright Map Skala TPK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

### 7.3.1.6 Skala Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)

Die Skala TPACK befasst sich mit der Selbsteinschätzung der Lehrkräfte zu Aspekten des Unterrichts, die technologisches, pädagogisches, inhaltliches und fachdidaktisches Wissen beinhalten.

#### Prätest

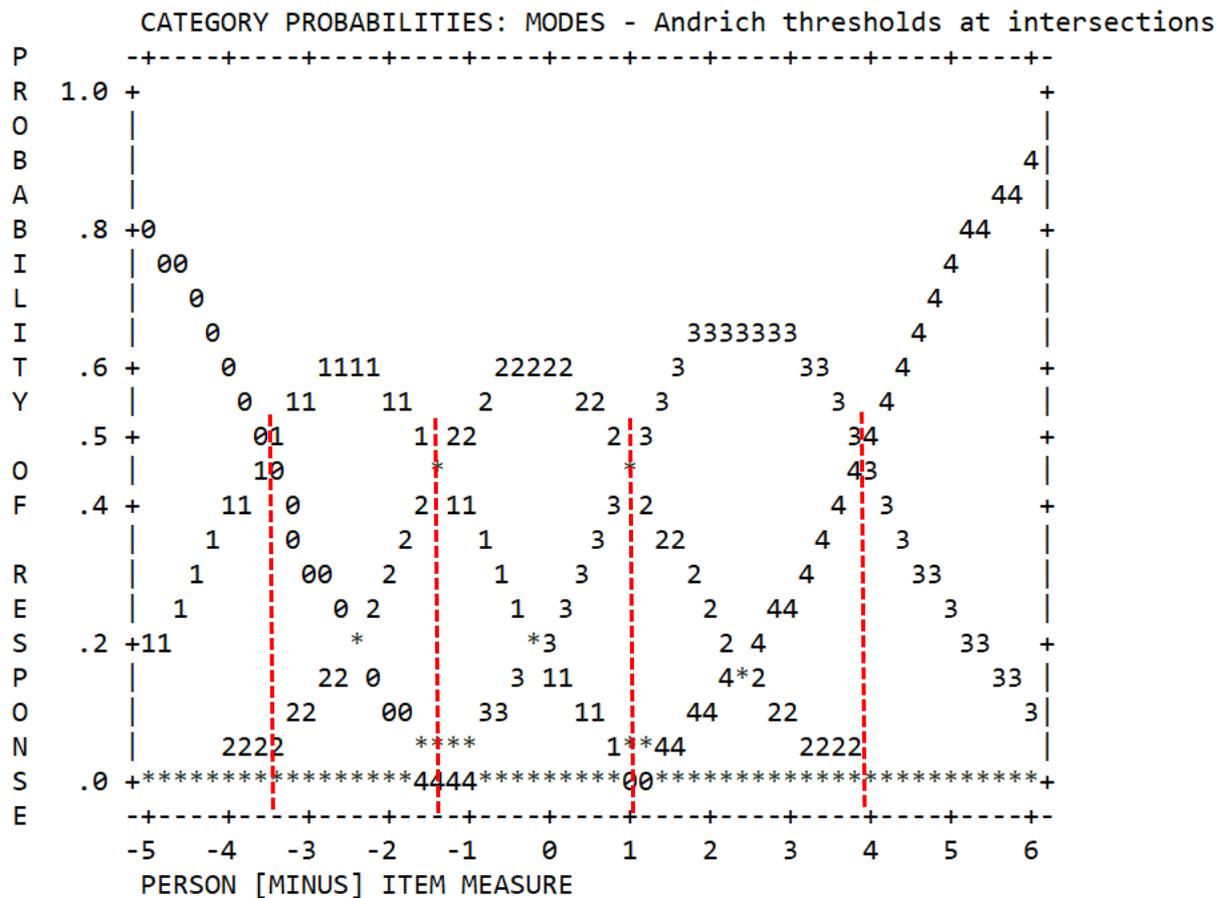
Als erstes wurde der Itemfit der Skala TPACK überprüft; alle Items fitteten (Tabelle Anhang 85). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,99; der Outfit-MNSQ bei 0,98. Graphisch ist der Itemfit in Abbildung 59 dargestellt:



**Abbildung 59 Itemfit Skala TPACK Prätest**  
Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

Die Korrelation der Items zeigte keine Auffälligkeiten. Alle Items korrelierten unter einem Wert von 0,7 (Tabelle Anhang 86). Es gab keine negativen Korrelationen. Bei der Überprüfung der Unidimensionalität zeigte der erste Kontrast einen Eigenwert über 2 (Tabelle Anhang 87). Die Korrelationen zwischen den Clustern sind mittel bis hoch (Tabelle Anhang 88); entsprechend ist ein Teil der Skala nicht erforderlich (Boone et al., 2014).

Die Personenantworten wiesen keinen Decken- oder Bodeneffekt auf (Tabelle Anhang 89). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,9; der Outfit-MNSQ bei 0,98. Die Zuordnung der Scores zu den Personenfähigkeiten und der Ogive der Skala sind in Tabelle Anhang 90 und Tabelle Anhang 91 zu finden. Die Kategorienreihung der einzelnen Items war mit einer Ausnahme aufsteigend (Tabelle Anhang 92). Die Kategorienschritte für die gesamte Skala sind in Abbildung 60 dargestellt. Es zeigt sich für jede Kategorie eine eigene Kurve mit einem eigenen Fähigkeitsbereich.



**Abbildung 60 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TPACK Prätest**  
**Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene**  
**Personenfähigkeitsspanne dar.**

Die Überprüfung anhand der Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021) erfolgte anhand der Daten aus Tabelle Anhang 93. Jede Kategorie wurde öfter als 10-mal beobachtet. Die Beobachtungen waren wie gewünscht verteilt. Die Werte der Durchschnittsmessung waren aufsteigend. Der Outfit-MNSQ war unter einem Wert von 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. Bis auf einen Wert bei der höchsten Kategorie waren die M->C und C-> M Coherence Werte über 40%. Alle 4 Kategorienübergängen (Andrich Threshold) lagen über dem geforderten Abstand von 1,4 Logits und unter dem Maximalwert von 5 Logits. Die Hierarchie der Items wird als ICC betrachtet (Abbildung 61). Die Items im mittleren Bereich der Skala liegen eng beieinander. Das betrifft hauptsächlich Item TP02 (hellgrün), TP06 (dunkelgrün) und TP08 (hellblau). Inhaltlich gibt es keine auffälligen Zusammenhänge zwischen den Items. Ein großer Abstand ist zu Item TP09 (lila) zu sehen, welches sich mit der digitalen Unterstützung von Schüler\*innen mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten befasst. Besser ersichtlich werden die Abstände in der Darstellung der Itemschwierigkeiten mit Standardfehler (Abbildung 62). In dieser Darstellung wird deutlich, dass Item TP09 und Item TP07 keine Überschneidung in ihren Messbereichen aufweisen, wohingegen die drei eng zusammenliegenden Items sehr ähnliche Schwierigkeitsbereiche abdecken.

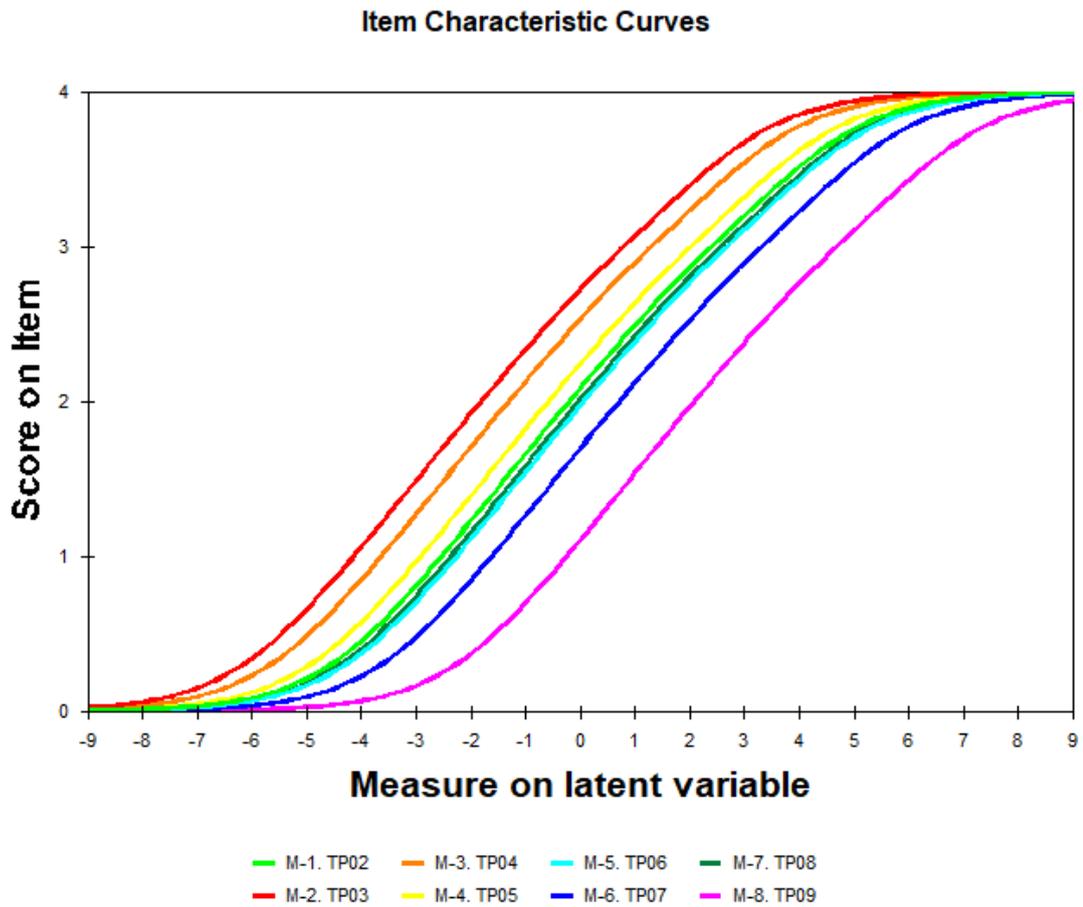


Abbildung 61 ICC Skala TPACK

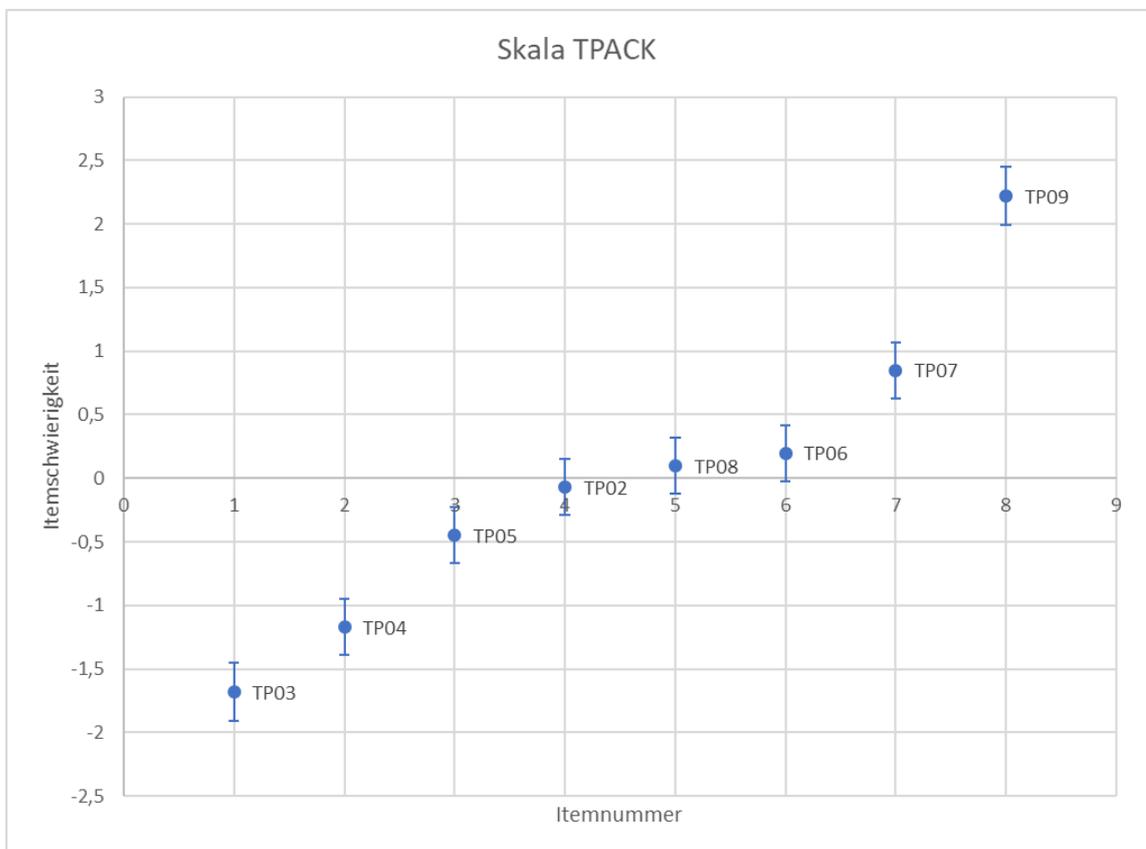


Abbildung 62 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TPACK

In der Wright Map der Skala zeigt sich eine gleichmäßige Verteilung der Personen (Abbildung 63). Das Targeting der Skala war sehr gut, da die mittlere Personenfähigkeit (0,04) nahezu auf der mittleren Itemschwierigkeit lag.

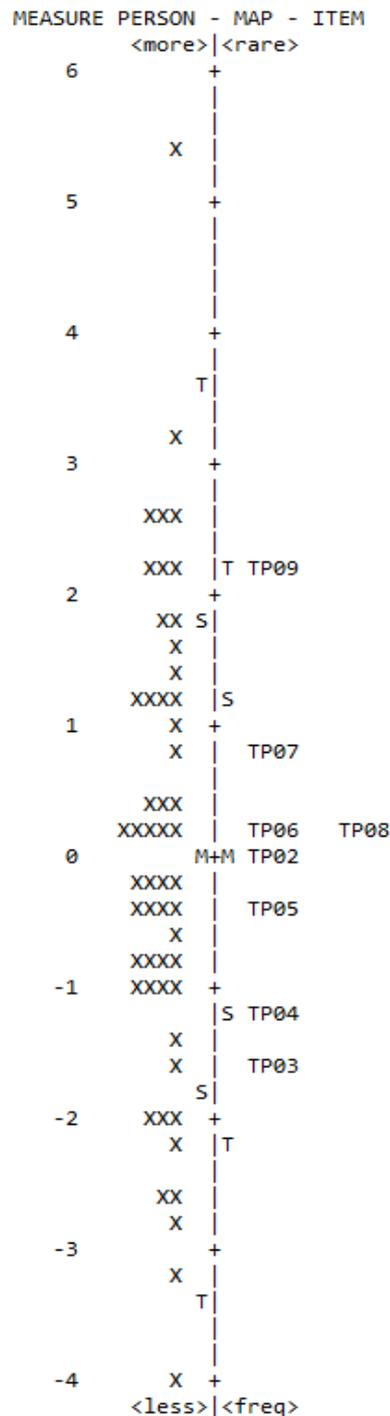


Abbildung 63 Wright Map Skala TPACK Prätest

Die Items verteilen sich wie erwartet, wobei einfachere Tätigkeiten mit digitalen Medien wie Recherche (TP03), Datenerhebung (TP04) und Datenauswertung (TP05) am einfachsten eingeschätzt werden. Im Mittelfeld der Skala liegen Tätigkeiten wie digitale Medien nutzen zum

Experimentieren (TP02), zum Beobachten (TP06) und um allen Schüler\*innen das naturwissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen (TP08). Schwerer wird das Item TP07 eingeschätzt, in welchem es um Modellieren geht. Das schwerste Item der Skala ist TP09, welches sich mit dem Einsatz digitaler Medien beschäftigt, um Schüler\*innen mit besonderen Bedürfnissen das naturwissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen. TP08 und TP09 wurden in der Skala ergänzt. Es zeigt sich jedoch keine Separation in der Schwierigkeit der neuen Items gegenüber den übernommenen Items.

Die Kennwerte der Skala TPACK sind in Tabelle 28 dargestellt. Sowohl die Personenseparation, als auch die Personenreliabilität waren im erwünschten Bereich, ebenso wie die Itemseparation und die Itemreliabilität (Boone et al., 2014). Daraus resultiert, dass die Skala insgesamt präzise und valide misst. Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,86$  (Tabelle Anhang 94).

**Tabelle 28 Separation und Reliabilität Skala TPACK Prätest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,37</b>	<b>0,85</b>
Model Person	2,81	0,89
<b>Real Item</b>	<b>4,79</b>	<b>0,96</b>
Model Item	4,94	0,96

## Posttest

Zunächst wurde eine DIF-Analyse durchgeführt, wobei sich ein Ausreißer zeigte (TP05; Tabelle Anhang 96). Das Item wurde im Prätest deutlich leichter eingeschätzt als im Posttest (Tabelle Anhang 95). Da das Item einen DIF aufwies, wurde es für Prä- und Posttest jeweils als verschiedenes Item behandelt. Das bedeutet, dass das Item in der Skala verbleiben kann, im Posttest aber nicht geankert wird, um eine erneute Berechnung der Itemschwierigkeit zuzulassen (Boone et al., 2014). Zum Ankern der Itemschwierigkeiten wurden die Itemschwierigkeiten aus dem Prätest (Tabelle Anhang 85) und die Kategorienschritte aus dem Prätest (Tabelle Anhang 93) für die verbleibenden Items verwendet.

Anschließend wurde der Itemfit des geankerten Posttests betrachtet; es gab keine Misfits (Tabelle Anhang 97). Der Infit-MNSQ lag im Durchschnitt bei 0,88; der Outfit-MNSQ bei 0,87. Die Personenantworten zeigten weder einen Decken- noch einen Bodeneffekt (Davis & Boone, 2021) (Tabelle Anhang 98). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,87; der Outfit-MNSQ bei 0,87. Das Targeting der Skala ist nicht gelungen mit einer durchschnittlichen Personenfähigkeit von 1,76.

Die Reliabilitäts- und Separationswerte der Skala lagen durchgehend über den erwünschten Werten (Tabelle 29). Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,89$  (Tabelle Anhang 99). Es kann davon ausgegangen werden, dass die Skala TPACK im Posttest zuverlässig und valide misst (Boone et al., 2014).

**Tabelle 29 Skala TPACK Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,45</b>	<b>0,86</b>
Model Person	2,65	0,88
<b>Real Item</b>	<b>4,71</b>	<b>0,96</b>
Model Item	4,79	0,96

### **Prätest und Posttest im Vergleich**

In Abbildung 64 werden die Wright Maps der Skala TPACK im Prätest-Posttest-Vergleich gezeigt. Links ist der Prätest abgebildet und rechts der Posttest mit geankerten Itemschwierigkeiten. Die mittlere Personenfähigkeit liegt im Posttest deutlich über dem Skalenmittel, im Gegensatz zum Prätest. Insgesamt wirkt die Personenverteilung nach oben verschoben, in Richtung fähiger. Das nicht geankerte Item TP05 verändert sich in der Schwierigkeit in Richtung schwieriger. Das Item lautete: „Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um wissenschaftliche Daten zu organisieren und Muster in diesen zu erkennen. (Datenauswertung)“. Es befasst sich also mit digitaler Datenauswertung, welche in der Fortbildung explizit behandelt wird. Es ist anzunehmen, dass die Lehrkräfte das Item im Prätest unterschätzt haben und im Posttest schwieriger wahrnahmen. Die Veränderung ist mit einem blauen Pfeil in der Abbildung dargestellt.

Weitere Berechnungen ohne Ankerung der Itemschwierigkeiten zeigten keine starke Veränderung der Itemhierarchie (Abbildung 65), was durch die gute Itemreliabilität mit einem Wert von 0,96 untermauert wurde.

TPACK Skala

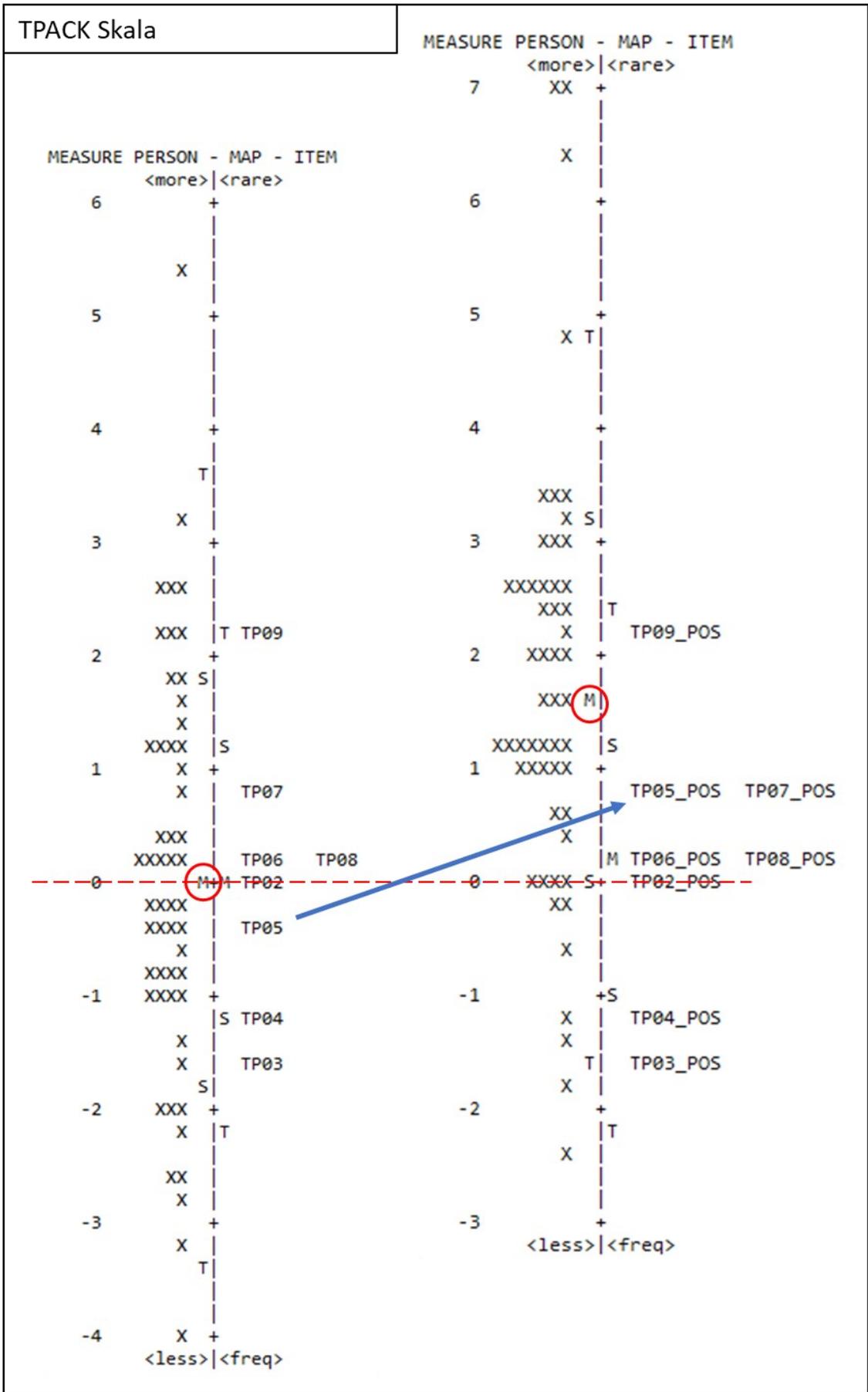


Abbildung 64 Wright Maps Skala TPACK im Prättest (links) Posttest (rechts) Vergleich

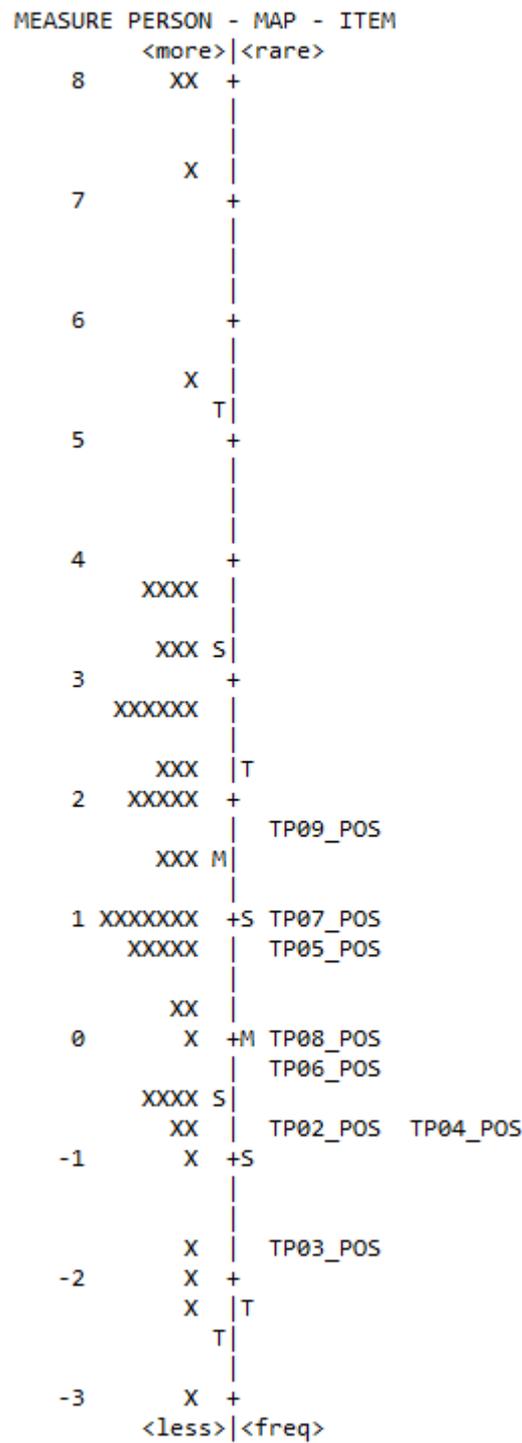


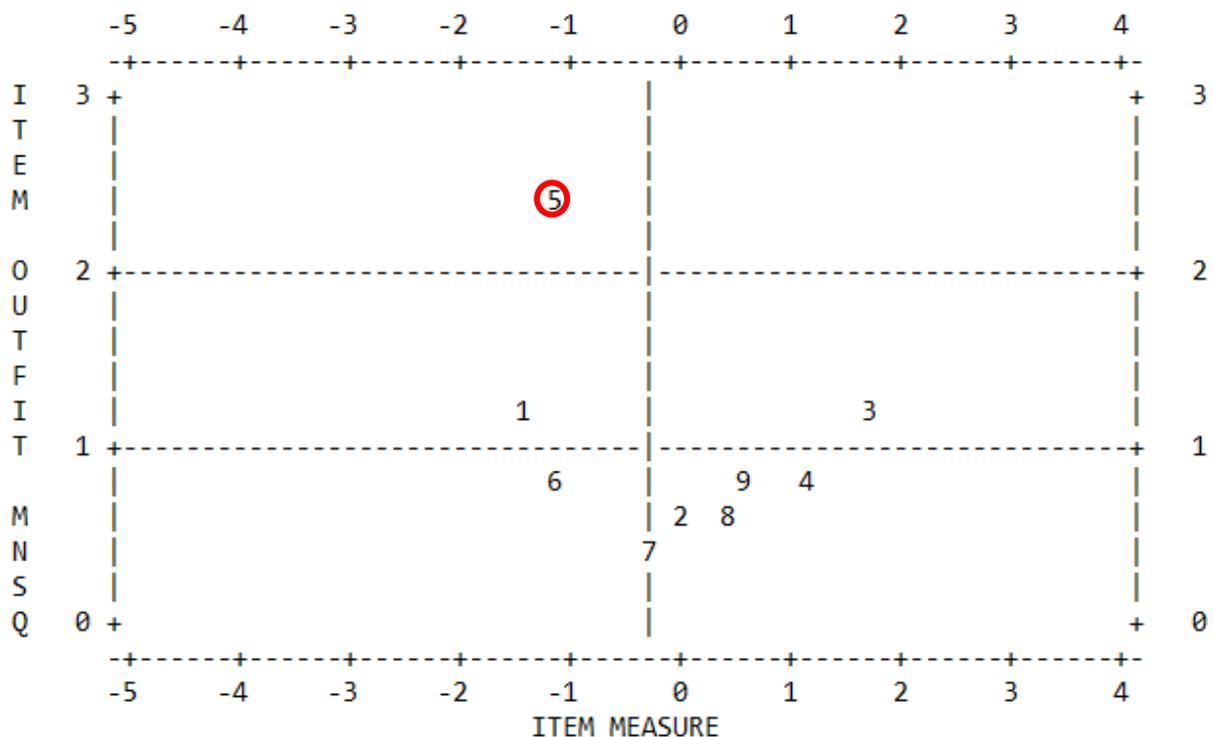
Abbildung 65 Wright Map Skala TPACK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

### 7.3.1.7 Skala Digitally Supported Inquiry Learning for all Students (DILAS)

Die Skala DILAS beschäftigt sich mit den Selbsteinschätzungen der Lehrkräfte zum digital unterstützten naturwissenschaftlichen Arbeiten für alle Schüler\*innen.

#### Prätest

Zunächst wurde der Itemfit überprüft (Abbildung 66). Ein Item (TP05) zeigte einen Outfit-MNSQ > 1,5 (Tabelle Anhang 100). Die schlecht fittenden Antworten der Teilnehmer\*innen wurden identifiziert und alle Antworten mit einem Z-Residuum > 2, bzw. < -2 entfernt (Tabelle Anhang 101). Dies betraf im iterativen Prozess 6 Antworten. Danach war kein Misfit der Items mehr vorhanden (Tabelle Anhang 102). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 1,00; der Outfit-MNSQ bei 0,97.



PERSON	1		12	321	21	52	33251	2211	222	21	1	1	2	1
%TILE	0	T		S		M		S		T				99
			10	20	30	40	60	70	80	90				

Abbildung 66 Itemfit Skala DILAS Prätest  
Dargestellt sind die Outfitwerte der Items. Die Buchstaben repräsentieren die Items.  
Werte über 1,5 werden als kritisch betrachtet.

Die Korrelation der Items war durchgehend positiv und < 0,7 (Tabelle Anhang 103). Die Überprüfung der Unidimensionalität zeigte einen Eigenwert > 2 im ersten Kontrast (Tabelle Anhang 104). Bei der Betrachtung der Cluster zeigten sich sehr hohe Korrelationen zwischen den Clustern, weshalb eine Aufteilung der Skala in 2 Konstrukte nicht möglich war (Tabelle Anhang 105).

Es lag kein Decken- oder Bodeneffekt bei den Personenantworten vor (Tabelle Anhang 106). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,69; der Outfit-MNSQ bei 0,69. Die Zuordnung der Scores zu den Personenfähigkeiten und der Ogive der Skala sind in Tabelle Anhang 107 und Tabelle Anhang 108 zu finden. Die Kategorienreihung der Items war mit einer Ausnahme stetig aufsteigend (Tabelle Anhang 109). Die Wahrscheinlichkeiten der Antwortkategorien über die gesamte Skala hinweg sind in Abbildung 67 dargestellt. Es zeigen sich einzelne Fähigkeitsbereiche für jede Kategorie.

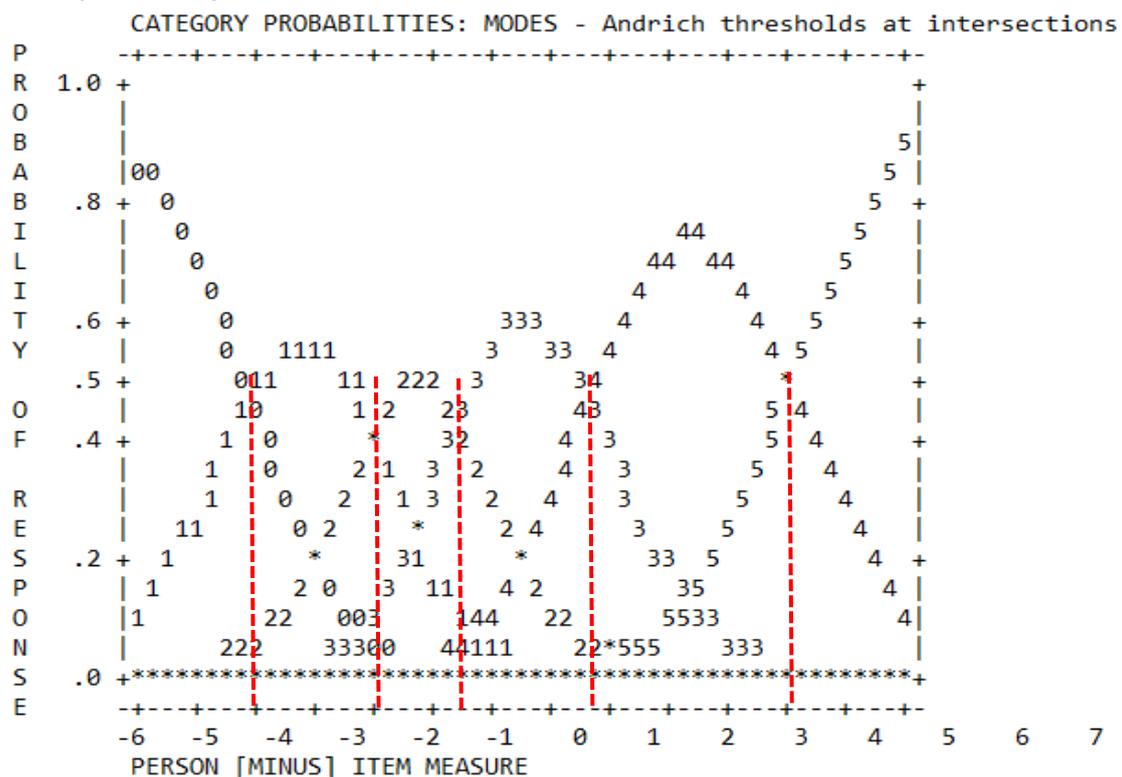


Abbildung 67 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala DILAS Prätest  
 Jeder Bereich zwischen den roten Linien stellt die durch die Antwortkategorie beschriebene Personenfähigkeitsspanne dar.

Die Überprüfung der Ratingskala erfolgte anhand der Mike Linacre Guidelines (Davis & Boone, 2021); die Daten stammen aus Tabelle Anhang 110. Jede Kategorie wurde öfter als 10-mal beobachtet. Die Beobachtungen waren wie gewünscht verteilt. Die Werte der Durchschnittsmessung waren aufsteigend. Der Outfit-MNSQ ist unter einem Wert von 2. Die Andrich Thresholds stiegen kontinuierlich an. Bis auf einen Wert bei der höchsten Kategorie waren die M->C und C-> M Coherence-Werte über 40%. Alle 5 Kategorienübergängen (Andrich Threshold) lagen über dem geforderten Abstand von 1,4 Logits und unter dem Maximalabstand von 5 Logits (Boone et al., 2014).

Die Hierarchie der Items wurde als ICC betrachtet (Abbildung 69). Die Items verteilen sich gleichmäßig über die Schwierigkeitslevel, wobei die Items TP11 (orange) und TP16 (gelb), sowie TP18 (hellblau) und TP19 (mittelblau) sehr nah beieinander liegen. Besser sichtbar wird dieser Effekt in Abbildung 68. Die Originaldaten können Tabelle Anhang 102 entnommen werden.

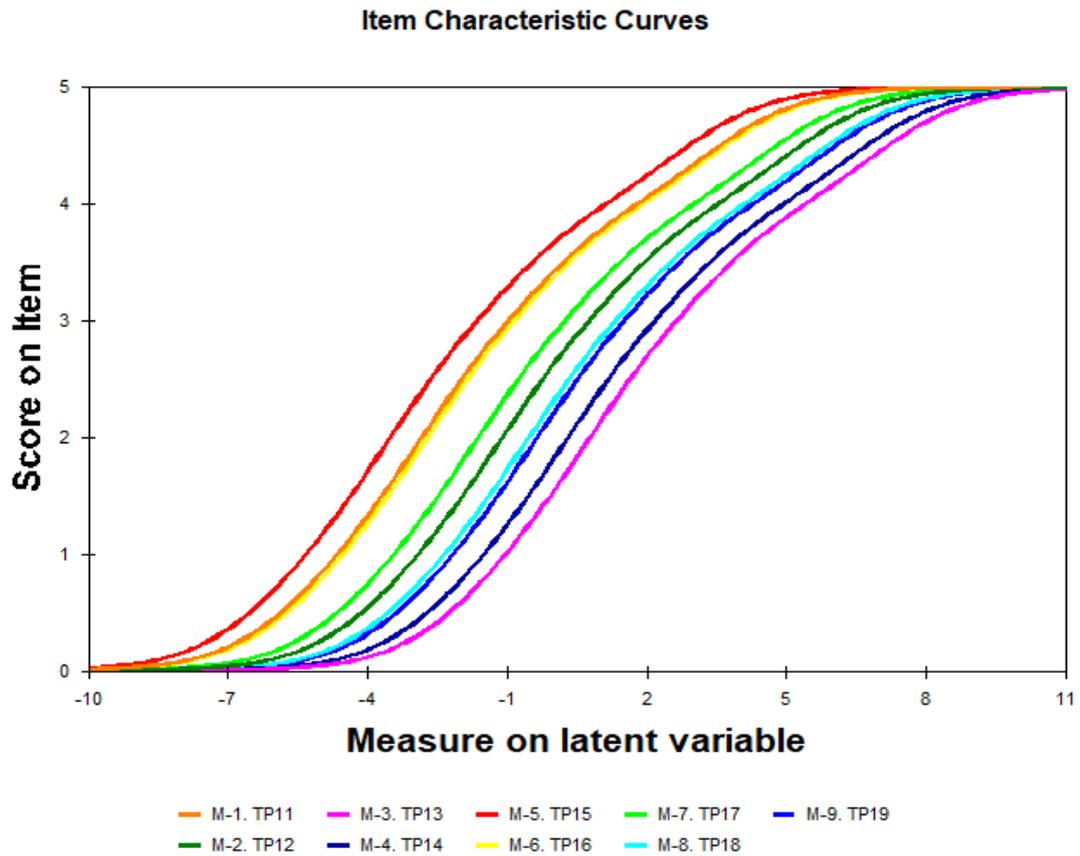


Abbildung 69 ICC Skala DILAS

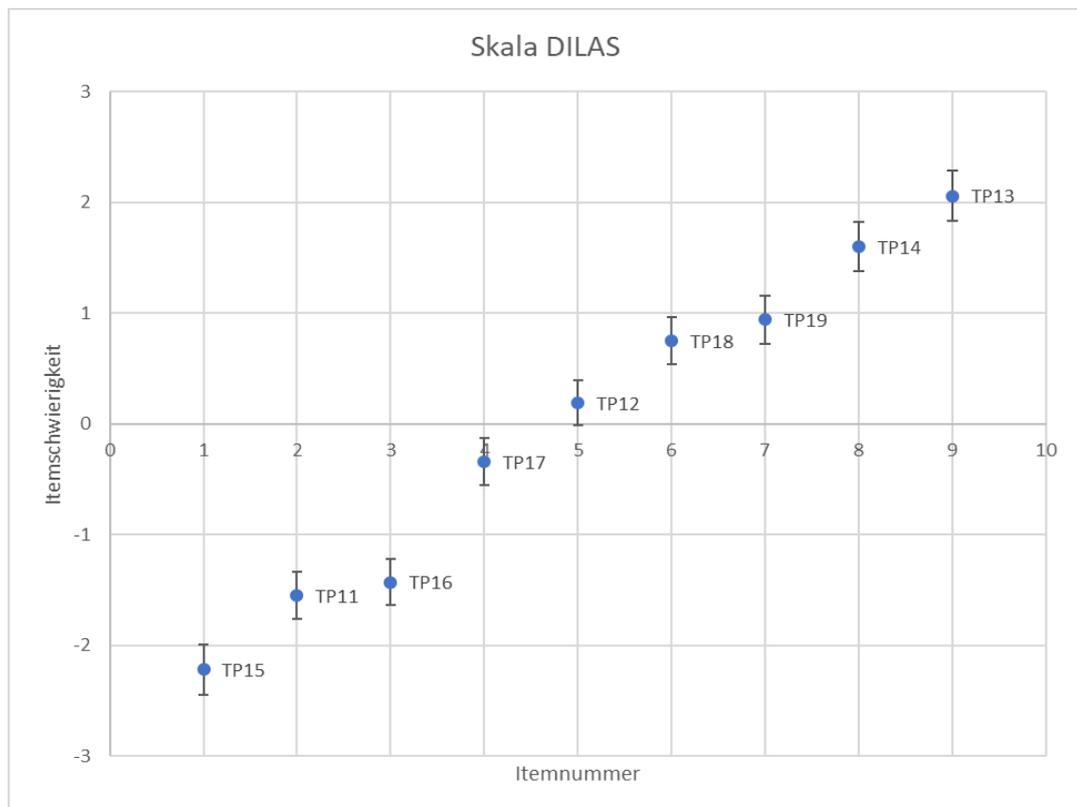


Abbildung 68 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala DILAS

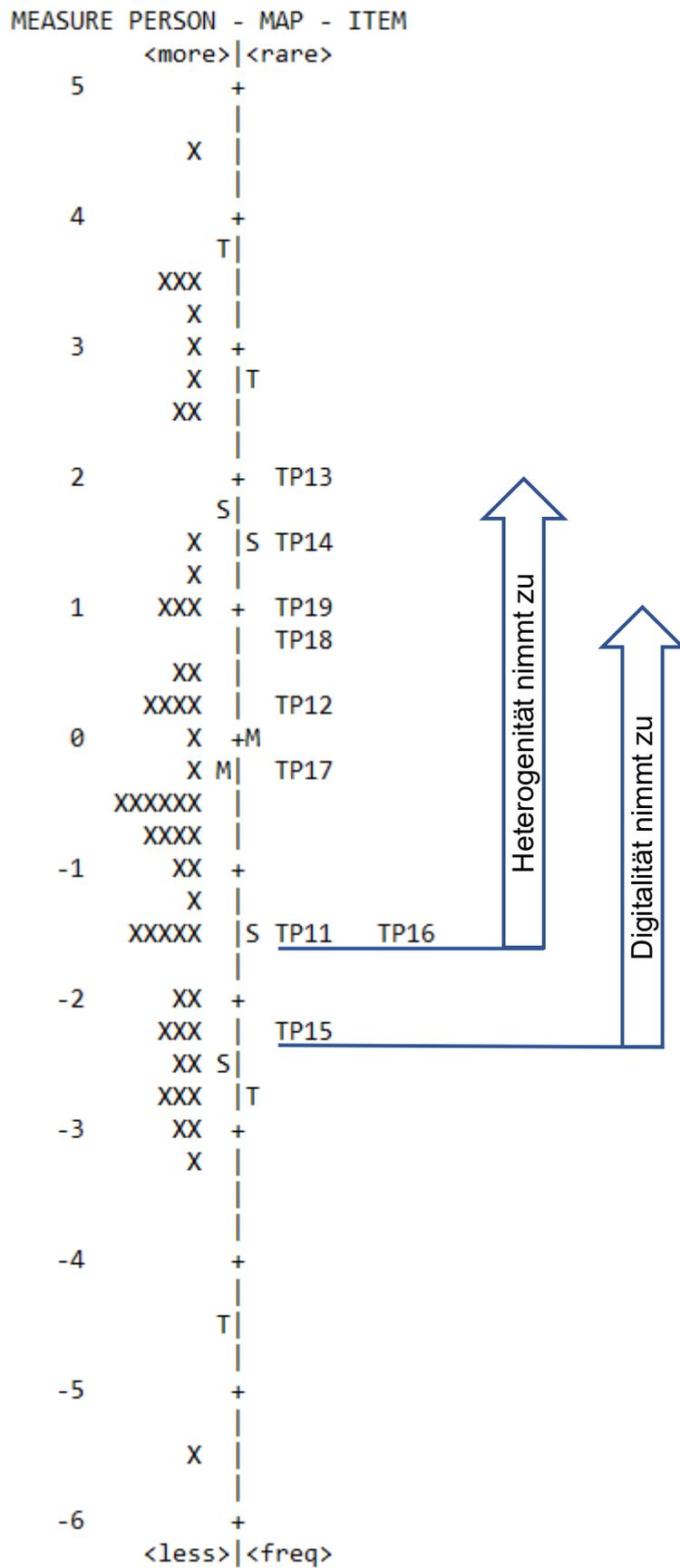


Abbildung 70 Wright Map Skala DILAS Prätest

Inhaltlich befasste sich die Skala mit forschenden Lernprozessen in den Naturwissenschaften, wie dem Experimentieren und Modellieren mit digitalen Medien in heterogenen Klassen. Über die Items TP11 - TP14 wurde der Grad der Heterogenität in der Klasse von homogen (TP11) über leistungsheterogen (TP12) bis hin zu Verhaltensauffälligkeiten (TP14) und sonderpädagogischem Förderbedarf (TP13) variiert. Der Grad der Digitalisierung blieb gleich. Bei den Items TP15-TP19 variierte der Digitalisierungsgrad von keinen digitalen Medien (TP15) über digitalen Unterricht (TP16), digitale Beobachtung (TP17), digitale Messung (TP18) bis hin zu rein digitalen Laboren (TP19). Ohne nähere Angaben wird die Klasse immer als heterogen beschrieben. Wie in Abbildung 70 dargestellt, entspricht der Schwierigkeitsgrad der Items dem oben beschriebenen zunehmenden Grad der Digitalisierung und Heterogenität. Je stärker digitale Medien in den Unterricht integriert sind oder je expliziter Heterogenität beschrieben wird, desto schwieriger wurde das Item eingestuft, wobei das Item TP13 „Experimentieren/Modellieren oder Beobachten/Mikroskopieren mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit Inklusionsschülern (Förderschwerpunkte Sehen, Hören, Autismus).“ als am schwierigsten wahrgenommen wurde. Für die Selbstwirksamkeit der Lehrkräfte bedeutet dies, dass sie sich umso weniger sicher fühlten, je höher der Digitalisierungs- und Heterogenitätsgrad ist (Weidenhiller et al., 2024). Das Targeting der Skala ist mit einem Abstand zwischen mittlerer Itemschwierigkeit und mittlerer Personenfähigkeit von unter 1 Logit gelungen.

Die Kennwerte der Skala im Prätest sind in Tabelle 30 dargestellt. Die Werte waren insgesamt zufriedenstellend und bestätigen eine gute Skala. Die Cronbachs Alpha-Reliabilität lag bei  $\alpha = 0,92$ . Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 111 zu finden.

**Tabelle 30 Skala DILAS Separation und Reliabilität Prätest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,37</b>	<b>0,88</b>
Model Person	3,12	0,91
<b>Real Item</b>	<b>5,97</b>	<b>0,97</b>
Model Item	6,39	0,98

### Posttest

Um die Ergebnisse des Prä- und des Posttests vergleichen zu können, wurde eine DIF-Analyse durchgeführt. Item TP15 weist einen deutlichen DIF zwischen Prätest und ungeankertem Posttest auf (Tabelle Anhang 112, Tabelle Anhang 113). Entsprechend wurde das Item TP15 für den Prä- und Posttest behandelt, als wäre es jeweils ein anderes Item. Die Schwierigkeit wurde entsprechend nicht geankert (Boone et al., 2014). Alle weiteren Items wurden in ihrer

Schwierigkeit (Tabelle Anhang 102) und den Kategorienschritten (Tabelle Anhang 110) geankert.

Die Betrachtung des Itemfits zeigte keine auffälligen Items (Tabelle Anhang 114). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,97; der Outfit-MNSQ bei 0,99. Die Personenantworten zeigten keinen Decken- oder Bodeneffekt (Tabelle Anhang 115). Der durchschnittliche Infit-MNSQ lag bei 0,95; der Outfit-MNSQ bei 0,98. Das Targeting der Skala ist mit einem Abstand von 0,35 Logits zum Mittel gelungen (Boone et al., 2014).

Die Kennwerte der Skala DILAS im Posttest sind durchgehend zufriedenstellend (Tabelle 31). Die Cronbachs Alpha-Reliabilität betrug  $\alpha = 0,90$ . Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 116 zu finden.

**Tabelle 31 Skala DILAS Separation und Reliabilität Posttest**

	Separation	Reliabilität
<b>Real Person</b>	<b>2,36</b>	<b>0,85</b>
Model Person	2,60	0,87
<b>Real Item</b>	<b>5,82</b>	<b>0,97</b>
Model Item	6,22	0,97

### Prätest und Posttest im Vergleich

Der Mittelwert der Personenfähigkeit im Prä- und Posttest ist in Abbildung 71 durch Kreise hervorgehoben:

Der Mittelwert der Itemschwierigkeit ist im Posttest nicht mehr bei Null, da nicht alle Items geankert wurden. Die mittlere Personenfähigkeit im Pretest liegt unter der mittleren Itemschwierigkeit. Im Vergleich dazu zeigt der Posttest eine Verbesserung der mittleren Personenfähigkeit, die nun über der mittleren Itemschwierigkeit liegt. Dies bedeutet, dass im Verlauf der Intervention eine Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte eingetreten ist. Das nicht geankerte Item TP15 verändert sich in der Schwierigkeit sehr stark hinzu schwieriger. Das Item lautete: „Experimentieren/Modellieren oder Beobachten/Mikroskopieren ohne digitale Medien in heterogenen Klassen.“. Die Änderung wurde in der Abbildung mit einem blauen Pfeil markiert. Das Item liegt nun im Posttest über Item TP11, welches lautete: „Experimentieren/Modellieren oder Beobachten/Mikroskopieren mit Hilfe digitaler Medien in homogenen Klassen (Schüler\*innen ungefähr auf gleichem Leistungsniveau)“. Entsprechend scheint das Konstrukt der Digitalität nach der Lehrkräftefortbildung als einfacher wahrgenommen worden zu sein als der Umgang mit heterogenen Klassen. Diese Anordnung zeigt sich auch im ungeankerten Posttest (Abbildung 72):

# DILAS Skala

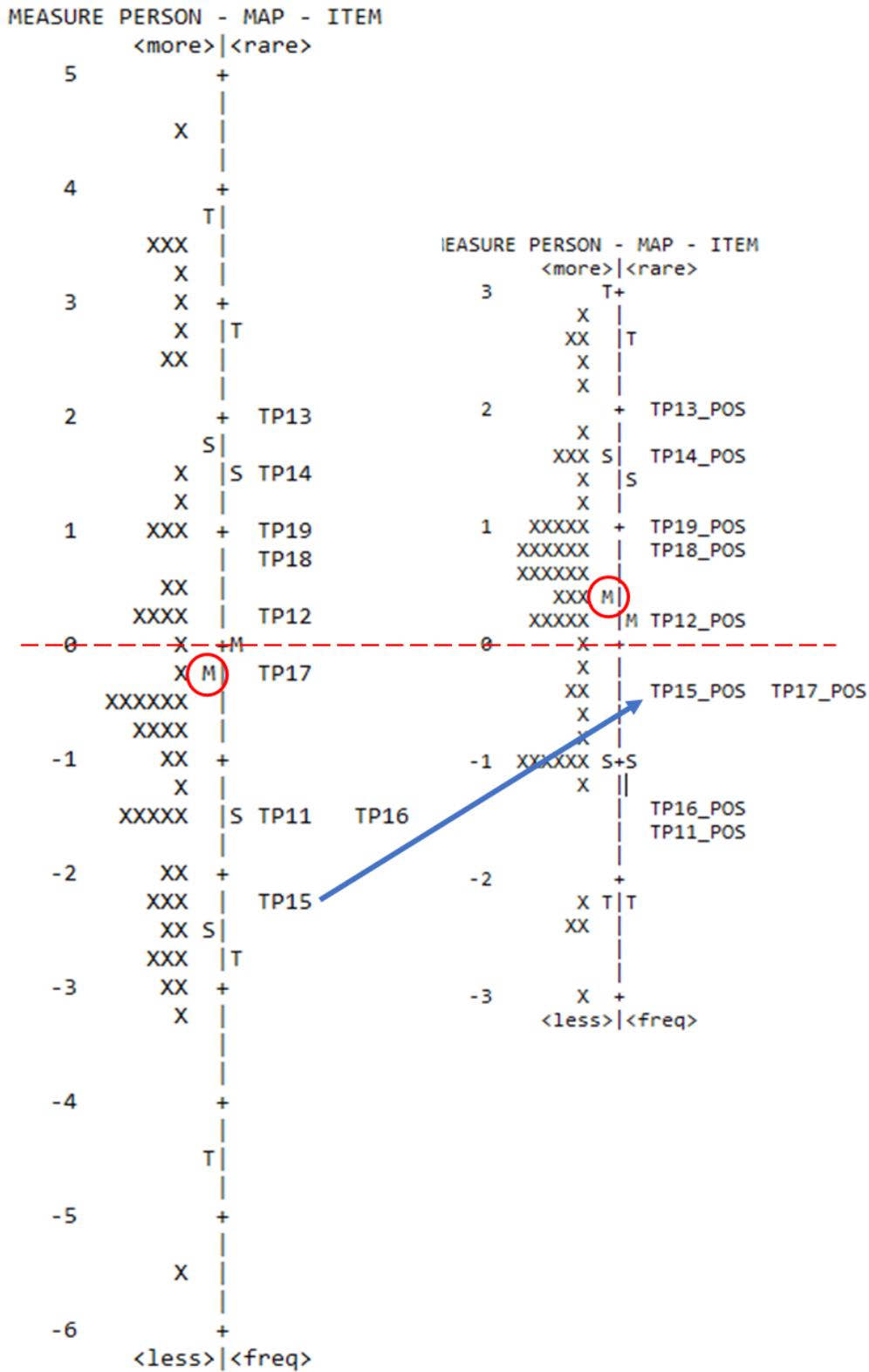


Abbildung 71 Wright Maps Skala DILAS im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich (verändert nach Weidenhiller et al., 2024)

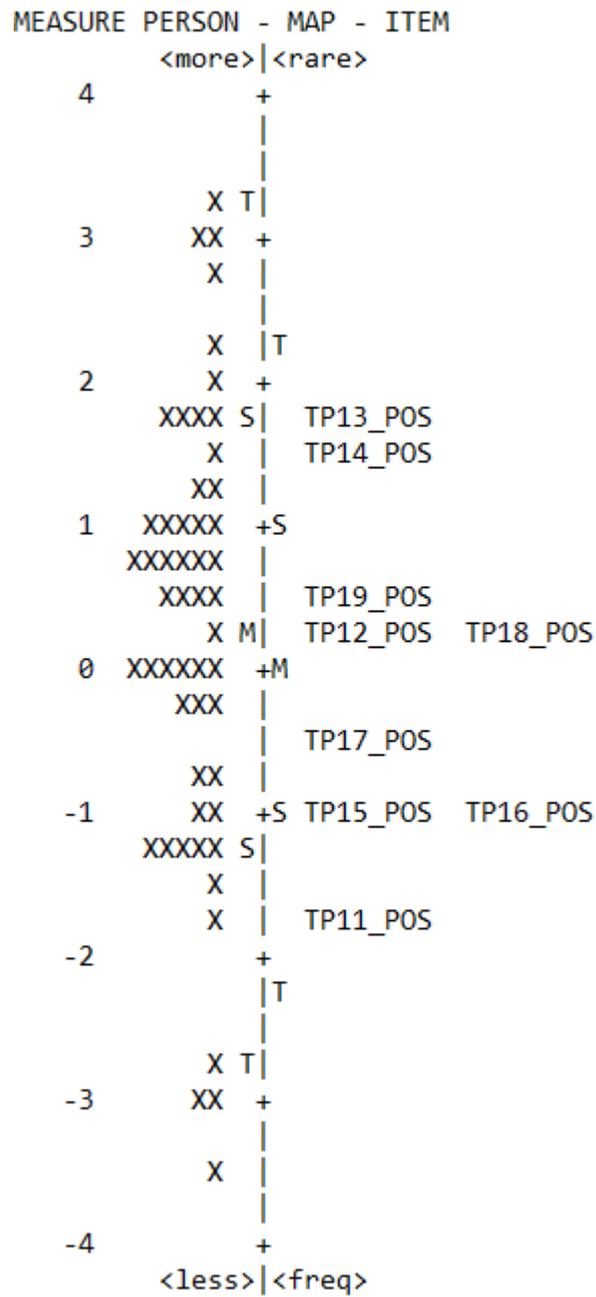


Abbildung 72 Wright Map DILAS, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten

### 7.3.2 Deskriptive Statistik der Personenfähigkeiten

Abbildung 73 stellt die Verteilung der Personenfähigkeiten für die erhobenen Skalen im Prätest einschließlich der Ausreißer dar. Die Kreise stehen dabei für Personen, die über dem 1,5-fachen der Interquartilsabstände liegen (leichte Ausreißer). Mit Stern markierte Personen liegen über dem 3-fachen des Interquartilsabstands (Field, 2009) (extreme Ausreißer). Bei der Interpretation dieser Grafik ist anzumerken, dass die Personenfähigkeiten für die jeweilige Skala Gültigkeit haben, zwischen den Skalen jedoch nicht direkt vergleichbar sind: Eine Personenfähigkeit von 0 Logits bedeutet immer, dass die Person sich in der Mitte der Skala befindet, da die mittlere Itemschwierigkeit per Definition auf 0 gesetzt ist. Die Extrema sind jedoch nicht bei allen Skalen gleich, da sie nicht einem Gesamtmodell unterliegen (siehe Kapitel 7.2.6); sie sind daher nicht untereinander vergleichbar. Beispielsweise ist eine Personenfähigkeit von 1,5 Logits bei der Einstellung zu Inklusion nicht gleichzusetzen mit einer Personenfähigkeit von 1,5 Logits bei der Selbsteinschätzung in der TPACK-Skala. Die Daten zur Abbildung sind in Tabelle Anhang 119 zu finden.

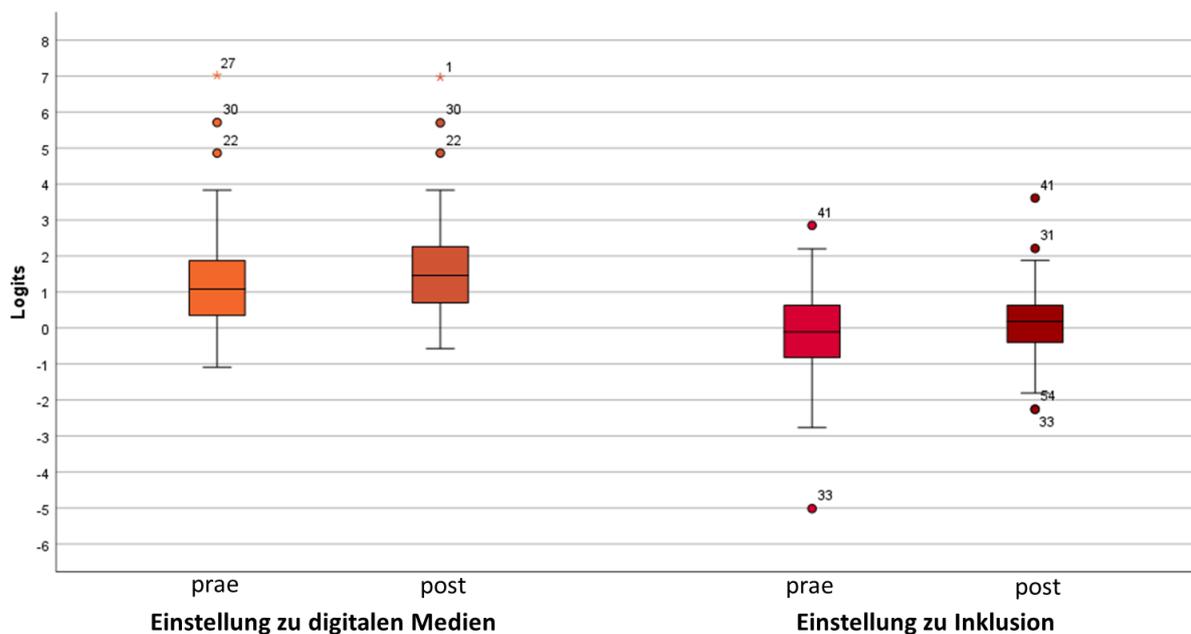


Abbildung 73 Einstellungsskalen im Prä-Post-Vergleich

Die Personenfähigkeit der Skala Einstellung zu digitalen Medien (ED) zeigte im Prätest einen Mittelwert von 1,24 Logits mit einer Standardabweichung von 1,61. Im Posttest stieg die mittlere Personenfähigkeit auf 1,71 Logits mit einer Standardabweichung von 1,43. Die Skala Einstellung zu digitalen Medien lag somit bereits im Prätest deutlich über dem Skalenmittel und verbesserte sich im Posttest deutlich. Sowohl im Prä- als auch im Posttest waren jeweils zwei leichte und ein extremer Ausreißer zu vermerken. Die mittlere Fähigkeit der Kohorte in der Einstellung zur Inklusion (EI) lag bei -0,08 Logits mit einer Standardabweichung von 1,32 im

Prätest und stieg im Posttest leicht an auf 0,13 Logits mit einer Standardabweichung von 1,05. Die Personenfähigkeit der Skala Einstellung zu Inklusion lag somit in beiden Fällen nahezu im Skalenmittel. Im Prätest waren 2 leichte Ausreißer und im Posttest 4 leichte Ausreißer zu verzeichnen.

In Abbildung 74 sind die Skalen, die sich mit dem TPACK-Konstrukt befassen, im Prä-Post-Vergleich abgebildet. Die mittlere Personenfähigkeit in der Skala TPACK (dunkelblau) steigt vom Prätest zum Posttest von 0,03 Logits (SD = 1,77) auf 1,76 Logits (SD = 1,99) deutlich an.

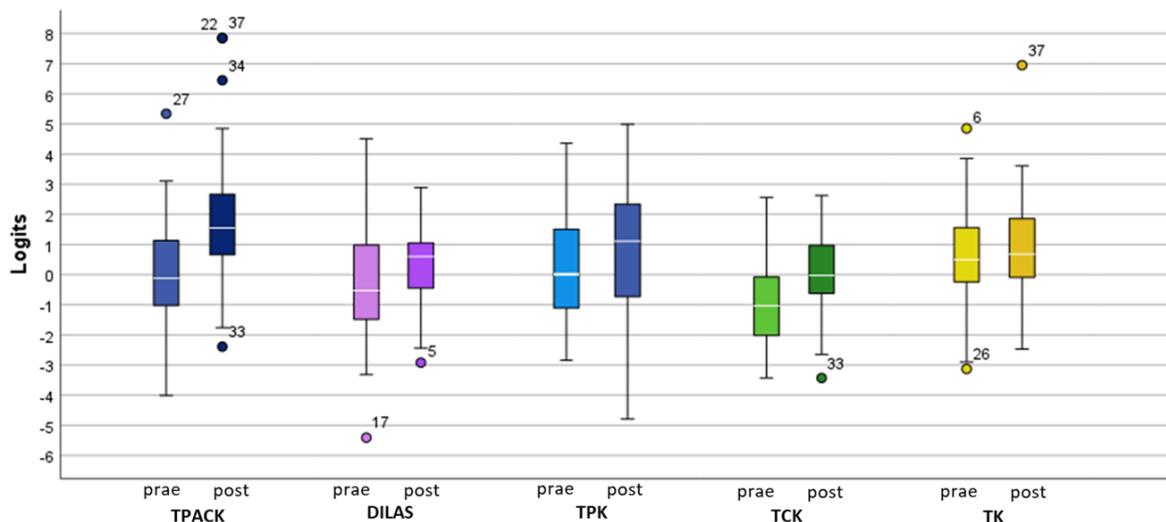


Abbildung 74 TPACK Skalen im Prä-Post-Vergleich

Im Prätest ist ein leichter Ausreißer und im Posttest sind 4 leichte Ausreißer zu verzeichnen. Bei der Skala DILAS (lila) zeigt sich eine Verbesserung der mittleren Personenfähigkeit von -0,35 Logits (SD = 2,10) auf 0,35 Logits (SD = 1,30). Zu beiden Testzeitpunkten ist jeweils ein leichter Ausreißer in der Skala zu verzeichnen. Ebenso verbessert sich die mittlere Personenfähigkeit bei der Skala TPK (hellblau) von 0,24 Logits (SD = 1,97) auf 0,80 Logits (SD = 2,10). Es gibt keine Ausreißer in der Skala TPK. Die mittlere Personenfähigkeit in der Skala TCK steigt von -0,92 Logits (SD = 1,42) auf 0,04 Logits (SD = 1,32). Es gibt einen leichten Ausreißer im Posttest. Bei der Personenfähigkeit der Skala TK (gelb) zeigt sich nur eine minimale Steigerung von 0,63 Logits (SD = 1,57) auf 0,84 Logits (SD = 1,57). Im Prätest liegen 2 und im Posttest ein leichter Ausreißer vor. Die Daten zur Abbildung sind in Tabelle Anhang 120 zu finden.

### 7.3.2.1 Kreuztabellen

Die Veränderungen der einzelnen Personenfähigkeiten wurden anhand von Kreuztabellen untersucht. Dazu wurden die Teilnehmer\*innen anhand ihrer Personenfähigkeit der jeweiligen Skala sowohl im Prätest, als auch im Posttest in drei gleich große Intervalle geteilt (Bortz &

Schuster, 2010), anhand der Perzentile 33,3% und 66,6% (Tabelle Anhang 122). Die Wanderung der Personenfähigkeiten zwischen den Clustern im Prä-Postvergleich wurde betrachtet.

### Einstellung zu Inklusion

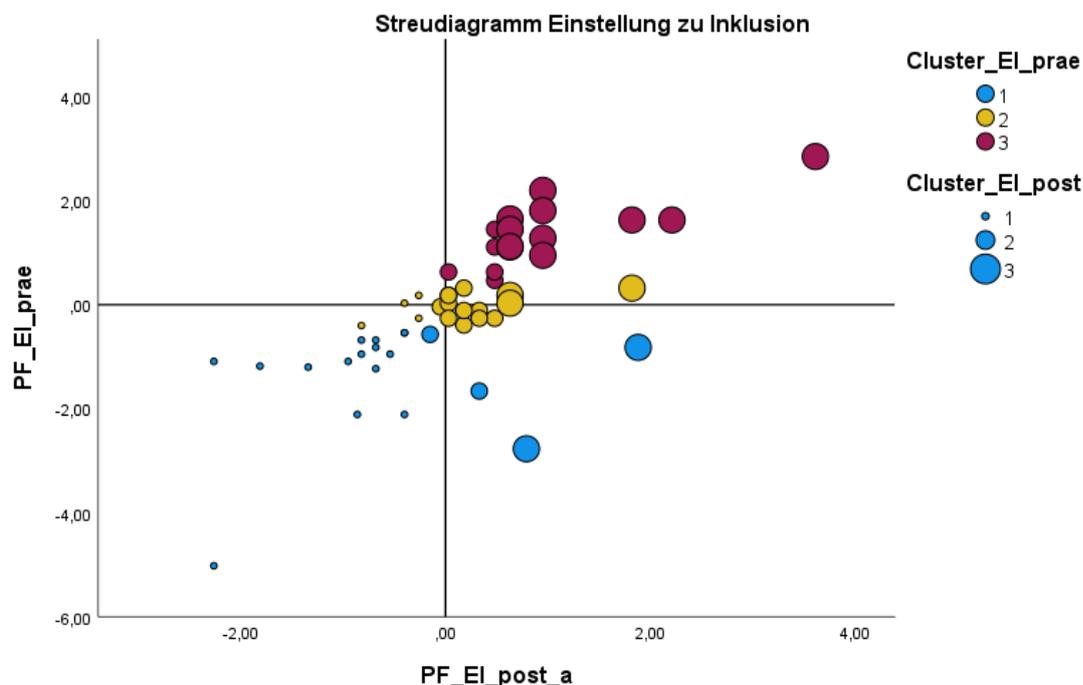
Für die Skala Einstellung zu Inklusion zeigte sich eine geringe Wanderung der Personen zwischen den Clustern. Tabelle 32 zeigt die Personen in den Clustern, die in Abbildung 75 als Streudiagramme dargestellt sind.

**Tabelle 32 Kreuztabelle Einstellung zu Inklusion**

*Cluster\_EI\_prae \* Cluster\_EI\_post Kreuztabelle*

Anzahl		Cluster_EI_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_EI_prae	1	15	2	2	19
	2	4	11	3	18
	3	0	5	11	16
Gesamt		19	18	16	53

37 Personen waren in Posttest und Prätest im identischen Cluster. Sie sind in der Abbildung als blaue kleine Kreise, gelbe mittlere Kreise und rote große Kreise dargestellt. Lediglich 7 Personen verbesserten ihr Cluster: 2 Personen wanderten von Cluster 1 zu 2 (blaue mittlere Kreise), 2 Personen wanderten von Cluster 1 zu 3 (blaue große Kreise) und 3 Personen wanderten von Cluster 2 zu 3 (gelbe große Kreise). 9 Personen verschlechterten ihr Cluster: 4 Personen wanderten von Cluster 2 zu 1 (gelbe kleine Kreise) und 5 Personen wanderten von Cluster 3 zu 2 (rote mittlere Kreise).



**Abbildung 75 Personenwanderung Skala Einstellung zu Inklusion**  
 Die Cluster aus dem Prätest sind farbig dargestellt. Cluster 1 ist blau, Cluster 2 ist gelb und Cluster 3 ist rot. Die Cluster aus dem Posttest sind mit verschiedenen Größen dargestellt, von Cluster 1 klein, über Cluster 2 mittel zu Cluster 3 groß.

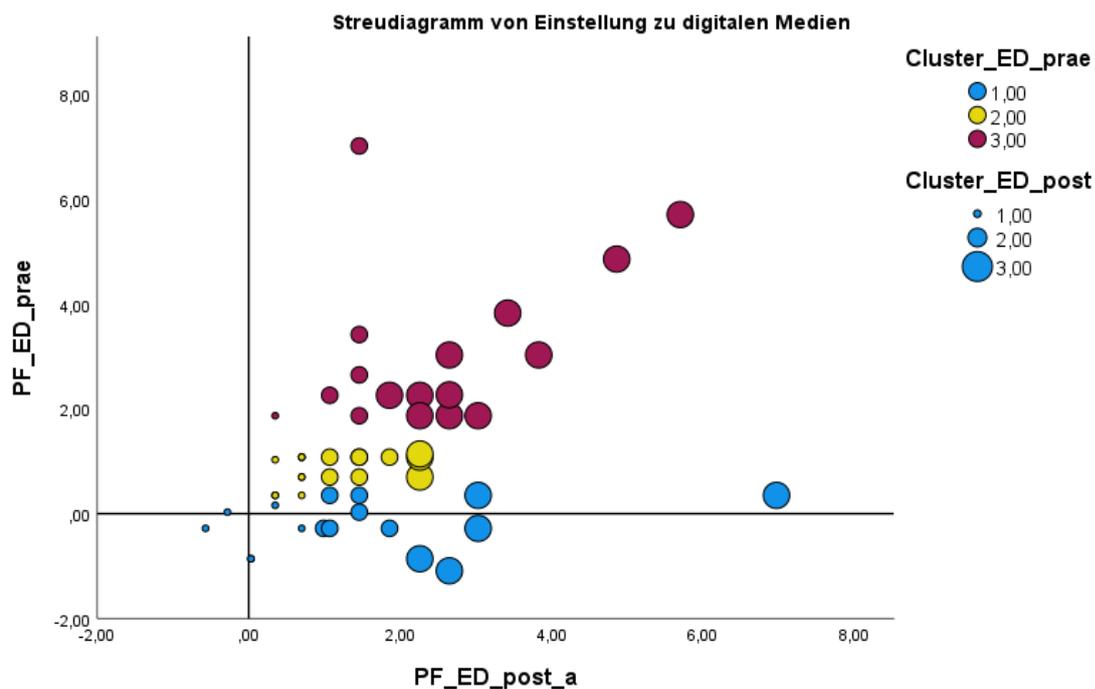
## Einstellung zu digitalen Medien

Bei der Skala Einstellung zu digitalen Medien zeigte sich eine Wanderung von mehr als der Hälfte der Personen zwischen den Clustern. 24 Personen verblieben in ihren Clustern (Tabelle 33). 14 Personen verbesserten ihr Cluster, wovon 5 Personen von Cluster 1 zu 3 wanderten. Sie sind in Abbildung 76 als große blaue Kreise dargestellt. 15 Personen verschlechterten ihr Cluster, wobei es nur eine Person gab, die von Cluster 3 zu 1 wanderte (roter kleiner Kreis), also eine extreme Veränderung zeigte.

**Tabelle 33 Kreuztabelle Einstellung zu digitalen Medien**

*Cluster\_ED\_prae \* Cluster\_ED\_post Kreuztabelle*

		Cluster_ED_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_ED_prae	1,00	7	6	5	18
	2,00	8	6	3	17
	3,00	1	6	11	18
Gesamt		16	18	19	53



**Abbildung 76 Personenwanderung Skala Einstellung zu digitalen Medien**

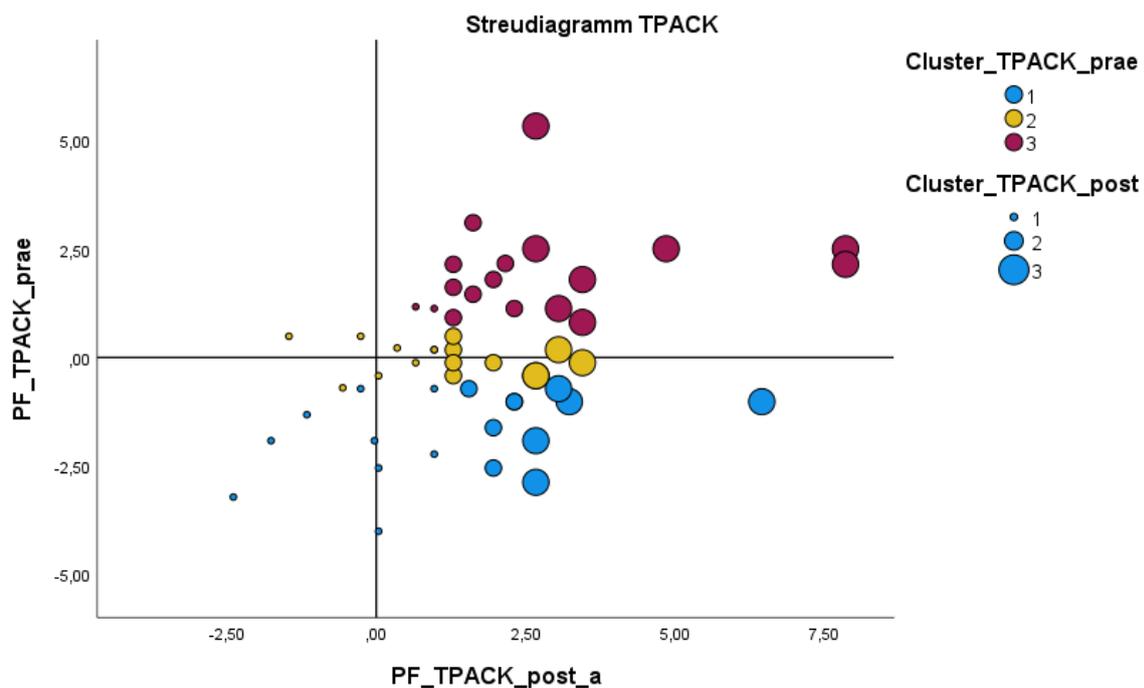
## Skala TPACK

Für die Skala TPACK zeigte sich eine Personenwanderung von mehr als der Hälfte der Stichprobe. 22 Personen verblieben in ihren Clustern (Tabelle 34). 14 Personen verbesserten ihr Cluster, wovon 5 Personen eine extreme Verbesserung von Cluster 1 zu 3 zeigten (blaue große Kreise in Abbildung 77). 18 Personen wanderten hingegen in ein niedrigeres Cluster, wovon nur 2 Wanderungen von Cluster 3 zu 1 als extrem zu betrachten waren (rote kleine Kreise).

**Tabelle 34 Kreuztabelle TPACK**

*Cluster\_TPACK\_prae \* Cluster\_TPACK\_post Kreuztabelle*

		Cluster_TPACK_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_TPACK_prae	1	9	5	5	19
	2	8	5	4	17
	3	2	8	8	18
Gesamt		19	18	17	54



**Abbildung 77 Personenwanderung Skala TPACK**

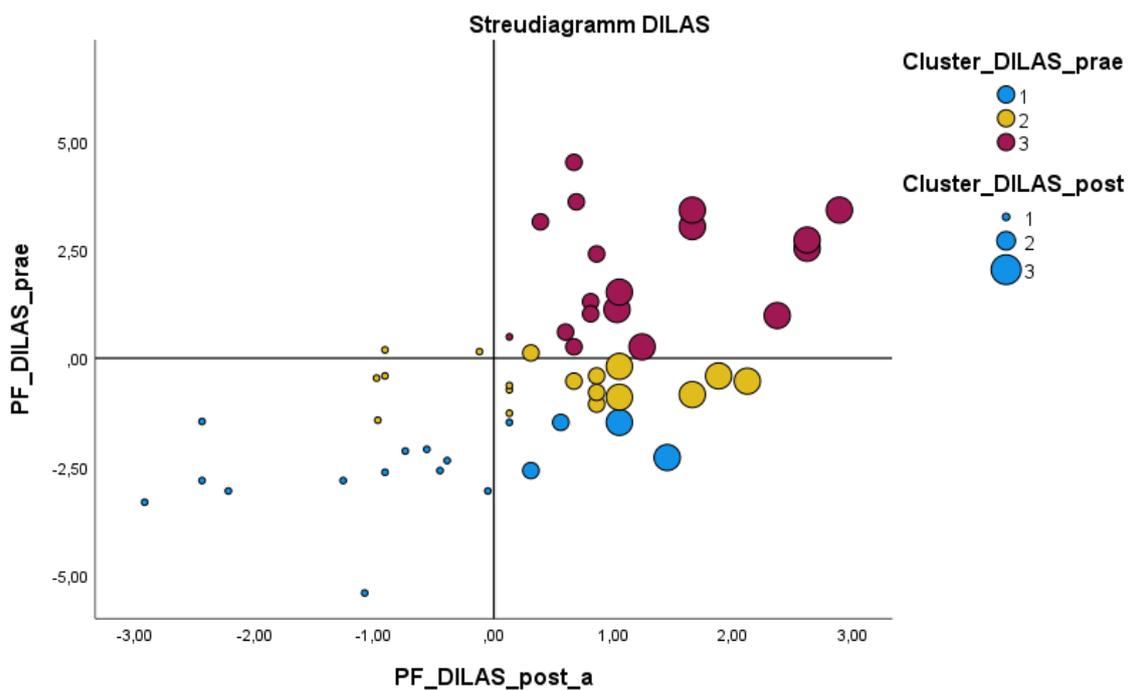
## Skala DILAS

Für die Skala DILAS zeigte sich eine mäßige Personenwanderung. 27 Personen verblieben in ihren Clustern (Tabelle 35). 9 Personen verbesserten ihr Cluster, wovon 2 Personen sich extrem verbesserten von Cluster 1 zu 3 (große blaue Kreise in Abbildung 78). 17 Personen verschlechterten ihr Cluster, wobei eine Person sich extrem verschlechterte von Cluster 3 zu 1 (kleiner roter Kreis).

**Tabelle 35 Kreuztabelle DILAS**

*Cluster\_DILAS\_prae \* Cluster\_DILAS\_post Kreuztabelle*

		Cluster_DILAS_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_DILAS_prae	1	13	2	2	17
	2	8	5	5	18
	3	1	8	9	18
Gesamt		22	15	16	53



**Abbildung 78 Personenwanderung Skala DILAS**

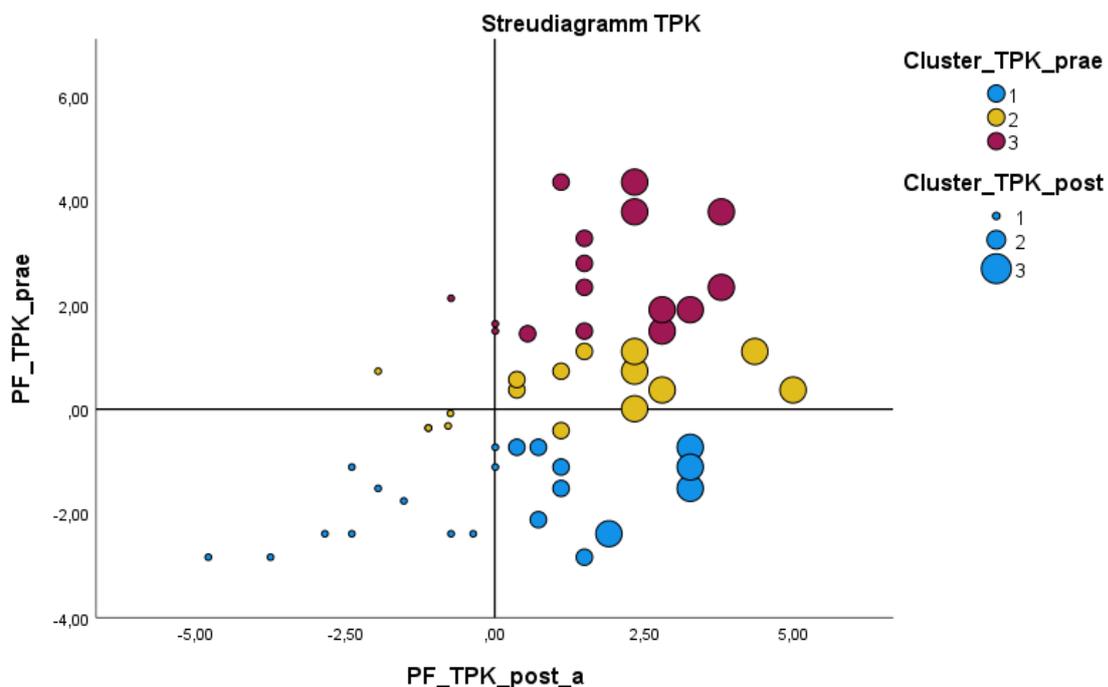
## Skala TPK

Die Analyse der Wanderung in der Skala TPK zeigte, dass 23 Personen in ihren Clustern verbleiben und sich mehr als die Hälfte der Personen veränderten (Tabelle 36). 16 Personen verbesserten ihr Cluster, wovon 4 sich extrem verbesserten von Cluster 1 zu 3 (große blaue Kreise in Abbildung 79). 14 Personen verschlechterten ihr Cluster, wovon 3 sich extrem verschlechterten von Cluster 3 zu 1 (kleine rote Kreise).

**Tabelle 36 Kreuztabelle TPK**

*Cluster\_TPK\_prae \* Cluster\_TPK\_post Kreuztabelle*

		Cluster_TPK_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_TPK_prae	1	11	6	4	21
	2	5	5	6	16
3	3	6	7	16	
Gesamt		19	17	17	53



**Abbildung 79 Personenwanderung Skala TPK**

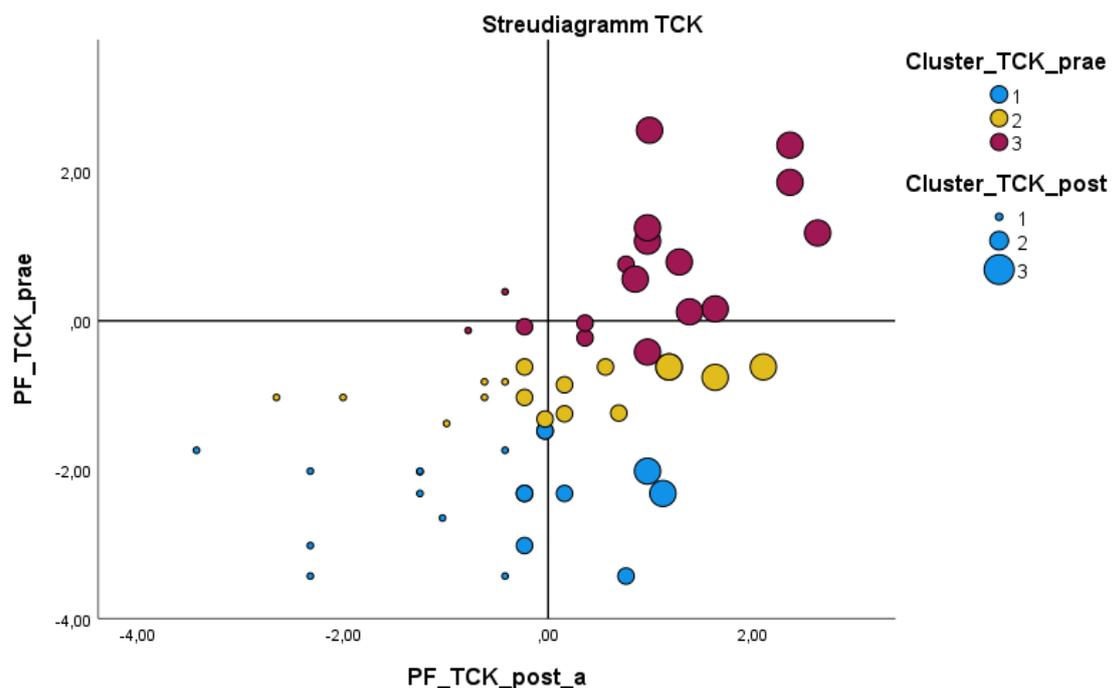
## Skala TCK

Die Personenwanderung in der Skala TCK war mäßig ausgeprägt. 28 Personen verblieben in ihren Clustern (Tabelle 37). 13 Personen verbesserten ihr Cluster, wovon 2 Personen sich extrem verbesserten von Cluster 1 zu 3 (große blaue Kreise in Abbildung 80). 12 Personen verschlechterten ihr Cluster, wovon sich 2 Personen extrem verschlechterten von Cluster 3 nach 1 (kleine rote Kreise).

**Tabelle 37 Kreuztabelle TCK**

*Cluster\_TCK\_prae \* Cluster\_TCK\_post Kreuztabelle*

		Cluster_TCK_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_TCK_prae	1	10	7	2	19
	2	6	7	4	17
	3	2	4	11	17
Gesamt		18	18	17	53



**Abbildung 80 Personenwanderung Skala TCK**

## Skala TK

In der Skala TK zeigte sich eine geringe Wanderungsbewegung der Personen. 32 Personen verblieben in ihren Clustern (Tabelle 38). 11 Personen verbesserten ihr Cluster, wovon sich eine Person extrem verbesserte von Cluster 1 zu 3 (großer blauer Kreis in Abbildung 81). 10 Personen verschlechterten ihr Cluster, wovon eine Person eine extreme Veränderung zeigte von Cluster 3 zu 1 (kleiner roter Kreis).

Tabelle 38 Kreuztabelle TK

Cluster\_TK\_prae \* Cluster\_TK\_post Kreuztabelle

		Cluster_TK_post			Gesamt
		1	2	3	
Cluster_TK_prae	1	12	6	1	19
	2	5	8	4	17
3	1	4	12	17	
Gesamt		18	18	17	53

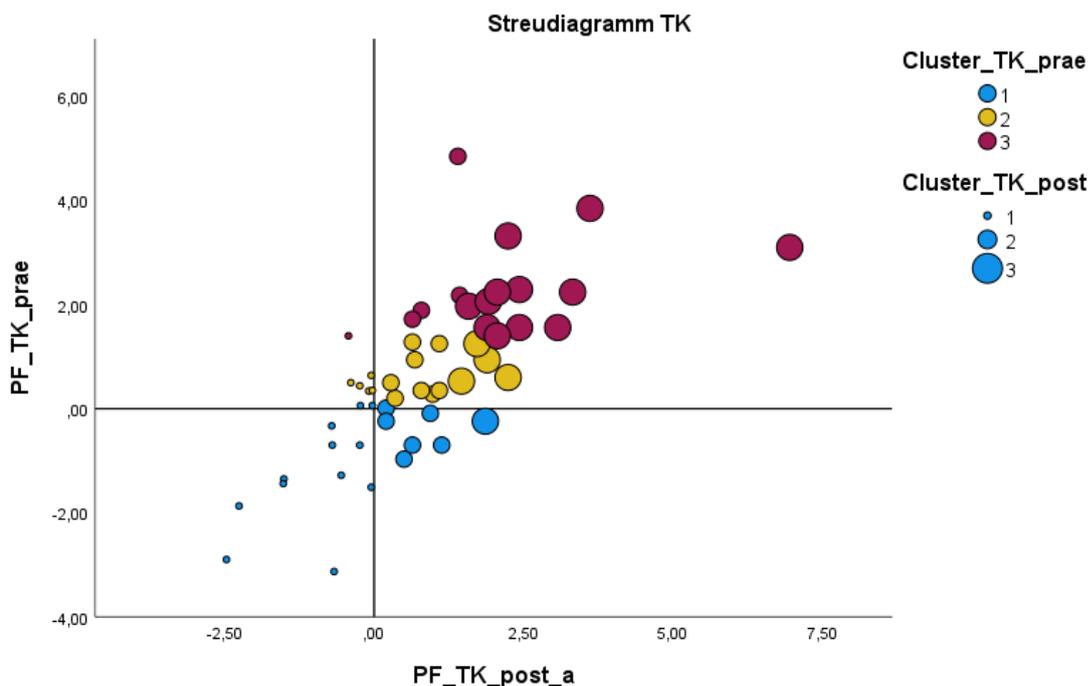


Abbildung 81 Personenwanderung Skala TK

Nicht zu vernachlässigen bei der Betrachtung der Personenwanderung ist, dass sich innerhalb der Cluster ebenfalls Veränderungen der Personenfähigkeiten zeigen können. Um die statistische Bedeutung der Veränderung der Personenfähigkeiten gemittelt über die gesamte Gruppe hinweg festzustellen, wurde eine MANOVA mit Messwiederholung zum Vergleich des Prä- und Posttests durchgeführt. Vor der Durchführung wurden die Voraussetzungen für die MANOVA jeweils für die Prätest- und die Posttest-Skalen geklärt. Diese sind unter Kapitel 7.2.6 beschrieben.

### 7.3.2.2 Voraussetzungen für die MANOVA

Es wurde eine explorative Datenanalyse mit allen Skalen durchgeführt, um die Normalverteilung zu testen und um Ausreißer zu identifizieren. Die Ausreißer in den Skalen wurden anhand von Extremwerten identifiziert; diese sind in Abbildung 73 und Abbildung 74 mit Kreisen und Sternen markiert und auf S. 182 und 183 bereits beschrieben worden. Die Ausreißer wurden für die Analyse in der Stichprobe belassen.

Die Überprüfung der Normalverteilung erfolgte anhand des Shapiro-Wilk-Tests anstelle des Kolmogorov-Smirnov-Tests, da ersterer bessere Eigenschaften hat (Razali & Wah, 2011). Es zeigte sich, dass für die beiden Einstellungsskalen im Prä- und Posttest, ebenso wie für die Skalen TPACK und TK im Posttest keine Normalverteilung vorlag (Tabelle Anhang 121). Die Testung der multivariaten Normalverteilung nach Henze-Zirkler war signifikant ( $p < 0.001$ ; Hemmerich, 2018); entsprechend wurde nicht von einer multivariaten Normalverteilung der Testdaten ausgegangen. Da die MANOVA jedoch relativ robust ist gegen die Verletzung der Normalverteilung, wurde keine Transformation der Daten vorgenommen (Finch, 2005).

Zur Überprüfung der Multikollinearität wurden die Korrelationen zwischen allen verwendeten Skalen betrachtet. Es lagen keine Korrelationen  $> 0.8$  vor; entsprechend lag keine Multikollinearität vor (Dattalo, 2013). Die Skalen des Prätests korrelierten alle mit ihrem Posttest-Pendant.

Zur Überprüfung von multivariaten Ausreißern wurde die Mahalanobis-Distanz ermittelt (Bortz & Schuster, 2010). Der Cut-Off-Wert liegt bei 14 abhängigen Variablen (7 Prätest, 7 Posttest) bei 36.123. Der höchste Wert in der Stichprobe lag bei 29.163 und somit unter dem Cut-Off-Wert. Es lagen keine multivariaten Ausreißer vor.

Die Überprüfung der Linearität erfolgte graphisch. Aus Gründen der besseren Darstellbarkeit wurden die Skalen in Gruppen miteinander verglichen. In Abbildung 83 sind die Matrix-Streudiagramme der TPACK-Skalen aus dem Prätest und Posttest dargestellt. Links sind die Skalen TPACK und DILAS und rechts die Skalen TCK, TPK und TK zu sehen. Optisch zeigen sich lineare Zusammenhänge zwischen den Skalen TCK, TPK und TK. Die Skalen TPACK und DILAS zeigen ebenfalls einen eher linearen Zusammenhang, welcher jedoch weniger stark ausgeprägt ist.

Die Einstellungsskalen zeigten keine eindeutigen linearen Zusammenhänge (Abbildung 82). Die Power der MANOVA steigt, umso linearer der Zusammenhang ist (Field, 2009).

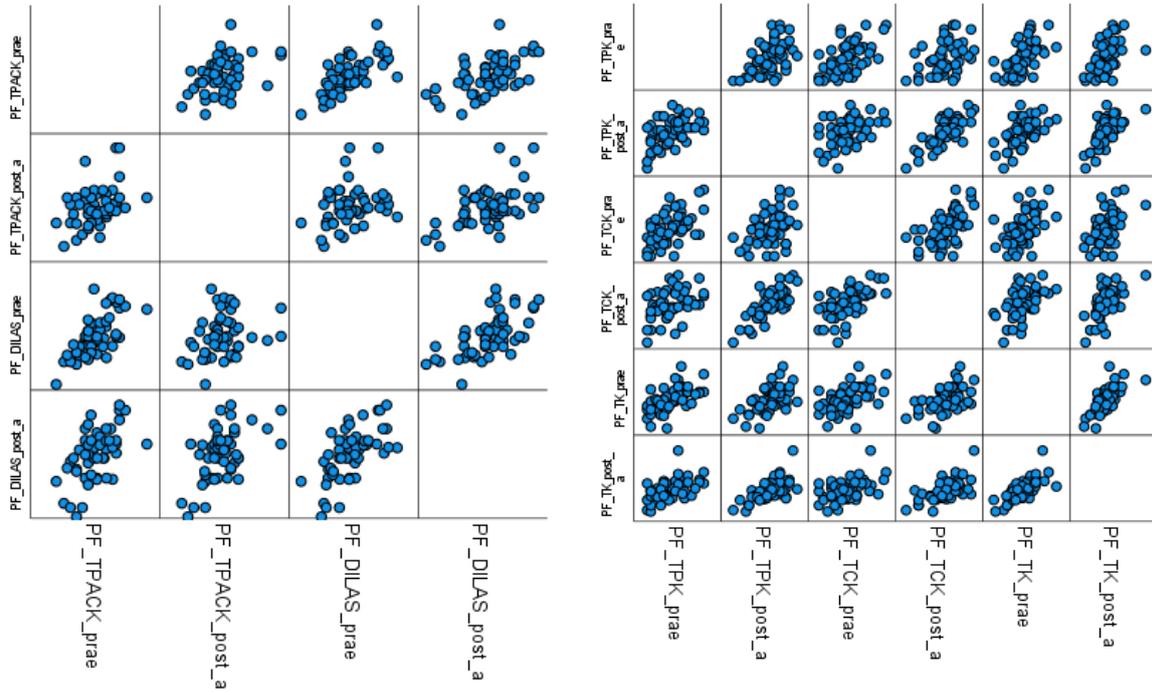


Abbildung 83 Matrix-Streudiagramm TPACK-Skalen Prä-Post-Vergleich

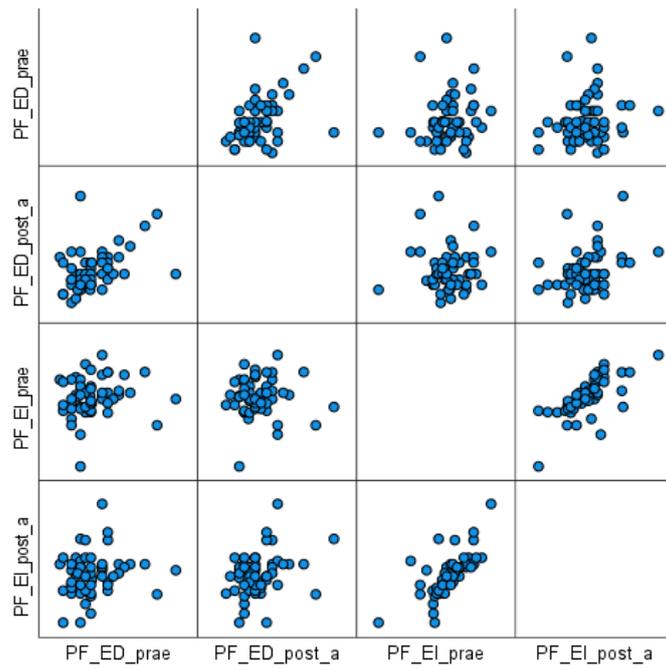
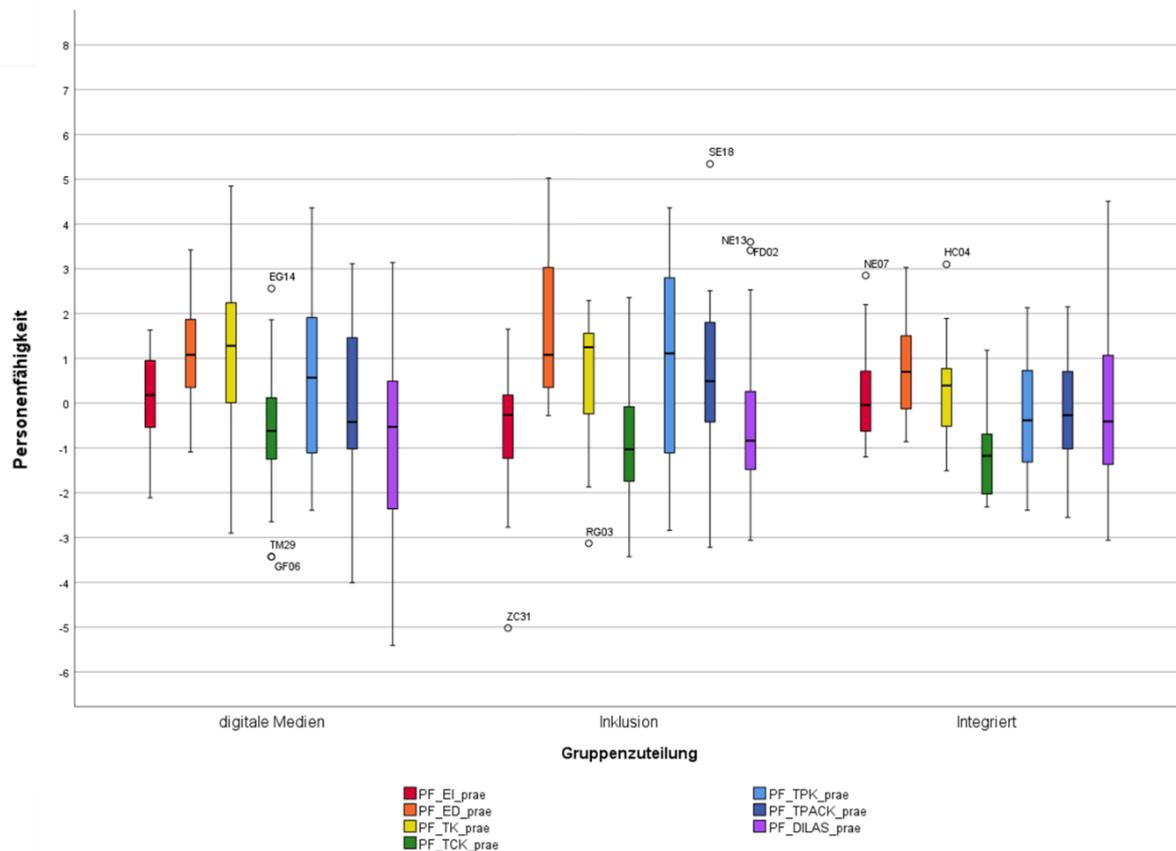
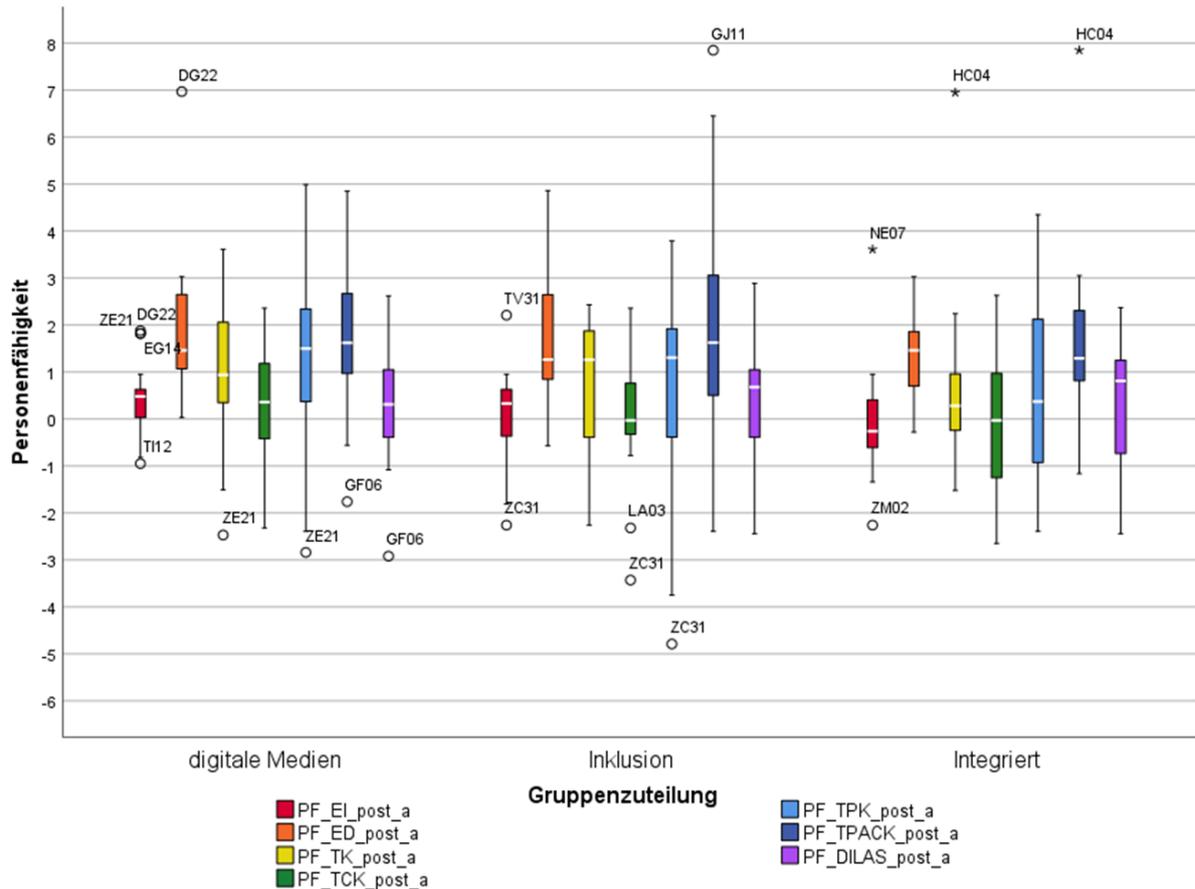


Abbildung 82 Matrix-Streudiagramm Einstellungsskalen Prä-Post-Vergleich

Eine explorative Datenanalyse mit allen Skalen getrennt nach Gruppen wurde durchgeführt, um die Normalverteilung unter den Gruppen zu testen und um Ausreißer zu identifizieren. Die Ausreißer in den einzelnen Gruppen wurden durch Extremwerte identifiziert, diese sind für den Prätest in Abbildung 84 und für den Posttest in Abbildung 85 markiert. Die verarbeiteten Fälle sind in Tabelle Anhang 123 und in Tabelle Anhang 124 hinterlegt. Die wenigen Ausreißer wurden im Datensatz belassen.



**Abbildung 84** Box-Plots der Skalen aufgeteilt nach Gruppe Prätest  
 In der Gruppe digitale Medien befinden sich 3 leichte Ausreißer über alle Skalen hinweg. In der Gruppe Inklusion befinden sich 5 leichte Ausreißer. In der Gruppe integriert befinden sich 2 leichte Ausreißer. Die wenigen Ausreißer wurden im Datensatz belassen.



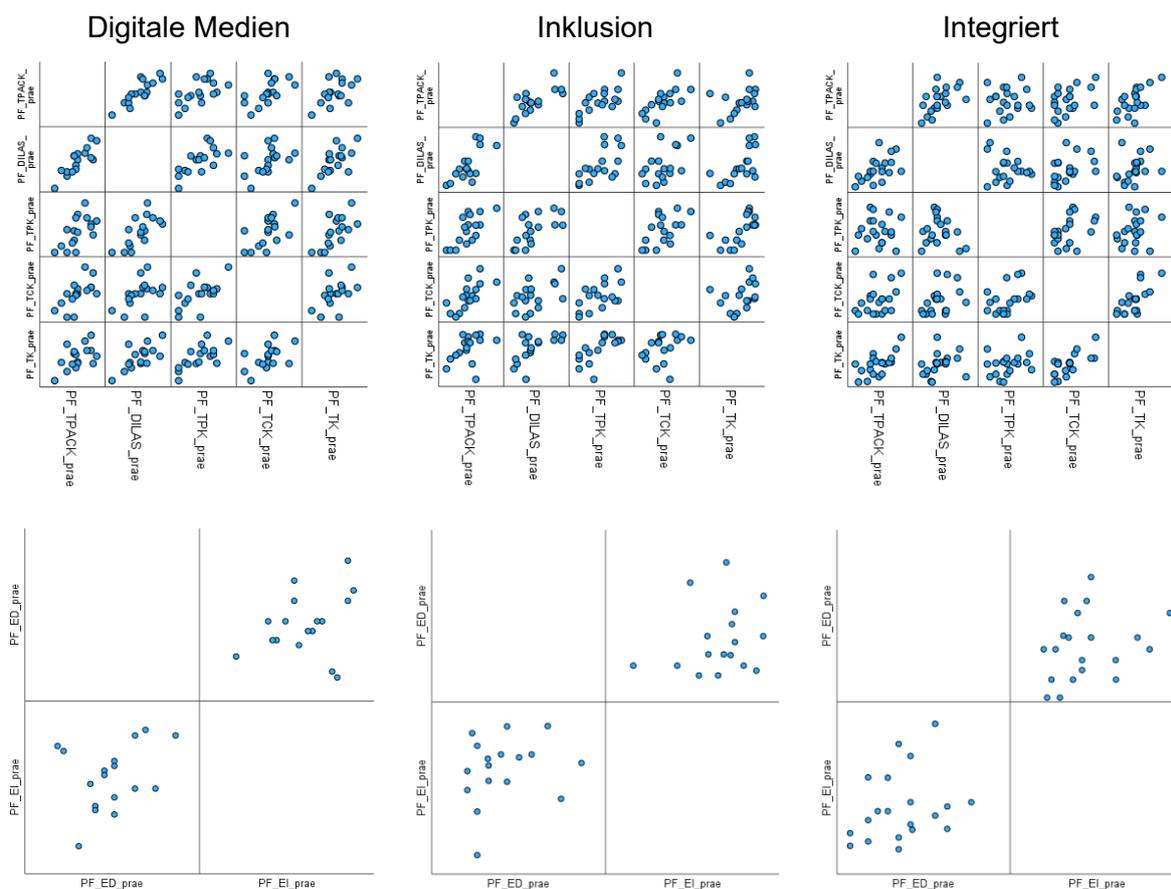
**Abbildung 85** Box-Plots der Skalen aufgeteilt nach Gruppe Posttest  
 In der Gruppe digitale Medien befinden sich 9 leichte Ausreißer. In der Gruppe Inklusion befinden sich 6 leichte Ausreißer. In der Gruppe integriert befinden sich 3 extreme Ausreißer und ein leichter Ausreißer. Die wenigen Ausreißer wurden im Datensatz belassen.

Die Überprüfung der Normalverteilung ergab im Prätest 3 Skalen und im Posttest lediglich eine Skala in einer Gruppe, die nicht normalverteilt vorlag (Tabelle Anhang 125 und Tabelle Anhang 126). Die Skala Einstellung zu digitalen Medien zeigte im Prätest in der Gruppe Inklusion einen signifikanten Wert ( $p = 0.039$ ). Ebenso zeigten die Skala Einstellung zu Inklusion ( $p = 0.048$ ) und die Skala TCK ( $p = 0.010$ ) in der Gruppe Integriert signifikante Werte und somit keine Normalverteilung. Die Skala Einstellung zu digitalen Medien zeigte im Posttest in der Gruppe digitale Medien einen signifikanten Wert ( $p = 0.002$ ). Die Überprüfung der multivariaten Normalverteilung nach Henze-Zirkler war signifikant ( $p < 0.001$ ; Hemmerich, 2018). Entsprechend wurde nicht von einer multivariaten Normalverteilung der Testdaten ausgegangen. Da die MANOVA jedoch relativ robust ist gegen die Verletzung der Normalverteilung, wurde keine Transformation der Daten vorgenommen (Finch, 2005).

Die Überprüfung der Multikollinearität ergab keine zu hohen Korrelationen zwischen den Skalen (Tabelle Anhang 127 und Tabelle Anhang 128); alle Korrelationen waren  $< 0.8$  (Dattalo, 2013).

Multivariate Ausreißer wurden über die Mahalanobis-Distanz ermittelt (Bortz & Schuster, 2010). Der Cut-Off-Wert liegt bei 14 abhängigen Variablen (7 Prätest, 7 Posttest) bei 36.123. Der höchste Wert der Stichprobe liegt bei 29.101 und damit unter dem Cut-Off-Wert. Es wurde entsprechend kein multivariater Ausreißer gefunden, gemessen durch die Mahalanobis-Distanz ( $p > 0.001$ ).

Zur Überprüfung der Linearität wurden Streudiagramme der abhängigen Variablen für jede Gruppe angefertigt, da in jeder Gruppe ein linearer Zusammenhang zwischen den Skalen bestehen sollte. Im Prätest (Abbildung 86) zeigte sich ein linearer Zusammenhang für die TPACK-Skalen in den Gruppen Digitale Medien und Inklusion. Die weiteren Streudiagramme zeigten keine klare Linearität.



**Abbildung 86** Prätest Matrix-Streudiagramm Skalen TPACK, DILAS, TPK, TCK, TK (oben) und Skalen Einstellung zu Inklusion und zu digitalen Medien (unten)

Für die TPACK-Skalen im Posttest zeigte sich ein linearer Zusammenhang zwischen den Skalen in allen 3 Gruppen (Abbildung 87). Die Streudiagramme der Einstellungsskalen zeigte nur

für die Gruppe Inklusion einen linearen Zusammenhang. Für die Gruppen Digitale Medien und Integriert zeigte sich kein eindeutig linearer Zusammenhang. Die geringe Gruppengröße kann hierbei eine Rolle gespielt haben. Wenn die Linearität nicht eindeutig gegeben ist, wird die statistische Power der MANOVA gesenkt, es kann jedoch trotzdem ein Varianzvergleich durchgeführt werden (Field, 2009).

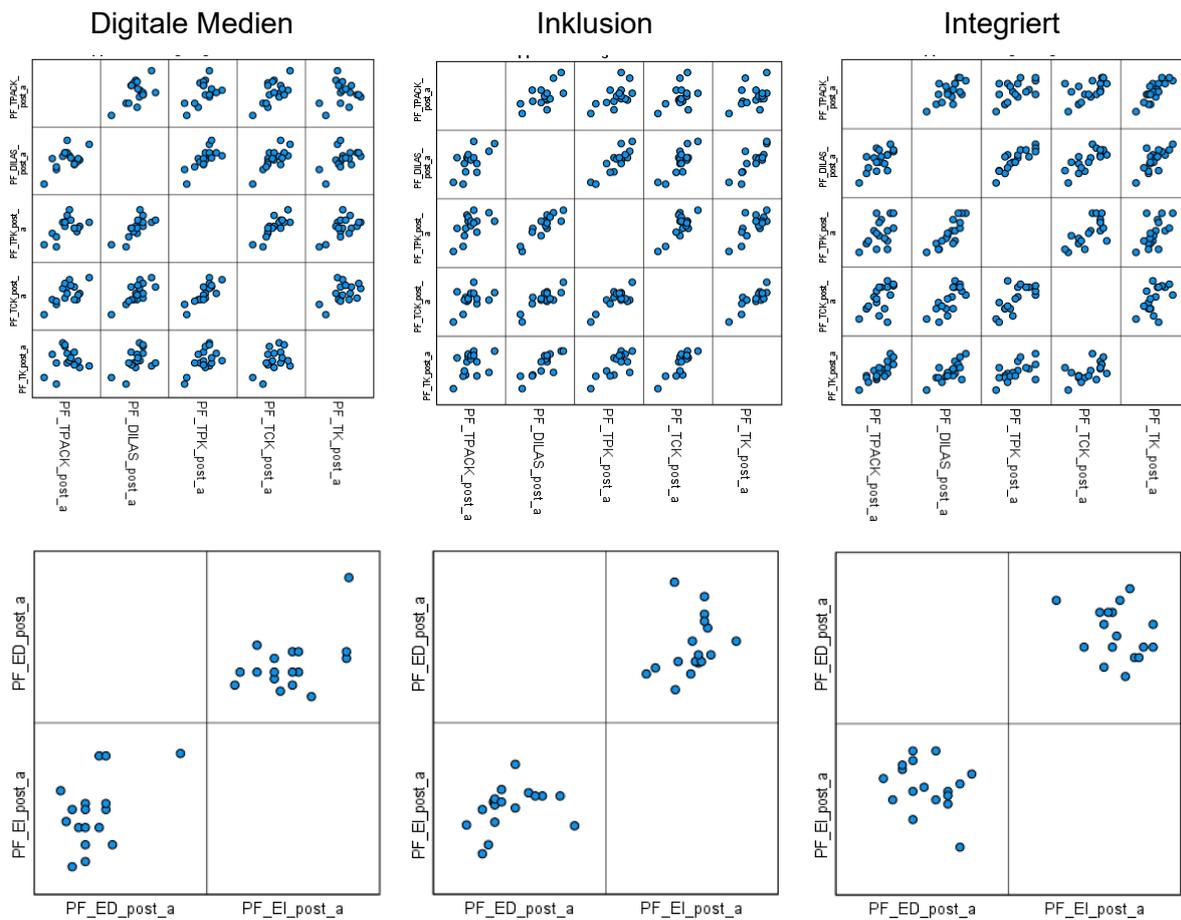


Abbildung 87 Posttest Matrix-Streudiagramm Skalen TPACK, DILAS, TPK, TCK, TK (oben) und Skalen Einstellung zu Inklusion und zu digitalen Medien (unten)

### 7.3.3 Korrelationen

Im Prätest zeigten sich mittlere bis starke Korrelationen zwischen den Skalen TPACK, TCK, TPK, TK und DILAS (Tabelle 39). Diese Korrelationen zeigten eine enge Verflechtung der Skalen auf und legten nahe, dass sich die angenommenen Einzelkomponenten der Selbstwirksamkeitserwartung im Bereich TPACK gegenseitig beeinflussen. Es bestand auch eine schwache Korrelation zwischen der Einstellung zu digitalen Medien und der TPK-Selbstwirksamkeitserwartung ( $r = 0.292$ ,  $p = 0.032$ ). Die Skala Einstellung zur Inklusion korrelierte mit keiner anderen Skala im Prätest. Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 117 hinterlegt.

Im Posttest blieben die Korrelationen zwischen den TPACK-Skalen bestehen (Tabelle 39). Allerdings korreliert die Skala Einstellung zu digitalen Medien nicht mehr mit TPK, sondern mit TPACK ( $r = 0.291$ ,  $p = 0.034$ ). Viel interessanter war jedoch, dass zwischen den Skalen Einstellung zur Inklusion und Einstellung zu digitalen Medien eine Korrelation mit mittlerem Effekt bestand ( $r = 0.320$ ,  $p = 0.019$ ), die im Prätest nicht vorhanden war.

**Tabelle 39 Pearson Korrelationen der TPACK-Skalen**

	Posttest Pearson Korrelation N = 52/ 53				Prätest Pearson Korrelation N = 54			
	TPACK	DILAS	TPK	TCK	TPACK	DILAS	TPK	TCK
<i>DILAS</i>	,534**				,691**			
<i>TPK</i>	,569**	,782**			,564**	,400**		
<i>TCK</i>	,538**	,742**	,784**		,616**	,446**	,547**	
<i>TK</i>	,501**	,559**	,655**	,639**	,481**	,516**	,604**	,499**

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

### 7.3.4 MANOVA

#### MANOVA mit Messwiederholung

Die MANOVA mit Messwiederholung zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied für die kombinierten abhängigen Variablen im Prä-Postvergleich für die Skalen TCK, TPK, TPACK, DILAS, und Einstellung zu digitalen Medien  $F(7, 45) = 6.791$ ,  $p < 0,001$ , Wilk's  $\Lambda = 0.486$  (Weidenhiller et al., 2024). Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 129 zu finden. Die Unterschiede von Prätest zu Posttest für die Einzelskalen sind als univariate Analysen in Tabelle 40 dargestellt. Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 130 hinterlegt.

Der deskriptiven Statistik (Abbildung 73, Abbildung 74; Seite 182f) lässt sich eine Verbesserung der mittleren Personenfähigkeiten der Teilnehmer\*innen nach der Intervention im Vergleich zu vor der Intervention entnehmen. Dies gilt für alle Skalen außer TK und die Einstellung zu Inklusion, für die jeweils ein nicht signifikantes Ergebnis vorlag. (Weidenhiller et al., 2024)

**Tabelle 40 Univariate Tests Prä-Post-Vergleich (Greenhouse Geisser) (Weidenhiller et al., 2024)**

Skala	df	F	p	df(Fehler)
Einstellung zu Inklusion	1,00	2,238	0,141	51,0
Einstellung zu digitalen Medien	1,00	4,385	0,041	51,0
TPACK	1,00	33,056	<0,001	51,0
TCK	1,00	28,901	<0,001	51,0
TPK	1,00	4,510	0,039	51,0
TK	1,00	1,786	0,187	51,0
DILAS	1,00	8,178	0,006	51,0

## MANOVA Skalen Gruppenvergleich

### Prätest

Zur Überprüfung der Varianzhomogenität wurde der Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen herangezogen. Diese war erfüllt ( $p > 0.05$ ; Tabelle Anhang 131). Die Überprüfung der Gleichheit der Kovarianzmatrizen erfolgte mittels des Box-Tests, welcher mit  $p = 0,330$  nicht signifikant war (Tabelle Anhang 132). Entsprechend war die Voraussetzung der Homogenität der Kovarianzmatrizen gegeben.

Die einfaktorielle MANOVA zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen für die kombinierten abhängigen Variablen,  $F(14, 88) = 1.584$ ,  $p = 0.099$ , partielles  $\eta^2 = .201$ , Wilk's  $\Lambda = 0.638$  (Tabelle Anhang 133). Entsprechend fanden sich keine Unterschiede zwischen den 3 Gruppen vor der Intervention. Auf Post-hoc Tests konnte wegen des nicht signifikanten Ergebnisses des Gruppenvergleichs verzichtet werden. Die Gleichheit der Gruppen im Prätest lieferte die Voraussetzung für den Gruppenvergleich im Posttest.

### Posttest

Die Voraussetzung der Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen war gemäß des Levene-Tests für alle abhängigen Variablen erfüllt ( $p > 0.05$ ; Tabelle Anhang 135). Der Box-Test war mit  $p = 0,212$  nicht signifikant (Tabelle Anhang 136).

Die einfaktorielle MANOVA zeigte keinen statistisch signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen für die kombinierten abhängigen Variablen,  $F(14, 86) = 0.678$ ,  $p = 0.790$ , partielles  $\eta^2 = .099$ , Wilk's  $\Lambda = 0.811$ . Entsprechend fanden sich keine Unterschiede zwischen den 3 Gruppen nach der Intervention (Weidenhiller et al., 2024). Auf Post-hoc Tests konnte aufgrund des nicht signifikanten Ergebnisses des Gruppenvergleichs verzichtet werden. Die Originaldaten sind in Tabelle Anhang 137 hinterlegt.

### **7.3.5 Ergebnisse der Follow-Up-Befragung**

Die mit den Teilnehmenden geführten Interviews wurden hinsichtlich der Implementationsintention und tatsächlichen Implementation des Apfelexperiments in den Unterricht qualitativ betrachtet. Insgesamt haben vier der interviewten Lehrkräfte das Experiment im Unterricht umgesetzt (Interview 1-4). Neun Lehrkräfte gaben an, das Experiment (noch) nicht implementiert zu haben (Interview 5-13).

#### **7.3.5.1 Zusammenfassung der Interviews**

##### Interview 1

Die Lehrkraft hatte das Apfelexperiment in den Biologieunterricht bereits zweifach in der FOS, Jahrgangsstufe 12, in je einer Doppelstunde implementiert. Der erste Einsatz des Experiments erfolgte nicht differenziert. Es wurde die App zur quantitativen Datenerfassung verwendet und anschließend händisch ausgewertet. Beim zweiten Einsatz des Experiments wurden die Gruppen von der Lehrkraft gebildet und ihnen wurde je nach Leistungsfähigkeit eine einfache oder schwierige Zitronensaftkonzentration zugewiesen. Auf Nachfrage gab die Lehrkraft an, nicht zu differenzieren, sondern nur für die Jahrgangsstufe zu adaptieren. Es wurde ein vorbereitetes, kollaboratives Excelsheet eingesetzt, sodass die Schüler\*innen nur noch ihre Messwerte eintippen mussten und die Graphiken automatisch generiert wurden. Schwierigkeiten traten im Erstellen der Trendlinie im geteilten Excelsheet, bei der Erklärung der App mittels des PDFs aus der Fortbildung, und bei der Wahl der richtigen Apfelsorte auf. Die Lehrkraft gab an, das Experiment erneut einsetzen zu wollen, und erhoffte sich einen Erfahrungszuwachs, um sicherer mit dem Experiment umgehen zu können. Außerhalb des Apfelexperiments nutzte die Lehrkraft die Erkenntnisse aus der Fortbildung, indem sie mehr kollaborative Tools einsetzte und somit die Schüler\*innen beim Arbeiten mit kollaborativen Tools im Unterricht begleitete.

##### Interview 2

Die Lehrkraft hatte das Experiment bisher einmal im Chemieunterricht zum Einstieg in das Thema Redoxreaktionen in der 9. Jahrgangsstufe des Gymnasiums in zwei Doppelstunden eingesetzt. Die App wurde genutzt und die Daten wurden quantitativ erhoben. Die Schüler\*innen haben ihre erhobenen Daten an die Lehrkraft geschickt und diese hat die Auswertung für die Klasse vorgenommen und die besten Ergebnisse auf Mebis geteilt, um in der nächsten Stunde mit diesen Kurven weiterarbeiten zu können. Differenziert hat die Lehrkraft bei der Auswertung der Daten, indem Schüler\*innen mit größeren Excel-Vorkenntnissen die Ansehnlichkeit der Graphen aufbereiten durften. Außerdem wurden den leistungsschwächeren Schüler\*innen einfache Konzentrationen zum Messen zugeteilt. Die Ergebnisse des Experiments wurden in Form eines Plakats im Schulhaus ausgehängt. Schwierigkeiten bei der Umsetzung

gab es bei der Wahl der richtigen Apfelsorte und durch eine zu geringe Bräunung bei der Differenzierung zwischen den gemessenen Konzentrationen. Die Lehrkraft gab an, das Experiment wieder einsetzen zu wollen, auch um die Medienkompetenz der Schüler\*innen zu fördern. Außerhalb des Apfelexperiments gab sie an, seit der Fortbildung mehr Tabellenkalkulation im Unterricht einzusetzen, da sie sich hierin nun sicherer fühlte.

### Interview 3

Die Lehrkraft hatte das Experiment bereits einmal in der 11. Jahrgangsstufe des Gymnasiums in einer Doppelstunde eingesetzt. Neben dem Apfelexperiment sollten die Schüler\*innen in dieser Doppelstunde weitere Experimente machen, die die Lehrkraft aufgrund der vergangenen Zeit zwischen Implementation und Interview nicht mehr erinnern konnte. Die Messdaten wurden mit der App erhoben. Die Zeit war zu knapp kalkuliert (auch wegen der anderen Experimente), weshalb es nicht mehr zu einer Auswertung des Experiments mit Excel kam. Manche Schüler\*innen führten eine händische Auswertung der quantitativen Daten durch. Im Vorfeld der Unterrichtsstunde wurde nicht differenziert geplant oder vorbereitet, da die Lehrkraft in der sehr kleinen Klasse mit 12 Schüler\*innen keinen Bedarf dazu feststellte. Stattdessen ließ die Lehrkraft die Schüler\*innen frei arbeiten und gab gezielte Hilfestellungen bei den einzelnen Gruppen. Schwierigkeiten traten dabei auf, die richtige Apfelsorte zu wählen. Das Ausbleiben der Braunfärbung des Apfels motivierte eine Schülerin stark, die das Experiment freiwillig zu Hause mit Erfolg wiederholte. Die Lehrkraft äußerte die Intention, das Experiment erneut einsetzen zu wollen. Über das Apfelexperiment hinausgehend gab die Lehrkraft an, keine Veränderungen am eigenen Unterricht vorgenommen zu haben, da sie keine Zeit gehabt habe darüber nachzudenken. Die Idee des selbsttätigen Experimentierens durch die Schüler\*innen auch im Onlineunterricht hingegen habe sie „cool“ gefunden.

### Interview 4

Die Lehrkraft hatte das Apfelexperiment in ein W-Seminar in der 11. Jahrgangsstufe des Gymnasiums implementiert und 4 Schüler\*innen haben es in ihren Seminararbeiten zu jeweils unterschiedlichen Themenbereichen (Lebensmittelverderb, Pflanzenfarbstoffe, Ascorbinsäure, Obst) als praktischen Teil umgesetzt. Die Betreuung war individuell. Die Materialien wurden nicht adaptiert für die einzelnen Schüler\*innen. Die Lehrkraft konnte noch keine Schwierigkeiten in der Umsetzung berichten, da die Seminararbeiten zum Zeitpunkt des Interviews noch nicht abgegeben waren. Die Lehrkraft hatte die Intention, das Experiment erneut in einem W-Seminar und ggf. in der 5. Jahrgangsstufe in Natur und Technik einzusetzen. Die Lehrkraft gab an, aufgrund der Fortbildung keine Veränderungen im eigenen Unterricht vorgenommen zu haben; erklärte jedoch, dass die Corona-Pandemie dazu geführt habe, dass sie mehr digitale Medien im Unterricht einsetze als zuvor.

### Interview 5

Die Lehrkraft hatte das Experiment aufgrund mehrerer Faktoren noch nicht implementiert. Zum einen gab sie an, verletzungsbedingt ausgefallen zu sein. Daher hatte sie keine Zeit das Experiment einzusetzen, um den Stoff des Lehrplans in der 11. Jahrgangsstufe noch erfüllen zu können. Zum anderen gab sie an, dass das Thema Enzyme nach ihrer Abwesenheit bereits behandelt gewesen sei und es somit nicht mehr gut in den Unterricht gepasst hätte. Als Implementationsbarrieren nannte sie außerdem die Klassengröße (30 Schüler\*innen) mit unterschiedlichem Interesse an Biologie und ihre eigene niedrige Kompetenz in der Nutzung von Excel. Die Ausstattung der Schule hingegen sei kein Problem. Die Lehrkraft äußerte die Intention, das Experiment in Zukunft einsetzen zu wollen. Ideen für die Implementierung waren zum einen die Vereinfachung der Auswertung oder auch die erneute Auseinandersetzung mit Excel vor der Implementation; auf Nachfrage auch die Kollaboration mit Kolleg\*innen. Dabei wurde der Wunsch geäußert, die Klasse für das praktische Arbeiten zu teilen oder das Experiment in einem freiwilligen Praktikum oder im biochemischen Praktikum in kleinen Gruppen durchzuführen, um eine tiefe Auseinandersetzung der Schüler\*innen mit der Thematik sicherzustellen und nicht „nur digital irgendetwas“ zu machen. Laut eigenen Angaben hat die Lehrkraft aufgrund der Fortbildung ihren eigenen Unterricht nicht verändert.

### Interview 6

Die Lehrkraft hatte das Experiment bisher nicht in den Unterricht implementiert. Als Hauptgrund gab sie an, dass sie noch keine Zeit für die Planung und Vorbereitung auf ihrer Seite und noch keine Zeit im vollen Lehrplan habe aufbringen können. Sie sprach zudem von einer relativ großen Klasse mit 23 Schüler\*innen und „schwierigen“ bzw. „charaktervollen Typen“ in der 8. Jahrgangsstufe. Zudem fühlte sie sich unsicher im Handling und inhaltlichen Erklären des Experiments und in der Führung der Klasse. Große Bedenken äußerte sie dahingehend, dass die Schüler\*innen keine neuen Erkenntnisse erlangen könnten, wenn die Umsetzung nicht gut wäre und sie, die Lehrkraft, somit ihr Ziel nicht erreiche, dass alle Schüler\*innen etwas lernen. Dazu beschrieb sie die Schwierigkeit, dass das Phänomen so „banal“ sei und es daher schwierig sei, trotzdem zu wissenschaftlichem Arbeiten zu motivieren. Auch die Ausstattung der Schule sei nicht optimal. Als wünschenswert für eine Umsetzung nannte die Lehrkraft die Kollaboration mit Kolleg\*innen, das Bilden kleiner Gruppen oder den Einsatz als Demonstrationsexperiment. Die Lehrkraft äußerte, dass es sinnvoll sei, das Experiment vor der Implementation selbst zu üben. Die Lehrkraft äußerte zudem, dass sie durch die Fortbildung zum Nachzudenken ermutigt worden sei, wie man das Experimentieren in den Unterricht integrieren könne. Auf Nachfrage ging sie auch auf die Nutzung digitaler Medien im Unterricht ein; gab aber an, bisher nur darüber nachgedacht und noch nichts verändert zu haben.

### Interview 7

Die Lehrkraft hatte das Experiment nicht in den Unterricht integriert, jedoch die Thematik der enzymatischen Bräunung im Bereich der Gentechnik eingebracht. Als Gründe, warum es nicht zu einer Implementation kam, nannte die Lehrkraft zunächst zeitliche Gründe und Lehrplanfülle. Außerdem äußerte sie, dass es am sprachlichen Gymnasium nicht die Möglichkeit gebe, die Klasse für das Experimentieren zu teilen und entsprechend virtuelle Experimente die bessere Methode seien, um sicher experimentieren zu können. Weitere genannte Gründe waren die eigenen Unsicherheiten beim Umgang mit Excel und die Befürchtung, dass die lange Auswertung für die Schüler\*innen zu abstrakt, nicht motivierend und entsprechend nicht zielführend sei. Schuld an der mangelnden Fähigkeit bei der Auswertung sei auch, dass in der Fortbildung nicht genug Zeit gewesen sei, das Vorgehen einzuüben. Gleichzeitig betont die Lehrkraft die „Softskills“, die durch diese Art der Auswertung bei den Schüler\*innen gefördert würden. Die technische Ausstattung der Schule sei sehr gut. Möglichkeiten für eine Implementation sah die Lehrkraft darin, die Auswertung erleichterndes Material und Vorlagen zu verwenden, , Zeitraffervideos für die visuelle Unterstützung zu nutzen oder das Experiment im biologisch-chemischen Praktikum einzusetzen.

### Interview 8

Die Lehrkraft hatte das Experiment aus zeitlichen Gründen nicht in den Unterricht implementiert. Als Hauptargument wurde die Stofffülle und das Ende des Schuljahres genannt. Außerdem sei die technische Ausstattung der Schule zwar verbessert worden, die Leitungsgeschwindigkeit und Kapazität des Internets jedoch nicht ausgelegt für die Anzahl an Nutzer\*innen, weshalb ein Einsatz digitaler Medien gerade nur sehr unsicher funktioniere. Im weiteren Verlauf gab die Lehrkraft an, dass der zeitliche Aufwand Schulgeräte in einer Unterrichtseinheit auszugeben sehr groß sei und dass entsprechend geschriebene Anleitungen für die jeweilige Jahrgangsstufe für das Experiment hilfreich wären für die Implementation. In einem Nachsatz wurde klar, dass die Lehrkraft auch Bedenken hatte, die Klasse zu einer gelungenen Durchführung der Messreihe führen zu können. Ein Methodentraining erschien der Lehrkraft sinnvoll, da dies bei anderen technischen Anwendungen bereits erfolgreich funktioniert habe. Auch vorinstallierte Apps auf den Schultablets könnten helfen, sowie vorbereitete Experimentierboxen mit laminierten Anleitungen, Stativen und Ringleuchten. Die Lehrkraft gab an, durch die Fortbildung keine Veränderungen im eigenen Unterricht vorgenommen zu haben. Es würden jedoch unabhängig von der Fortbildung von den Fachschaften Biologie, Chemie und Physik digitale Messsensoren angeschafft.

### Interview 9

Die Lehrkraft konnte das Experiment nicht einsetzen, da sie in Elternzeit war und entsprechend nicht unterrichtet hatte. Als mögliche Hürde für einen Einsatz in Zukunft nannte sie das Installieren der Apps auf den Schulgeräten, um nicht auf Privatgeräte der Schüler\*innen zurückgreifen zu müssen, da dies oft mit einer „Neidfrage“ oder einem Konflikt mit den Eltern bei jüngeren Schüler\*innen verbunden sei. Förderlich wäre nach Ansicht der Lehrkraft, dass sie eine entsprechende Klasse mit entsprechenden Zeiten im Stundenplan bekomme. Die Durchführung des Experiments traute sich die Lehrkraft ohne weitere Unterstützung zu.

### Interview 10

Die Lehrkraft hatte das Experiment nicht implementiert. Als Gründe gab sie zeitliche Faktoren und die Lehrplanfülle an. Außerdem führte sie aus, dass die Enzymatik bereits behandelt worden sei und sie einen großen Experimentalblock zum Thema Osmose bereits eingeplant und dann auch durchgeführt habe, wobei die Schüler\*innen großen Spaß am Experimentieren gezeigt hätten. Das Gymnasium sei technisch gut ausgestattet, es stünden für alle Schüler\*innen mobile Endgeräte und Internetzugang zur Verfügung. Sie habe das Experiment an den Kollegen weitergegeben, der das biologisch-chemische Praktikum betreut und dieser plane es einzusetzen. Ihren Unterricht habe die Lehrkraft nach der Fortbildung insofern verändert, als sie individueller vorgehe bei der Mediennutzung, beispielsweise sähen die Schüler\*innen Videos nicht mehr in der Gruppe, sondern einzeln an, um sie auch öfter ansehen zu können.

### Interview 11

Die Lehrkraft hatte das Experiment nicht in den Unterricht implementiert. Dies begründete sie mit mangelnder Zeit und unpassendem Zeitpunkt der Fortbildung im Schuljahr, da das Thema Enzyme bereits unterrichtet gewesen sei. Weitere Barrieren bei der Umsetzung seien die Auswertung der Daten mit Excel und der Datenexport von den Schüler\*innengeräten. Die Ausstattung der Schule sei gut. Förderlich für eine Implementation wären laut der Lehrkraft ein Pre-Training für die Datenauswertung bei einem einfacheren Versuch, die Arbeit in Gruppen und vor allem ein gezieltes Trainieren der Experimentierkompetenz der Schüler\*innen. Außerdem wünschte sie sich ein Anleitungsvideo oder Schema für die Schüler\*innen zum Apfelexperiment. Die Lehrkraft äußerte die Intention, das Experiment noch zu implementieren und gab dazu an, es zum Thema Enzyme in einer Art Praktikum umsetzen zu wollen, wobei es wohl auf eine qualitative Auswertung und somit vereinfachte Auswertung hinauslaufen werde. Außerdem gab die Lehrkraft an, ihren Unterricht hinsichtlich des verstärkten Einsatzes von Experimenten verändert zu haben und dass in ihr die Erkenntnis gereift sei, dass die Schüler\*innen ihr Smartphone sinnvoll im Unterricht einsetzen könnten.

### Interview 12

Die Lehrkraft hatte das Experiment aus zeitlichen Gründen noch nicht implementiert. Dazu führte sie aus, dass es vor allem die Vorbereitungszeit sei, die aktuell fehle, um sich in das Experiment komplett noch einmal einzuarbeiten. Außerdem kam die Lehrkraft mit der Absicht in das Interview, nochmal nach einer gut geeigneten Apfelsorte zu fragen, damit das Experiment in der Schule auch gelingen könne, da sie ungern nicht gut funktionierende Experimente mit Schüler\*innen durchführe. Weitere Unterstützung sah die Lehrkraft nicht als nötig an, da das Experiment simpel sei, Material und Ausstattung vorhanden seien, und die Lehrkraft selbst schon viel mit Excel arbeite, auch mit den Schüler\*innen im Rahmen von Biostatistik. Die Lehrkraft äußerte die Intention, das Experiment im folgenden Schuljahr in der 12. Jahrgangsstufe einzusetzen. Das Nutzen von Smartphones im Unterricht bewertete die Lehrkraft positiv.

### Interview 13

Die Lehrkraft hatte das Experiment nicht implementiert, da es für sie thematisch nicht in den Lehrplan der FOS, 12. Jahrgangsstufe, passte. Außerdem gab die Lehrkraft an, dass der Umfang des Experiments zu groß sei und andere Themen wie Nachhaltigkeit im Fokus gestanden hätten. Die digitale Ausstattung der Schule sei gut. Die Lehrkraft gab an, aufgrund der Fortbildung im Unterricht mehr digital zu arbeiten, z.B. durch den Einsatz von Filmen.

### 7.3.5.2 Behaltensleistung

Die Behaltensleistung der Lehrkräfte wurde zu Beginn des Interviews über die Frage nach der Kernidee der Fortbildung abgefragt. Die häufigsten Begriffe sind in der Wortwolke dargestellt (Abbildung 88).

Die Aussagen der Teilnehmer\*innen wurden nach Inhaltsbereichen geordnet. Dabei wurde der Einsatz digitaler Medien am häufigsten (11 von 13 Interviews) als Kernidee der Fortbildung beschrieben. Inklusions-/ Differenzierungsaspekte wurden lediglich in drei Interviews genannt und kamen damit am seltensten vor. Die Themenbereiche Inklusion, digitale Medien und Experiment kamen in jeder der drei Versuchsgruppen im Interview vor (Tabelle 41).

Tabelle 41 Kernidee der Fortbildung laut Interviews

	Codiert*	Gruppe		
		Inklusion N=2	Digitale Medien N=4	Integriert N=7
Experiment	7	2	2	3
Inklusion/ Differenzierung	3	1	1	1
Digitale Medien	11	1	3	7
Fachbezogen/ Enzymatik	7	1	-	6
Alltagsbezug	3	-	2	1

\*jedes Interview wurde nur einfach gezählt bei Mehrfachnennungen gleicher Kategorie



Abbildung 88 Behaltensleistung der Lehrkräfte, Wortwolke

### 7.3.5.3 Auswertung Implementiert – Interview 1-4

#### Barrieren/ Stress und Bedenken

Eine Lehrkraft äußerte Bedenken, die sie vor der Implementation des Experiments gehabt hatte. Genannt wurden Bedenken, in einer Klasse mit 30 Schüler\*innen zu experimentieren und vor allem eine digitale Datenauswertung durchzuführen (Interview 1, Z.45f). Außerdem löste es Bedenken aus, Verdünnungsreihen in der Klasse herzustellen. Daher gab die Lehrkraft an, diese lieber für die Zukunft vorzubereiten (Interview 1, Z. 75f). Die Lehrkräfte aus den Interviews 2,3 und 4 äußerten sich nicht negativ zur Implementation.

#### Motivation/ Intention

Die Lehrkraft aus Interview 1 äußerte, das Experiment im neuen Schuljahr wieder einsetzen zu wollen und bis dahin mehr Erfahrung zu sammeln für eine sichere Umsetzung (Interview 1, Z. 140f). Sie begründete ihre Intention damit, dass es „eine coole Sache“ (Interview 1, Z.146) sei. Die Lehrkraft aus Interview 2 äußerte ebenfalls die Intention, das Experiment wieder einsetzen zu wollen, da sie das Experiment und vor allem die Auswertung mit Excel als förderlich für die Kompetenz der Schüler\*innen erachte. Sie betonte wie folgt (Interview 2, Z. 169ff):

„Und die Auswertung auch, es ist ja sehr sinnvoll, dass man Graphen erstellen kann, mit Excel, eine ganz wichtige Kompetenz. Ich bin immer schockiert, wie schlecht die [Schüler\*innen] mit Word und Excel und Powerpoint sind. Also ich würde es auf jeden Fall glaube ich fest einplanen“

Zudem überlegte sie, das Experiment nicht nur in Chemie, wie bereits geschehen, sondern auch in anderen Fächern, z.B. bei der Enzymatik im Biologieunterricht zu implementieren und betonte eine universelle Einsatzmöglichkeit (Interview 2, Z.172ff):

„[...] es passt auch bei so vielen Sachen, also man kann es ja genauso bei Enzyme machen, oder was weiß ich, bei allem Möglichen. Also ich finde man kann es gut überall unterbringen.“

Ebenso berichtete die Lehrkraft in Interview 3 von einer geplanten erneuten Implementation (Interview 3, Z. 141). Die Lehrkraft aus Interview 4 gab an, das Experiment „mit ziemlicher Sicherheit nochmal“ in einem „W-Seminar“ einsetzen zu wollen, wie bereits die erste Implementation erfolgt war (Interview 4, Z. 206f). Gründe dafür seien die kostengünstige und ungefährliche Durchführung. Auch überlegte die Lehrkraft, das Experiment in Jahrgangsstufe 5 zu implementieren (Interview 4, Z. 212f).

## Fähigkeiten/ Professionswissen/ Persönlichkeitsmerkmale

Die Lehrkraft aus Interview 1 zeigte zunächst eine niedrige Selbstwirksamkeitserwartung im ersten Durchlauf der Implementation (Interview 1, Z. 42ff):

„ich habe immer das Problem, dass wenn ich das bei dir, mit dir mache, dann ist der Faden ganz klar vorgegeben. Und dann weiß ich genau was ich tun soll. Wenn ich das aber mit dreißig Schülern mache, dann ja, treten immer so die einen oder anderen Hindernisse auf. Und deswegen habe ich denen gesagt: ‚Ihr seid jetzt meine Versuchskaninchen und ich probiere das jetzt einfach mit euch aus, damit ich das dann noch ein bisschen feintunen kann für den nächsten Durchgang.‘ Und deswegen habe ich [...] versucht das mit diesen Handys hinzukriegen. Und Daten haben wir noch aufs Papier aufgeschrieben.“

Sie zeigte damit einerseits, dass sie nicht ganz sicher war im Umgang mit der digitalen Durchführung und digitalen Auswertung, andererseits zeigte sie eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung in Bezug auf das Vorgehen in der Klasse. Diese untermauerte sie, indem sie segmentiert vorging und zunächst das Experiment mit der App testete und die Auswertung noch analog durchführte, um Sicherheit zu gewinnen. Für die zweite Implementation des Experiments beschrieb die Lehrkraft, dass sie nun eine klare Vorstellung von der Umsetzung habe, was auf eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung und ein gutes Professionswissen um diese Vorstellung auch umsetzen zu können schließen lässt. Dazu beschrieb sie die unabhängigen Variablen des Experiments, die digitale Auswertung und den Einsatz eines kollaborativen Tools (Interview 1, Z. 52ff). Auch bei dieser zweiten Implementation betonte sie die eigenen Grenzen in der technischen Realisation mit Excel, adressierte das Problem jedoch an das kollaborative Tool (Interview 1, Z.59ff). Im weiteren Verlauf begründete die Lehrkraft aus Interview 1, dass sie die Implementation bewusst ans Ende des Schuljahres geschoben habe, nach den Notenschluss, um das Experiment selbst ohne Druck mit der Klasse durchführen zu können, da ihr „schon klar [war], dass das bei den ersten Durchläufen nicht so läuft, wie [sie sich] das vorstelle“ (Interview 1, Z. 122f). Sie wünschte sich mehr „Routine“, um auch die Aspekte der Heterogenität berücksichtigen zu können und bestätigte sich selbst, das nötige „Know-how“ nun zu besitzen (Interview 1, Z. 290ff).

Die Lehrkraft in Interview 2 zeigte eine fachlich tiefe Auseinandersetzung, indem sie beschrieb, das Experiment für die Einführung von Redoxreaktionen zu nutzen und im fachdidaktischen Sinne die quantitative Datenerfassung beim digitalen Experimentieren einzusetzen, jedoch zeigte sie auch ihre eigenen Kompetenzlücken und einen souveränen Umgang mit diesen (Interview 2, Z. 124f):

„da haben mir dann zum Teil Schüler geholfen, weil ich es selber nicht wusste, wie es geht, dass die Y-Achse nicht bei nur anfängt“

Lehrkraft 3 äußerte sich nicht direkt zu den eigenen Fähigkeiten. Aus Aussagen wie es war nur eine „kleine Gruppe“ und deshalb überschaue man schnell wer Anleitung benötigt (Interview 3, Z. 106ff) oder „Kollege hat mir keiner geholfen, im Gegenteil, ich habe ihnen erzählt was für ein cooles Experiment das war“ (Interview 3, Z. 127f) wird ersichtlich, dass die Lehrkraft eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung und positive Einstellung hinsichtlich der Implementation aufwies. Über die tatsächliche Fähigkeit kann jedoch keine Aussage getroffen werden.

Die Lehrkraft aus Interview 4 äußerte sich ebenfalls nicht direkt zu den eigenen Fähigkeiten, schien diese aber auch nicht anzuzweifeln, da sie das Experiment in diverse W-Seminararbeiten integriert hatte und von deren Umsetzung seitens der Schüler\*innen durch ihre individuelle Betreuung überzeugt war (Interview 4, Z. 55).

### Möglichkeiten

Weiteres Material als implementationsfördernde Maßnahme wurde in Interview 1 in Form eines Anleitungsvideos gewünscht (Interview 1, Z. 94). In Interview 3 wurde das bereits vorhandene Material als förderlich beschrieben (Interview 3, Z. 124). Eine Kollaboration unter Lehrkräften kam in keinem Interview vor (Interview 1, Z. 286; Interview 2, Z. 127) und wurde nicht gewünscht. In Interview 2 wurde die Fortbildnerin als implementationsfördernd beschrieben (Interview 2, Z. 149). Die Lehrkraft in Interview 4 ging nicht auf weitere Unterstützungsmöglichkeiten ein, sondern beschrieb die Vorzüge des Apfelexperiments (Interview 4, Z. 169ff).

### Auseinandersetzung mit der Implementation

Eine heuristische Auseinandersetzung ist in Interview 1 für den ersten Durchlauf des Experiments zu erkennen. Die Lehrkraft beschrieb mangelnde Fähigkeiten und setzte sich vor der ersten Durchführung nur oberflächlich mit der Thematik auseinander (Interview 1, Z. 46):

„Ihr seid jetzt meine Versuchskaninchen und ich probiere das jetzt einfach mit euch aus, damit ich das dann noch ein bisschen feintunen kann für den nächsten Durchgang.“

Für den zweiten Durchlauf zeigte die Lehrkraft eine systematische Auseinandersetzung mit dem Experiment und beschrieb die Variablenkontrolle, digitale Durchführung und Auswertung elaboriert (Interview 1, Z. 52ff). Auch den Umgang mit der heterogenen Lerngruppe beschrieb die Lehrkraft (Interview 1, Z. 75):

„Und ich habe dann letztes Mal auch sie Teams festgelegt und quasi Zettelchen gehabt, so ‚Ihr macht jetzt das, ihr macht das und ihr macht das‘.“

Außerdem beschrieb sie, wie sie das Material für die Lerngruppe angepasst habe, indem sie selbst ein selbstausswertendes Excel-Sheet vorbereitet habe (Interview 1, Z.81). Die Begründungen im zweiten Durchlauf klingen sehr systematisch geordnet und durchdrungen.

Lehrkraft 2 zeigte für den ersten Durchlauf eine systematische Auseinandersetzung mit der Thematik, indem sie bereits einen Transfer in ein anderes Unterrichtsfach vorgenommen hatte (Chemie statt Biologie) und die Durchführung inklusive Ergebnispräsentation als Poster elaboriert beschrieb (Interview 2, Z. 28, 104f).

Lehrkraft 3 zeigte eine heuristische Auseinandersetzung. Sie gab keine Gründe an wie mangelnde Fähigkeiten oder Ressourcen, sondern zeigte diese Form der Auseinandersetzung durch die Einbettung des Versuchs in eine Doppelstunde mit weiteren Experimenten, was zu einer unvollständigen Durchführung führte (Interview 3, Z. 34ff):

„Die hatten allerdings dann noch andere Experimente auch zu machen. [...] weshalb dann auch die Zeit nicht gereicht hat, und wir das dann aber leider hinterher auch nicht mehr wirklich auswerten konnten.“

Durch diese Aussage wird deutlich, dass die Planung des Einsatzes des Experiments nicht systematisch war. Im Gegensatz dazu zeigte die Lehrkraft in Interview 4 eine systematische Auseinandersetzung über die verschiedenen Einsatzmöglichkeiten des Experiments im W-Seminar (Interview 4, Z. 29ff). Außerdem wurden weitere Einsatzmöglichkeiten und Vorzüge des Experiments diskutiert (Interview 4, Z. 185):

„Also das geht von der fünften bis zur zwölften Klasse mit Sicherheit, dieses Experiment zu machen, auf unterschiedlichen Niveaus.“

Insgesamt zeigten also zwei Lehrkräfte (Interview 1 und 3) eine heuristische Auseinandersetzung im ersten Durchgang, und 2 Lehrkräfte (Interview 2 und 4) eine systematische Auseinandersetzung im ersten Durchgang. Im zweiten Durchgang zeigte auch Lehrkraft 1 eine systematische Auseinandersetzung. Lehrkraft 3 beschrieb nur einen Durchgang.

### Implementiert/ Umsetzung

Eine tiefgreifende Umsetzung mit digitaler Durchführung, Auswertung und Differenzierung des Experiments nach Bedarfen in der Klasse zeigte Lehrkraft 1 in ihrem zweiten Durchlauf. Dabei wurden die Heterogenitätsaspekte jedoch nur in Form der Gruppeneinteilung und somit in der Zuweisung der zu bearbeitenden Zitronensaftkonzentration berücksichtigt (Interview 1, Z. 75). Die Auswertung des Versuchs blieb für alle Schüler\*innen der Klasse gleich und es gab keine Unterschiede innerhalb der Gruppen (Interview 1, Z. 252f). In Bezug auf den Einsatz digitaler Medien wurde mittels der App gemessen und mit einem kollaborativen Excel-Sheet ausgewertet (Interview 1, Z. 54f).

Ebenso zeigte Lehrkraft 2 eine tiefgreifende Umsetzung, indem sie das Experiment digital gemessen und mit Excel ausgewertet und zumindest die leistungsstarken Schüler\*innen bei der Auswertung berücksichtigt hatte (Interview 2, Z. 120ff):

„Also ich meine das Einzige, wo ich vielleicht ein bisschen differenziert habe, [ist] bei der Excel Auswertung, manche kennen sich halt schon besser aus, dass die dann noch die Graphen einfärben, in gelb und braun, und halt die Beschriftungen irgendwie schöner machen“.

Eine hochgradig tiefgehende Umsetzung zeigte die Lehrkraft in Interview 4, da sie die Experimente in den Seminararbeiten sowohl digital durchführen, als auch auswerten ließ (Interview 4, Z. 46). Außerdem fand eine individuelle Betreuung für jede\*n einzelne\*n Schüler\*in der Seminargruppe statt.

Eine oberflächliche Umsetzung des Experiments zeigte die Lehrkraft aus Interview 3, da zwar digital gemessen wurde, jedoch eine händische Auswertung der Daten stattfand (Interview 3, Z. 43). Außerdem wurde keine Differenzierung geplant, sondern dafür nicht näher definierte Hilfestellungen beschrieben, die in verbaler Form während der Stunde durch die Lehrkraft an einzelne Gruppen gerichtet wurden (Interview 3, Z.80ff).

Eine Umsetzung von Teilen oder Ideen des Experiments in anderen Bereichen als der Umsetzung des konkreten Apfelexperiments zeigte Lehrkraft 1. Sie gab an, im Unterricht deutlich mehr „kollaborative Tools“ zu nutzen, und Daten nicht mehr nur zum „Runterladen“, sondern zum gemeinsamen Arbeiten zu nutzen (Interview 1, Z. 306ff). Lehrkraft 2 gab an, Excel vermehrt im Unterricht zur Datenauswertung und graphischen Aufbereitung von Messdaten zu nutzen (Interview 2, Z. 188ff). Lehrkraft 3 und 4 hingegen gaben an, ihren Unterricht aufgrund der Fortbildung nicht verändert zu haben (Interview 3, Z. 208f; Interview 4, Z. 231f).

#### Barrieren während der Implementation

Die bei der Implementation aufgetretenen Barrieren sind zusammengefasst in Tabelle 42. Drei der genannten Barrieren wurden ohne Lösung des Problems berichtet. Vier Barrieren wurden direkt mit einer Lösung aus der praktischen Umsetzung berichtet.

**Tabelle 42 Barrieren während der Implementation**

<b>Art der Barriere</b>	<b>Fundstelle</b>	<b>Lösung</b>
Technische Umsetzung	Trendlinie nicht formatierbar in kollaborativem Excel Sheet (Interview 1, Z. 59)	Nicht gelöst
Material	Apfelsorte ungeeignet (Interview 1, Z. 65f)	Laden gefunden, der alte Sorten verkauft (Interview 1, Z. 68)
	Bräunenden Apfel finden (Interview 3, Z. 143)	Nicht gelöst
	Anleitung nicht selbsterklärend (Interview 1, Z. 94)	Video wird gewünscht (Interview 1, Z. 94)
Auswertung	Kaum Veränderung der Steigung (Interview 1, Z. 207)	Nur Mutmaßung über Setting und Apfelsorte (Interview 1, Z. 205f).
	Verschiedene Konzentrationen hatten kaum unterschiedliche Steigung (Interview 2, Z. 38)	Nur 0% und 100% ausgewertet (Interview 2, Z. 42)
Zeit	Mangelnde Zeit für Auswertung aufgrund unsystematischer Planung (Interview 3, Z. 22)	Nicht gelöst

## Zusammenfassende Betrachtung der Implementationswege

Betrachtet man alle Interviews, die eine Implementation beschreiben, so ergibt sich folgendes Bild nach dem Modell der Implementierung nach Breuer et al. (2022): Die Lehrkraft in Interview 1 äußerte Stress und Bedenken und zu geringe Fähigkeiten im ersten Durchgang, weshalb es zu einer heuristischen Auseinandersetzung und folglich zu einer oberflächlichen Umsetzung kam (Kreis mit gelber 1 in Abbildung 89). Beim zweiten Durchgang (1\*) hingegen zeigte die Lehrkraft eine systematische Auseinandersetzung, die in einer tiefgreifenden Umsetzung mündete. Lehrkraft 2 und 4 zeigten ausreichende Fähigkeiten für eine systematische Auseinandersetzung und anschließend eine tiefgreifende Umsetzung. Lehrkraft 3 lieferte kaum Begründungen für die beschriebene oberflächliche Umsetzung und kann daher keinem Pfad zugeordnet werden. Die Intention/Motivation kann nicht betrachtet werden, da die Lehrkräfte sich in ihren Aussagen auf eine wiederholte Implementation bezogen.

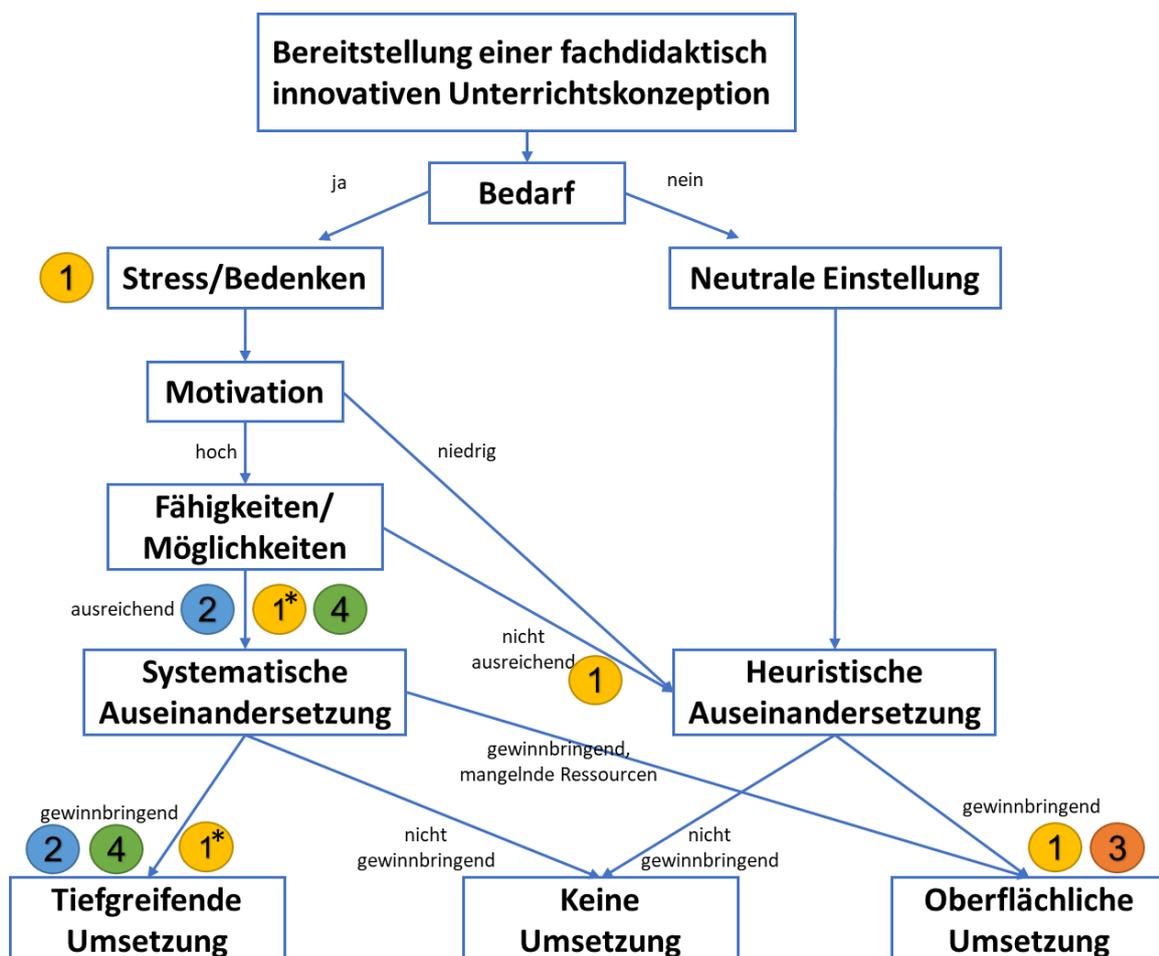


Abbildung 89 Implementationsweg Interviews 1-4  
(eigene Darstellung, Modell nach Breuer et al. 2022)

Die Kreise stellen die Interviews und deren Platzierung markante Fundstellen in den Texten dar. Interview 1 beschreibt zwei Durchgänge der Implementation. 1\* bezeichnet den zweiten Durchgang.

### **7.3.5.4 Auswertung nicht implementiert Interview 5-13**

#### Barrieren/ Stress und Bedenken

Im Bereich der Bedenken und stressauslösenden Faktoren nannten die Lehrkräfte unter anderem Bedenken zum reibungslosen Verlauf, da ein nicht funktionierender Versuch nicht mit einem positiven Gefühl belegt sei (Interview 12, Z. 57f). Auch wurde die Kosten-Nutzen-Abwägung genannt. Dabei wurde die Frage gestellt, ob die zu erlernenden (digitalen) Kompetenzen den Zeitaufwand rechtfertigen (Interview 7, Z. 73ff). Auch wurden Bedenken über die eigenen Fähigkeiten zur Klassenführung geäußert, ob das Ziel, dass die Schüler\*innen einen Erkenntnisgewinn haben, erreicht werden könne (Interview 6, Z. 101). Ein so alltägliches Phänomen könne zumal für die Schüler\*innen zu banal sein und dann in einer unwissenschaftlichen Bearbeitung der Fragestellung münden (Interview 6, Z. 111ff).

Die weiteren identifizierten Barrieren, die eine Implementation beeinträchtigt haben könnten, werden in Tabelle 43 dargestellt. Es zeigen sich dabei Häufungen im Bereich Lehrplan (9 Nennungen), Einsatz digitaler Medien (6 Nennungen), Auswertung des Experiments mit Excel (3 Nennungen) und Heterogenität der Schüler\*innen (3 Nennungen):

Tabelle 43 Implementationsbarrieren (keine Implementation des Experiments)

Art der Barriere	Fundstelle
Lehrplan (LP)	Kein LP Bezug 12. Jgst. FOS (Interview 13, Z. 20ff)
	Zeitdruck (Interview 7, Z. 35f; Interview 8, Z. 28; Interview 10, Z. 52)
	Stofffülle (Interview 6, Z. 30; Interview 8, Z. 52)
	Enzymatik bereits behandelt in diesem Schuljahr (Interview 5, Z. 39; Interview 10, Z. 48; Interview 11, Z. 67)
Umfang	Zu zeitaufwendiges Experiment (Interview 13, Z. 36)
Auswertung	Zu aufwendig und zu abstrakt (Interview 7, Z. 64f, 135)
	Auswertung zu schwierig (Interview 11, Z. 90)
	Datenübertragung schwierig (Interview 11, Z. 111)
Fokus	Andere Themen wie Nachhaltigkeit relevanter (Interview 13, Z. 42)
Fortbildung	Webinar nicht geeignet, da mehrere Bildschirme nötig wären, um Auswertung parallel selbst durchzuführen (Interview 7, 118ff)
Material	Bräunende Apfelsorte (Interview 12, Z. 50)
Experimentieren	Zu große Klasse zum Experimentieren überhaupt, Teilen der Klasse nicht möglich (Interview 7, Z. 226)
Zeit	Elternzeit im abgefragten Zeitraum (Interview 9, Z. 20)
	Arbeitsausfall wegen Krankheit (Interview 5, Z. 38)
	Neues Einarbeiten ist zeitaufwendig (Interview 6, Z. 23; Interview 12, Z. 42)
	45 Minuten Stunde zu knapp (Interview 8, Z. 89)
Digitale Medien	App muss installiert werden auf Schultablets (Interview 8, Z. 136; Interview 9, Z. 40ff)
	Internet zu langsam (Interview 6, Z. 163; Interview 8, Z. 60ff)
	Keine Schulgeräte vorhanden (Interview 6, Z. 153f)
	Datenschutzfragen bei Kameranutzung (Interview 8, Z. 73)
Klassengröße	Zu große Klasse (Interview 5, Z. 60; Interview 6, Z. 45; Interview 11, Z. 106)
Schüler*innen	„Schwierige“ Schüler*innen in Klassen (Interview 6, Z. 45)
	Vorwissen Schüler*innen im Sozialzweig geringer als bei Techniker*innen (Interview 11, Z. 121f)
	Interesse für Biologie unterschiedlich (Interview 5, Z. 61)
Klassenführung	Aufmerksamkeit lenken und fachlich steuern beim Experimentieren schwierig (Interview 6, Z. 80ff)

### Motivation/ Intention

Drei Lehrkräfte äußerten den Wunsch das Experiment in Zukunft einzusetzen. Die Lehrkraft aus Interview 5 begründete ihre Intention damit (Interview 5, Z. 108):

„Weil ich fand das schon toll, also mit dieser App dann da diese Farbveränderung messen“

Die Lehrkraft aus Interview 11 gab als Implementationsrahmen das Thema Enzyme an und schlug eine qualitative Auswertung mit den Schüler\*innen vor (Interview 11, Z. 80ff). In Inter-

view 12 sprach die Lehrkraft davon, sich „Zeit zu nehmen, um das vorzubereiten“, und artikuliert dabei eine deutliche Handlungsintention (Interview 12, Z. 22f). Die Lehrkraft aus Interview 7 zeigte keine direkte Implementationsbestrebung, argumentierte aber, dass das Fördern der Medienkompetenz sehr wichtig sei (Interview 7, Z. 66ff). In Interview 8 gab die Lehrkraft an, das Experiment „total gerne noch gemacht zu haben“, aber zum Ende des Schuljahres keine Zeit mehr gehabt zu haben (Interview 8, Z. 26.). Dies ist nicht als zukünftige Intention, sondern als zumindest im laufenden Schuljahr mitschwingende Intention zu betrachten. In Interview 6 und 10 sind keine Intentionen, das Experiment einzusetzen, erkennbar.

### Fähigkeiten/ Professionswissen/ Persönlichkeitsmerkmale

Im Bereich der eigenen Selbstwirksamkeitserwartung g die Lehrkraft aus Interview 10 an, keine Aussage zu einer möglichen Unterstützung treffen zu können, da sie „es einfach mal durchführen“ müsse, um die Frage beantworten zu können (Interview 10, Z. 90). Da die Argumentation so sehr auf den zeitlichen Aspekt als Barriere zur Umsetzung gelenkt wurde, kann keine weitere Aussage zur Selbstwirksamkeit bezüglich der Durchführung getroffen werden (Interview 10, Z. 59). Auch Lehrkraft 12 beschrieb die mangelnde Zeit zur Vorbereitung als Hauptbarriere (Interview 12, Z. 42), zeigte aber eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung (Interview 12, Z. 127ff):

„Also von daher glaube ich eigentlich nicht, dass irgendwelche weiteren größeren organisatorischen Zusammenarbeiten oder so [nötig sind]. Das hat mir ja auch an ihrem Experiment gut gefallen, dass es ja eigentlich wirklich einfach ist“.

Die Lehrkraft aus Interview 9 gab ebenfalls zeitliche Gründe (Elternzeit) für die Nicht-Implementation an, beschrieb sich aber als sehr selbstwirksam (Interview 9, Z. 71). Lehrkraft 5 gab ebenfalls vorrangig zeitliche Gründe an, zeigte in ihren Ausführungen jedoch auch Schwächen in ihrer Medienkompetenz (Interview 5, Z. 65f):

„Da hätte ich mir jetzt vielleicht überlegt wie könnte ich die Auswertung vereinfachen. Weil ich mich mit Excel überhaupt nicht gut auskenne.“

Später ergänzte sie (Interview 5, Z. 112ff):

„Du hast da nochmal etwas nachgeschickt. Ich denke mir, man würde das auch hinkriegen. Also da würde ich vielleicht auf Schüler zurückgreifen. Da sind ja vielleicht auch welche dabei, die das schon besser können.“

Außerdem nannte sie die Möglichkeit einer ruhigen Auswertung im Rahmen kleiner Gruppen im biochemischen Praktikum (Interview 5, 137ff). Mit diesen Beispielen zeigte die Lehrkraft insgesamt eine nicht so hohe Selbstwirksamkeit in Bezug auf den Einsatz der digitalen Auswertung in der Klasse. Eine weitere Lehrkraft, die die Stofffülle und die zeitlichen Aspekte der

Umsetzung zuerst nannte (Interview 11, Z. 67), beschrieb später ebenfalls die eigene niedrige Einschätzung der Selbstwirksamkeit in Bezug auf die Auswertung der Daten mit Excel (Interview 11, Z. 89ff, 125). Die Datenaufnahme hingegen schätzte sie als „kein Problem“ ein (Interview 11, Z. 109f). Lehrkraft 8 gab ebenfalls zeitliche Gründe an, räumte aber ein, dass das Management in der Klasse beim Einsatz digitaler Medien schwierig sei (Interview 8, Z. 90ff):

„wenn du quasi das mit einplanst das Gerät ausgeben, jeder muss sich einwählen, dann muss ich noch jedem irgendetwas dazu erklären, damit er überhaupt in die App kommt und wie es funktioniert“

Später ergänzte sie (Interview 8, Z. 110f):

„du versuchst es ja ihnen schon zu erklären, aber du weißt ja wie Schüler manchmal sind, die hören dann so mit einem Ohr zu, mit dem anderen probieren sie schon rum, und irgendwie funktioniert es dann nicht. Und dann rennst du durch die Reihen, und bis der Letzte dann kapiert hat, wie es geht, ist die Stunde schon fast vorbei“

Lehrkraft 13 argumentierte nur über die thematische Passung und äußerte sich nicht zu den eigenen Fähigkeiten. Lehrkraft 7 argumentierte ebenfalls über die Passung; gab aber an, die Theorie bereits eingesetzt zu haben, nur den Einsatz der digitalen Auswertung via Excel in der Klasse zu vermeiden (Interview 7, Z. 101f):

„und diese ganzen Handling-Sachen. Und da muss ich sagen, da hatte ich auch Probleme bei der Fortbildung selber. Für jemanden der wirklich tagtäglich mit Excel umgeht [...], da sind es zwei, drei Klicks [...], die einem das super schnell erleichtern.“

Später ergänzte sie noch, dass sie sich beim Experimentieren in der gesamten Klasse nicht sicher fühlt (Interview 7, Z. 226ff):

„Und wir gerade als Sprachzweiggynasium haben keine geteilten Klassen, das heißt Experimentieren ist sowieso so eine grenzwertige Geschichte mit einer ganzen Klasse“

An diesen Stellen wird deutlich, dass sie sich sowohl im Umgang mit Excel, als auch in der Anleitung des praktischen Arbeitens in der Klasse unsicher fühlte. Ebenso argumentierte die Lehrkraft in Interview 6, dass das Experimentieren in einer relativ großen Klasse mit „schwierigen“ Schüler\*innen nicht gut machbar sei (Interview6, Z. 43ff):

„mich da so rein zu denken, dass ich das quasi dann den Schülern dann eben auch noch klar machen kann, und die da sozusagen einbinden kann, das Ganze mit einer, für mich, relativ großen Klasse und schwierigen Schülern“

Außerdem gab die Lehrkraft an „selber noch mit der Materie noch nicht so vertraut“ zu sein (Interview 6, Z. 84) und äußerte die Angst, das „Ziel“ nicht zu erreichen, dass die Schüler\*innen

neue Erkenntnisse erlangen (Interview 6, Z. 101ff). Diese Äußerungen lassen auf eine niedrige Selbstwirksamkeit im Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens im Unterricht schließen.

### Möglichkeiten

Die Gegebenheiten, Wünsche und Vorschläge der Lehrkräfte, was zu einer Implementation beitragen würde, sind in Tabelle 44 aufgeführt. Besonders auffällig ist, dass die digitale Ausstattung in fast allen Fällen (7 Nennungen) gegeben ist. Praktikumsmöglichkeiten mit kleineren Gruppen und weniger Lehrplanbindung wurden ebenfalls als Unterstützungsmöglichkeit genannt (6 Nennungen). Es wurden zudem Ideen generiert, wie mit den heterogenen Medienkompetenzen der Schüler\*innen umgegangen werden könnte (5 Nennungen).

**Tabelle 44 Mögliche Unterstützung für Implementation**

<b>Art der Unterstützung</b>	<b>Fundstelle</b>
Digitales Equipment	Digitale Ausstattung gegeben (Interview 5, Z. 77; Interview 7, Z. 154; Interview 9, Z. 92; Interview 10, Z. 60ff; Interview 11, Z. 112f; Interview 12, Z. 140; Interview 13, Z. 52)
	Praktischer Einsatz Smartphone im Unterricht (Interview 12, Z. 125f)
Digitale Kompetenzen	Anleitung für Schüler*innen mit geringer Medienkompetenz (Interview 8, Z. 120)
	Selbstaushwertendes Excel Sheet, da Auswertung zu komplex und dadurch demotivierend für alle (Interview 7, Z. 79)
	Auswertung vereinfachen (Interview 5, Z. 66; Interview 11, Z. 96)
	Pre-Training für Datenauswertung (Interview 11, 126)
WLAN	Vorhanden (Interview 10, Z. 62)
Material	Anleitung ausreichend (Interview 12, Z. 116f)
	Komprimiertere Anleitung für Experimentalbox und weiteres Equipment wie Stative und Ringleuchten (Interview 8, Z. 84, 94f, 102, 153ff)
	Klarer Auswertungsleitfaden (Interview 11, Z. 145)
Anderer Kurs	Biologisches-Chemisches Praktikum von Kollege, Material weitergegeben (Interview 10, Z. 29ff)
	Biologisches-Chemisches Praktikum (Interview 5, Z. 137; Interview 7, Z. 160)
	Praktikum statt normaler Unterricht (Interview 5, Z. 135; Interview 11, Z. 76)
	Klasse teilen (Interview 5, Z. 124)
Experimentieren	Schüler*innen haben Freude am Experimentieren (Interview 10, Z. 79f)
	Digital experimentieren statt real (Interview 7, Z. 232ff)
	Demonstrationsexperiment statt Schüler*innenexperiment (Interview 6, Z. 165f)
	Gezielt Experimentieren üben mit Schüler*innen (Interview 11, Z. 131ff)
Zusammenarbeit	„vielleicht ein zwei Kollegen“ die helfen (Interview 6, Z. 131)

## Auseinandersetzung mit der Implementation

Lediglich in einem Interview wurde eine systematische Auseinandersetzung beschrieben, welche jedoch als nicht gewinnbringend bewertet wurde und deshalb nicht zur Implementation führte (Interview 12, Z. 57f):

„Weil ein Versuch, der nicht funktioniert in der Schule, das mache ich nicht gerne“

Die Beschreibung des Experimentierprozesses war dabei elaboriert (Interview 12, Z. 8ff, 50ff, 124ff, 189)

In 7 von 9 Interviews wurde keine systematische Auseinandersetzung mit dem Experiment festgestellt. Entsprechend wurde die Umsetzung eher heuristisch beurteilt und als nicht gewinnbringend bewertet. In Interview 5 beschrieb die Lehrkraft „leider keine Zeit mehr“ zu haben am Ende des Schuljahres, und zuvor waren die „Enzyme schon weg“ als sie aus einer krankheitsbedingten Pause zurückgekommen sei (Interview 5, Z. 38ff). Zudem erwähnte sie das unterschiedliche Interesse der Schüler\*innen in ihrem Kurs am Fach Biologie, was als nicht gewinnbringende Bewertung zumindest für einen Teil der Schüler\*innen gedeutet werden kann (Interview 5, Z. 61). Lehrkraft 6 gab an, dass ihr der „Freiraum [fehlte], das war das eigentlich das hauptsächliche Problem“, weshalb das Experiment nicht eingesetzt worden sei (Interview 6, Z. 45ff). Zudem argumentierte sie, dass das Phänomen zu „banal“ sei und es dann vermutlich nicht zu einer „akkuraten“ Vorgehensweise beim Experimentieren käme (Interview 6, Z. 112ff), und äußerte Zweifel, ob die Schüler\*innen fachlich tatsächlich etwas lernen würden (Interview 6, Z. 121f). Damit fand eine Bewertung als nicht gewinnbringend statt. Da die Beschreibung zuvor nicht sehr elaboriert, sondern eher von Unsicherheiten geprägt war (Interview 6, Z. 45, 80ff, 101), wurde von einer heuristischen Auseinandersetzung ausgegangen. In Interview 10 gab die Lehrkraft an „es einfach mal durchführen“ zu müssen, um konkrete Wünsche für die Umsetzung äußern zu können (Interview 10, Z. 90). Dies zeigte eine nicht sehr tiefe Auseinandersetzung mit dem Experiment. In Interview 11 sprach die Lehrkraft von einer „leichteren Art und Weise“ des Experiments, die es den Schüler\*innen vielleicht ermöglichen würde, dem Experiment zu folgen (Interview 11, Z. 124). Aus dieser Aussage wird eine Bewertung als nicht gewinnbringend, bzw. zu schwierig für den Einsatz ersichtlich. Aufgrund der vorangegangenen Argumentation, dass die Auswertung für die Lehrkraft ebenfalls schwierig sei, wurde eine heuristische Auseinandersetzung erkennbar (Interview 11, Z. 89ff). Die Lehrkraft in Interview 7 bewertete das Experiment nicht als gewinnbringend (Interview 7, Z. 64ff):

„dieser Riesenrattenschwanz, den das nach sich gezogen hat mit der Auswertung. Ich finde diese Auswertung ist super wichtig. Die gibt super viele Informationen her, auch

Softskills. [...] Das Handling für eine 12. Klasse oder sogar noch weiter drunter, fand ich allerdings unfassbar schwierig, unfassbar aufwendig, [...] Und da hat sich mir dann die Frage nach Kosten-Nutzen gestellt. [...]"

Da sie jedoch selbst bereits Probleme bei der Nutzung von Excel beschrieben hatte (Interview 7, Z. 102), war diese heuristische Bewertung die logische Schlussfolgerung. Die Lehrkraft in Interview 8 bewertete den technischen Aufwand des Medieneinsatzes als so hoch, dass eine Umsetzung nicht angestrebt werde, da „bis der Letzte dann kapiert hat, wie es geht [...] die Stunde schon fast vorbei“ ist (Interview 8, Z. 113f). Lehrkraft 13 bewertete den Umfang des Experiments als zu groß und wägte die Thematik der Enzymatik gegen die Thematik der Nachhaltigkeit ab, welche sie bevorzugte (Interview 13, Z. 36, 42). Damit entschied sie sich gegen die Implementation, da das Experiment für sie nicht gewinnbringend genug war.

Lehrkraft 9 zeigte keine Auseinandersetzung, da sie aktuell nicht unterrichtete und somit nicht vor der Entscheidung der Implementation stand.

### Implementiert/ Umsetzung

Die Implementation außerhalb des Experiments wurde von den Lehrkräften unterschiedlich beschrieben. Eine Lehrkraft gab an, nur den theoretischen Rahmen des Experiments implementiert zu haben (Interview 7, Z. 17ff). Eine Lehrkraft gab an, verstärkt Experimente im Unterricht einzusetzen (Interview 11, Z. 174). Eine Lehrkraft beschrieb das Experimentieren mit Alltagsphänomenen als Zugewinn nach der Fortbildung (Interview 6, Z. 191), wozu digitale Medien einfach genutzt werden könnten (Interview 6, Z. 201ff). Hinsichtlich digitaler Medien gaben mehrere Lehrkräfte an, ihr unterrichtliches Handeln nach der Fortbildung verändert zu haben, z.B. dass mehr Filme im Unterricht eingesetzt (Interview 13, Z. 87ff) oder indem mehr Materialien über Teams zur Verfügung gestellt würden (Interview 10, Z. 108). Zudem scheint die Hemmschwelle, digitale Medien einzusetzen, reduziert worden zu sein, was sich in Aussagen wie: „Hey, die können allein auch mit ihrem Handy mehr machen“ (Interview 11, Z. 179f), „Digitalisierung ist nicht ein Hexenwerk“ (Interview 10, Z. 105f) oder „nicht immer eigentlich mit so einem Riesenaufwand“ (Interview 6, Z. 184) widerspiegelt. Videos werden hinsichtlich eines inklusiven Unterrichts nicht mehr zwangsläufig in der Gruppe angesehen, sondern den Schüler\*innen selbst überlassen, wie oft sie das Video sehen möchten (Interview 10, Z. 113f). Lehrkraft 5, 8 und 12 gaben an, keine Veränderungen des eigenen Unterrichts festgestellt zu haben.

### Zusammenfassende Betrachtung der Nicht-Implementationswege

Betrachtet man nun die Interviews einzeln in den ausgewerteten Kategorien, können sie durch markante Fundstellen dem Modell der Implementierung fachdidaktischer innovativer materialgestützter Unterrichtskonzeptionen nach Breuer et al. (2022) zugeordnet werden. Zunächst

fällt auf, dass für die Interviews 9 und 13 kein Bedarf festgestellt werden konnte, da Lehrkraft 9 in Elternzeit war und Lehrkraft 13 selbst angab, keinen Bedarf aufgrund fehlender Passung zu sehen. Die anderen Lehrkräfte äußerten hingegen alle Barrieren/ Stress oder Bedenken hinsichtlich der Implementierung. Die Lehrkräfte 5, 7, 8, 11 und 12 äußerten eine Intention, das Experiment einzusetzen, bzw. im Fall von 7 und 8 einen Nutzen im Experiment zu sehen. Allein Lehrkraft 12 versicherte glaubhaft, alle nötigen Fähigkeiten zu besitzen, um das Experiment in den Unterricht zu implementieren, was sich in einer systematischen Auseinandersetzung zeigte. Da sie jedoch das Experiment (noch) nicht als gewinnbringend beurteilte, erfolgte keine Umsetzung. Die Lehrkräfte 5, 7, 8 und 11 hingegen zeigten jeweils nicht genug Fähigkeiten oder Möglichkeiten, weshalb es zu einer heuristischen Auseinandersetzung mit dem Experiment kam. Die Lehrkräfte 6 und 10 setzten sich ebenfalls heuristisch auseinander, wobei keine klaren Hinweise darauf vorhanden waren, ob dies aus mangelnder Motivation oder Fähigkeit/ Möglichkeit geschieht, da die Motivation nicht kodiert werden konnte. Zusammen mit Lehrkraft 13, die ebenfalls eine heuristische Auseinandersetzung zeigte, kamen die Lehrkräfte 5, 6, 7, 8, 10 und 11 zu einer nicht gewinnbringenden Einschätzung der Umsetzung, womit eine Nicht-Implementation einher ging. Die Wege der einzelnen Lehrkräfte sind in Abbildung 90 dargestellt:

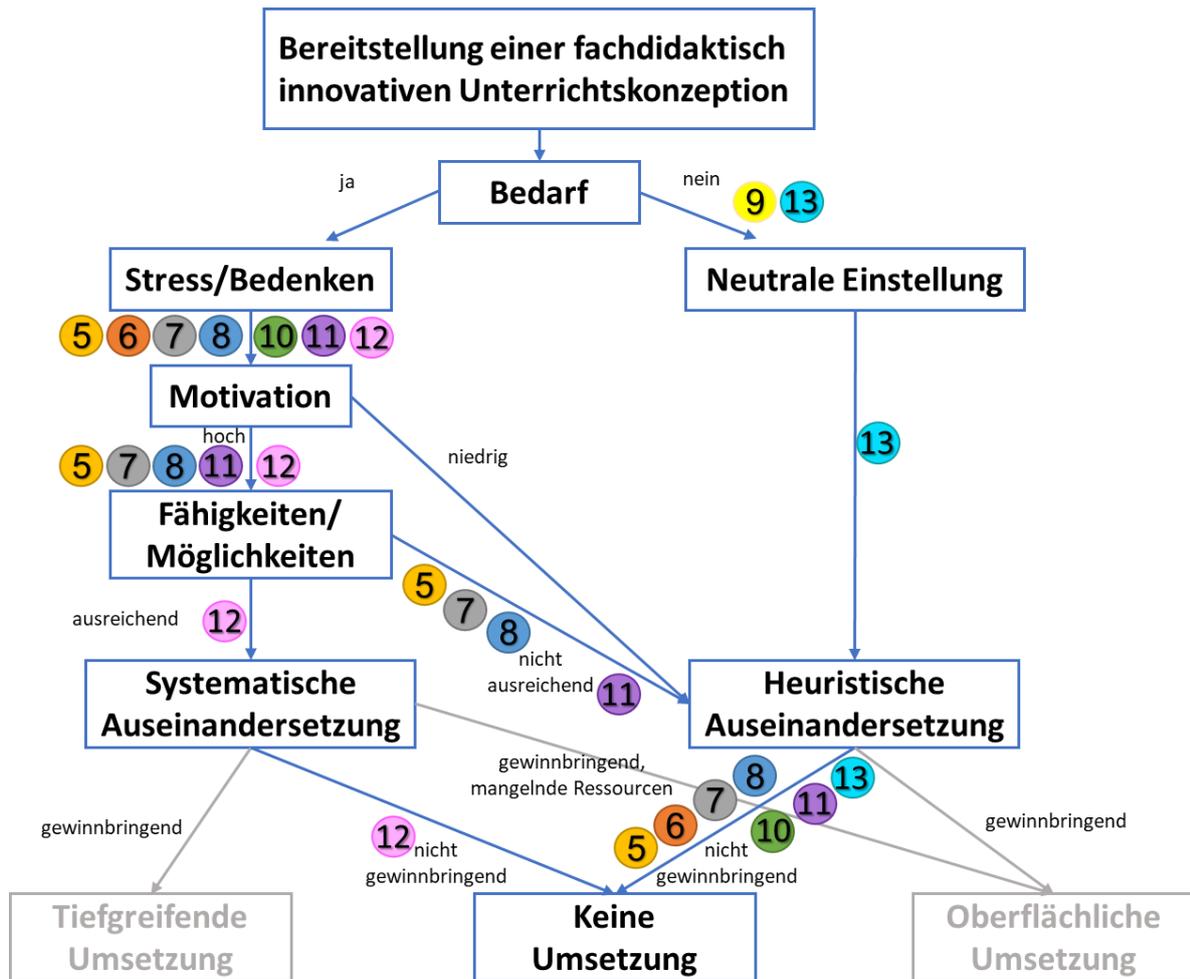


Abbildung 90 Entscheidungswege bei Nicht-Implementation  
(eigene Darstellung, Modell nach Breuer et al. 2022)

Die Kreise stellen die Interviews 5-13 und deren Platzierung markante Fundstellen in den Texten dar.

## 7.4 Diskussion

### 7.4.1 Methodische Diskussion

Folgende methodische Limitationen müssen für die Hauptstudie beachtet werden: Die Teilnahme an der Fortbildung war für alle Biologielehrkräfte an Gymnasien und Fachoberschulen in Bayern ausgeschrieben. Die Stichprobe erweiterte sich um einige interessierte Lehrkräfte, die ebenfalls die Sekundarstufe, aber an anderen Schularten wie Realschule oder Montessorischule unterrichteten. Die Teilnahme an der Begleitforschung war ebenfalls freiwillig für die Lehrkräfte. Dies könnte sich in den Ergebnissen niederschlagen, da gegebenenfalls nur Personen an der Studie teilnahmen, die besonders positiv zu den Themen Inklusion und Digitalisierung eingestellt waren. Insgesamt ist es möglich, dass nur Personen, die die Thematiken Experimentieren, Digitalisierung und Inklusion als wichtig für ihren Unterricht erachteten, an der Fortbildung und somit an der Studie teilgenommen haben. Durch die Freiwilligkeit der Begleitforschung kommt hinzu, dass kein vollständiger Datensatz zu allen Teilnehmenden vorliegt. Auch konnten einige Posttests keinem Prätest eindeutig zugeordnet werden, weshalb die Studienstichprobe insgesamt nur ca. ein Drittel der Teilnehmer\*innen der Fortbildung umfasst. Da die Fortbildung als Webinar stattfand, ist es nicht möglich zu garantieren, dass alle Teilnehmenden auch die gesamte Zeit über anwesend waren. Es ist möglich, dass die Teilnehmenden sich während der Inputphasen anderweitig beschäftigt haben, entweder am PC oder in der Umgebung, in der sie sich befanden. Es bestand auch kein Zwang, die Kamera anzuschalten, was diese Problematik verstärkt. Wenige Teilnehmer\*innen wurden dabei auch beobachtet. Da jedoch die Begleitforschung pseudonymisiert erhoben wurde, können entsprechende Personen nicht aus dem Datensatz ausgeschlossen werden. Ebenfalls ist eine Verzerrung der Ergebnisse durch die Fortbildnerin möglich. Es wurden insgesamt 18 Fortbildungstermine angeboten, die sich zwar gleichmäßig und abwechselnd über die Ausprägungen verteilten, aber dennoch auch von der Tagesform der Fortbildnerin abhängig waren. Ebenfalls ist trotz strenger Kontrolle und immer gleichen Materialien nicht auszuschließen, dass sich die Fortbildung im Laufe des Erhebungszeitraums verändert hat.

Die Messdaten wurden zunächst probabilistisch ausgewertet, um die kategorialen Antworten auf Persönlichkeitsmerkmale wie die Fähigkeit der Person beziehen zu können. Hierzu wurde ein Rasch-Modell für mehrstufige Antwortskalen gewählt, da es sich um ein sparsames Modell mit ausreichender Aussagekraft handelt und dieses für kleine Stichproben geeignet ist (Boone et al., 2014). Der Vorteil der Raschmodellierung ist der Einbezug der Itemschwierigkeiten in die Ergebnisse. So werden Personenfähigkeiten und direkt vergleichbare Itemschwierigkeiten erhalten. Die berechneten Fähigkeiten sind dabei metrisch skaliert und können für weitere

Berechnungen in metrischen Verfahren eingesetzt werden. Für die Raschmodellierung mussten einige Voraussetzungen der Daten erfüllt werden. Eine Unidimensionalität wird theoretisch begründet für die Konstrukte (Skalen) angenommen, sowie die Zugehörigkeit der Items zu den festgelegten Skalen. Dieses Vorgehen verhindert beispielsweise den Einsatz von explorativen Faktorenanalysen über mehrere Konstrukte hinweg. Auch sind die berechneten Personenfähigkeiten nur bedingt vergleichbar unter den Skalen. Dazu werden für Prä-Post-Vergleiche Itemschwierigkeiten geankert, um die Vergleichbarkeit herstellen zu können. Vergleiche von ungeankerten Skalen sind nicht zulässig, da die gemeinsame Eichung fehlt. Auch können klassische Kennwerte nur bedingt berechnet werden, was zu einer schlechteren Vergleichbarkeit der Ergebnisse mit anderen Studien führt. Die genauen Vorgaben sind im Kapitel Material und Methoden beschrieben. Das Vorgehen bei den jeweiligen Skalen ist im Kapitel Skalenanalyse beschrieben. Die Skalen Einstellung zu Inklusion, TK, TPK und DILAS erfüllten erst nach dem Entfernen unerwarteter Antworten von Teilnehmer\*innen die Voraussetzungen für die Berechnung. Das Entfernen einzelner Antworten und nicht ganzer Personen hat den Vorteil, möglichst wenig Informationen zu verlieren, Ausreißer zu identifizieren und den bereits kleinen Datensatz nicht unnötig zu schmälern (Boone et al., 2014). Dieses Vorgehen ist nötig, um ein gültiges Raschmodell berechnen zu können. Die durchgeführten DIF-Analysen, um einen fairen Vergleich von Prä- und Posttest durchführen zu können, führten bei den Skalen TPACK und DILAS dazu, dass jeweils ein Item nicht geankert werden konnte. Dieses Vorgehen ermöglicht es, die unterschiedlich messenden Items zu identifizieren und eine Verzerrung der Daten zu vermeiden (Boone et al., 2014). Beim Anlegen des Online-Fragebogens wurde die Skala TPACK versehentlich mit einer 5-stufigen Likert-Skala angelegt und nicht wie das Original und alle anderen Selbstwirksamkeitsskalen mit einer 6-stufigen Skala. Durch die Raschskalierung fällt dieser Fehler nicht ins Gewicht, da nicht mit Mittelwerten gerechnet wird und ein Vergleich unter den Skalen in dieser Studie nicht stattfand. Online-Erhebungen bergen zudem die Gefahr, dass Ankreuzmuster nicht sofort erkannt werden können.

Die raschskalierten Personenfähigkeiten wurden anschließend für Analysen genutzt. Dabei zeigten sich Ausreißer in den Daten. Diese wurden im Datensatz belassen, da die Daten zuvor raschskaliert und Ausreißer bereits entfernt wurden. Die Clusterbildung anhand der Perzentile ist erfolgt in einer Drittelteilung. Es hätten auch andere Teilungen gewählt werden können. Da die Stichprobe jedoch relativ klein ist und keine sehr starken Wanderungen zu erwarten waren, wurde die Drittelteilung gewählt (Bortz & Schuster, 2010).

Für die Inferenzstatistik wurde die Methode der MANOVA gewählt. Um eine MANOVA rechnen zu dürfen, müssen ebenfalls mehrere Voraussetzungen erfüllt sein. Die Daten sollten (multivariat) normalverteilt vorliegen, was in dieser Studie nur bedingt zutraf. Da es bereits Befunde

über die Robustheit bei Verletzung der Normalverteilung gibt, wurde diese Verletzung hingenommen (Finch, 2005). Ähnlich verhält es sich mit der Linearität der Skalen zueinander. Da die Stichproben sehr klein sind, fallen untypische Personenfähigkeiten bei der Prüfung der Voraussetzungen stärker ins Gewicht. Dies liegt an der Gewichtung der einzelnen Person, die in einer kleinen Gruppe deutlich größer ist als in einer großen Gruppe.

Bei der Follow-Up-Studie sind folgende Limitationen zu beachten: Die Durchführung der Interviews erfolgte auf freiwilliger Basis. Die Lehrkräfte meldeten sich aufgrund eines Mailaufrufs, der an alle Teilnehmenden des Webinars ging. Es meldeten sich 13 Personen, deren Interviews in der Auswertung alle berücksichtigt wurden. Dennoch ist es möglich, dass sich vermehrt Lehrkräfte freiwillig gemeldet haben mit einem persönlichen Bezug zur Fortbildnerin, die besonders positive Erinnerungen an die Fortbildung hatten oder die sich anderweitig verpflichtet fühlten. Einige Lehrkräfte kamen auch mit konkreten inhaltlichen Fragen in die Interviews. Auf die Anzahl der Lehrkräfte, die das Experiment tatsächlich implementiert haben, kann daher nicht geschlossen werden, da es sich um keine repräsentative Zufallsstichprobe handelt. Bei der Auswertung der Interviews wurde die fokussierte Inhaltsanalyse nach Kuckartz (2020) gewählt. Die Codierung sollte nach dieser Methode mit dem Programm MAXQDA erfolgen. Dies war aufgrund unüberwindbarer technischer Hürden jedoch nicht möglich. Die Interviews wurden von nur einer Person per Hand ausgewertet, weshalb keine Validitätswerte durch das Programm ermittelt werden konnten. Da nur eine Person ausgewertet hat, ist es zudem nicht möglich, die Interraterreliabilität zu bestimmen. Die Auswertung erfolgte abgesehen von den genannten Punkten wie von Kuckartz (2020) vorgeschlagen. Bei der Auswertung fiel auf, dass nicht alle Lehrkräfte direkt nach ihrer Intention, das Experiment einzusetzen, gefragt wurden, daher war die Zuordnung zum Modell nach Breuer et al. (2022) nicht in allen Fällen lückenlos möglich. Da die Interviews via Zoom geführt wurden, war die Tonqualität an manchen Stellen nicht ausreichend und einzelne Wörter waren unverständlich.

#### **7.4.2 Inhaltliche Diskussion**

Zusammenfassend lassen sich die folgenden Hauptergebnisse beschreiben: Die systematische Variation des Wissens in der Instruktionsphase zeigte keinen Unterschied in den Einstellungen oder Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte. Die Einstellung zur Inklusion blieb über die Intervention hinweg stabil, während sich die Einstellung zur Digitalisierung verbesserte. Bei der Einstellung zur Inklusion waren die Fragen zur sozialen Inklusion deutlich leichter zu bejahen als die Fragen zur angemessenen Förderung. Im Posttest trat eine Korrelation zwischen der Einstellung zu Inklusion und der Einstellung zu digitalen Medien auf, die im Prätest nicht vorhanden war. Zwischen den Einstellungen und den Selbstwirksamkeitserwartung

bestanden insgesamt nur schwache Korrelationen. Die Entscheidungsfindung zur Implementation der Fortbildungsinhalte in den Unterricht war stark von den Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkraft in Bezug auf den Einsatz digitaler Medien und in Bezug auf die Klassenführung beim Experimentieren abhängig.

### Skalenbetrachtung

Bei Betrachtung der Skala Einstellung zu Inklusion (Kunz et al., 2010) fällt auf, dass die Zustimmung zu Items, die sich mit sozialer Inklusion befassen, deutlich größer ausfiel als die Zustimmung zu den Items, die sich mit dem Konstrukt der Beschulung und Unterstützung auseinandersetzen (Weidenhiller et al., 2024). Diese beiden Komponenten wurden auch von Kunz et al. (2010) berichtet, jedoch ohne Berücksichtigung der Itemschwierigkeit. Die Hierarchie blieb auch bei der ungeankerten Posttestanalyse bestehen, was für stabile Konstrukte in der Einstellung der Lehrkräfte spricht. Die Kennzahlen der Skala waren zu beiden Messzeitpunkten sehr gut, was auf eine prinzipielle Passung zur Stichprobe schließen lässt (Boone et al., 2014).

Die Einstellung der Lehrkräfte zu digitalen Medien (Vogelsang et al., 2019) lag bereits im Prätest deutlich über der mittleren Itemschwierigkeit, was bedeutet, dass die Lehrkräfte bereits vor der Fortbildung eine sehr hohe Einstellung zu digitalen Medien hatten. Außerdem erschwert dieses schlechte Targeting eine präzise Abbildung der tatsächlichen Fähigkeiten der Lehrkräfte, da weite Schwierigkeitsbereiche nicht abgedeckt sind. Konkret gab es im Prätest bereits viele Lehrkräfte, die im oberen Bereich der Fähigkeit lagen und die somit ohne weitere Differenzierung nur als sehr gut oder sehr positiv eingestellt beschrieben werden können (Boone et al., 2014). Der Effekt ist jedoch gering genug, dass kein Deckeneffekt vorliegt und die Raschskalierung somit gültig ist. Trotzdem schlägt er sich in Form einer unter dem gewünschten Wert liegenden Reliabilität und Separation nieder (Boone et al., 2014). Der Effekt verstärkt sich im Posttest (geankert und ungeankert) durch die Verbesserung der Einstellung, da nun noch mehr Lehrkräfte im unaufgeklärten Bereich der Skala lagen. Mit begünstigt kann dieser Effekt durch die nur 4-stufige Likert-Skala sein, die aus dem Original von Vogelsang et al., 2019 übernommen wurde. Am leichtesten fiel es den Lehrkräften, eine Verflachung des Unterrichts durch digitale Medien zu verneinen, wohingegen die Einschätzung als effiziente Lernform als am schwierigsten wahrgenommen wurde. Die Lehrkräfte gingen entsprechend weder von einem pauschalen Niveauverlust, noch von einem Niveauzugewinn an Unterrichtsqualität beim Einsatz digitaler Medien aus. Dieser Befund passt in die aktuelle Forschungslage, dass der Einsatz digitaler Medien nicht unreflektiert geschehen sollte, um einen Lerneffekt für die Schüler\*innen zu erzielen (Nerdel & von Kotzebue, 2020). Durch den großen unaufgeklärten Bereich der Skala im oberen Niveau kann keine qualitative Aussage über das, was die Lehrkräfte in der Fortbildung gelernt haben, getroffen werden.

Die Skala TK (Graham et al., 2009) wurde erfolgreich um weitere Items ergänzt, die wie erwartet den schwierigen Bereich der Skala abdecken. Die Ergänzungen waren nötig, da der technische Fortschritt seit Entstehung der Skala neue digitale Medien und Tools für den Unterricht zugänglich und die Auseinandersetzung mit ihnen notwendig macht. Als Beispiel seien hierzu Shared Documents und das Erkennen von künstlicher Intelligenz genannt. Die übernommenen Items der Skala lagen alle ab der mittleren Personenfähigkeit abwärts auf der Wright-Map (siehe Abbildung 42), was bedeutet, dass mehr als die Hälfte der Lehrkräfte diese Items mit über 50% Wahrscheinlichkeit als einfach eingestuft haben. Diese Verteilung blieb auch im ungeankerten Posttest konstant, was für stabile Konstrukte spricht. Die Kennwerte der Skala waren sehr gut, was für eine gute Passung zur Stichprobe und für eine gute Aussagekraft über die Fähigkeiten der Personen spricht (Boone et al., 2014).

Die Skala TCK beschäftigt sich im Original von Graham et al. (2009) inhaltlich mit der digitalen Unterstützung von naturwissenschaftlichen Prozessen. Die Skala wurde um digitale Alternativen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten ergänzt. Die Alternativen wurden dabei von den Lehrkräften als am leichtesten eingestuft, wobei die Skala insgesamt noch schwierig für die Lehrkräfte zu sein schien, da alle Items in ihrer Schwierigkeit über der mittleren Personenfähigkeit lagen. Ein möglicher Grund dafür, dass vor allem die übernommenen Items als sehr schwierig empfunden wurden, könnte sein, dass es zu einer doppelten Belastung kommt, wenn eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise nicht ersetzt, sondern als forschungswissenschaftlicher Ansatz durch digitale Medien ergänzt werden soll. Dieser Befund deckt sich mit der Beobachtung von Graham et al. (2009), die feststellten, dass die TCK-Skala deutlich weniger Verbesserung nach einer Intervention zeigte als beispielsweise TK und TPK. Sie begründen diesen Befund damit, dass sich die Lehrkräfte nicht so sicher fühlten im Umgang mit Forschungsmethodik wie im Umgang mit für den Unterricht konzipierten Technologien (ebd.). Auch muss an dieser Stelle kritisch betrachtet werden, ob die ergänzten Items tatsächlich dem TCK-Bereich entsprechen oder nicht eher TK zugeordnet werden sollten, da die Verwendung von Alternativen zum naturwissenschaftlichen Arbeiten gegebenenfalls von den Lehrkräften als TK interpretiert und somit banalisiert werden könnten. Beispielsweise könnte eine Alternative zum Beobachten als der Einsatz eines Videos im Unterricht interpretiert werden anstatt eine Live-Beobachtung gegen die Interpretation von wissenschaftlichen Videoaufnahmen abzuwägen. Da die Skala TK jedoch Items enthält, die sich rein mit den technischen Fähigkeiten auseinandersetzen, wurde entschieden, diese Items der TCK-Skala zugeordnet zu lassen. Diese Aspekte sollten jedoch bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Die Selbsteinschätzung der Lehrkräfte auf der TPK-Skala zeigt deutlich, dass Maßnahmen für den inklusiven Unterricht wie das digitale Differenzieren von Aufgaben als schwieriger wahrgenommen wurden als ein Einsatz digitaler Medien beispielsweise um Schüler\*innen kognitiv

zu aktivieren. Dabei kommt es auf die Interpretation der Items durch die Lehrkräfte an: Setzen Lehrkräfte bereits häufiger digitale Medien selbst ein und sprachen diesen eine kognitive Aktivierung der Schüler\*innen zu, so fiel es leichter, dieses Item zu bejahen als wenn der Einsatz bisher nicht so bekannt/ geübt war, zum Beispiel um zu differenzieren. Bei den Items zum inklusiven Unterricht handelt es sich dabei um die zur Skala von Graham et al. (2009) neu hinzugefügten Items. Die Kennwerte der Skala lassen auf ein valides Instrument schließen. Die Bandbreite an Personenfähigkeiten kann damit gut dargestellt werden (Boone et al., 2014).

Die TPACK-Skala beschäftigt sich mit dem Ermöglichen des naturwissenschaftlichen Arbeitens für alle Schüler\*innen. Dabei geht es in den im Mittelfeld liegenden Items darum, Schüler\*innen bei digitalen Tätigkeiten, z.B. bei der Datenauswertung oder beim Erstellen von Modellen, zu helfen. Leichter als das Helfen wurden Items eingeschätzt, die keine Schüler\*innen enthielten; als schwieriger die zur Skala von Graham et al. (2009) hinzugefügten Items, die das Wording „alle Schüler\*innen“ enthalten oder explizit Schüler\*innen mit besonderen Bedürfnissen adressieren. Diese Hierarchie veränderte sich im Posttest: Es zeigte sich ein DIF in dem Item, welches sich mit dem Helfen bei der wissenschaftlichen Datenauswertung beschäftigt. Im Prätest war dieses Item an drittleichtester Stelle, im Posttest hingegen rutschte es auf die zweitschwierigste Position. Dieser DIF kann erklärt werden durch die intensive Auseinandersetzung der Lehrkräfte in der Fortbildung mit dem Programm Excel zur Datenauswertung. Es könnte eine Fehleinschätzung der eigenen Kompetenz im Prätest vorliegen, welche nach der Fortbildung angepasst wurde. Solche falsch positiven Einschätzungen könnten von einer falschen oder lediglich oberflächlichen Vorstellung der Tätigkeit kommen.

Die DILAS-Skala beschäftigt sich ebenfalls mit einem TPACK-Konstrukt (Mishra & Koehler, 2006). Dabei werden jedoch explizit Aspekte der Heterogenität auf der einen und Aspekte der Digitalität auf der anderen Seite durchdekliniert. Je stärker digitale Medien in den naturwissenschaftlichen Unterrichtsprozess eingreifen oder je expliziter Heterogenität beschrieben wird, desto schwieriger wurde das Item eingestuft (Weidenhiller et al., 2024). Dieser Befund deckt sich mit der Beobachtung, dass Lehrkräfte eine erhöhte Ängstlichkeit mit steigender Schwere der Behinderung bei Schüler\*innen aufweisen (Avramidis & Norwich, 2002; Scholz et al. 2010). Der DIF im leichtesten Item ist bemerkenswert: Das Item adressiert das naturwissenschaftliche Arbeiten in heterogenen Klassen ohne den Einsatz digitaler Medien. Es wurde im Prätest als leichtestes Item eingestuft. Seine Position veränderte sich jedoch im Posttest um fast 2 Logits in Richtung schwieriger. Das Item, welches sich mit dem Einsatz digitaler Medien in homogenen Klassen beschäftigt, wurde im Posttest als leichter empfunden. Ebenso verhielt sich das Item zur Nutzung digitaler Medien als Anleitung in heterogenen Klassen beim naturwissenschaftlichen Arbeiten. Diese Differenz zeigt, dass die Lehrkräfte den Umgang mit heterogenen Klassen vor der Fortbildung als leichter empfanden als den Umgang mit digitalen Medien und

sich dieses Bild nach Besuch der Fortbildung umkehrte. Die eigene Hands-on-Erfahrung könnte dabei eine Rolle gespielt haben und dass der Unterricht in der Fortbildung nicht ausprobiert werden konnte (Wahl, 2006).

### Korrelationen

Alle Skalen, die sich mit der Einschätzung der Selbstwirksamkeit der TPACK-Dimensionen (Mishra & Koehler, 2006) beschäftigen, korrelierten sowohl im Prätest als auch im Posttest stark miteinander. Das deckt sich mit den Befunden von Graham et al. (2009), die ebenfalls hohe Korrelationen zwischen den Konstrukten fanden. Graham et al. (2009) argumentieren dabei auch, dass die TK-Komponente die Grundlage für alle weiteren Komponenten darstelle und entsprechend eine enge Verflechtung der Skalen nahelege. Die Korrelation der TPACK-Skalen zur neu konzipierten DILAS-Skala ist ebenso erwartungsgemäß, da es sich um das gleiche Konstrukt, jedoch expliziert auf heterogene Lerngruppen handelt. Zwischen den Einstellungen und der Selbstwirksamkeitserwartung bestanden insgesamt nur schwache Korrelationen. Diese wurden als stärker angenommen, da in den TPACK-Skalen sowohl die Themen Inklusion, als auch noch deutlicher digitale Medien verankert sind. Diese schwachen Korrelationen sprechen jedoch für separate Konstrukte von Einstellung und Selbstwirksamkeit. Diese Trennung in Einstellung und Selbstwirksamkeit kann nur bedingt mit anderen Studienergebnissen erklärt werden. Für den Bereich Digitalisierung zeigen Mayer et al. (2021), dass eine Steigerung der TPACK-Selbsteinschätzung nicht zwangsläufig mit einer Verbesserung der Akzeptanz von digitalen Medien einhergeht, was für die in dieser Studie gefundene niedrige Korrelation von TPACK, bzw. TPK zur Einstellung zu digitalen Medien spricht. Auch Vogelsang et al. (2019) zeigen in ihren Pfadmodellen keine Verbindung zwischen der Selbstwirksamkeit und der Einstellung auf. Endberg und Lorenz (2017) zeigen jedoch eine Korrelation zwischen Einstellung und Selbstwirksamkeit zum Einsatz digitaler Medien. Ebenso werden für den Inklusionsbereich positive Zusammenhänge zwischen Einstellung zu Inklusion und Selbstwirksamkeitserwartung für inklusives unterrichtliches Handeln berichtet (z.B. Sharma & Jacobs, 2016), was in der vorliegenden Studie nicht bestätigt wurde. Hier könnte der Fall vorliegen, dass in der Studie zu allgemeine Einstellungen zu Inklusion auf der einen Seite und zu konkrete Tätigkeiten im Bereich der Selbstwirksamkeit betrachtet wurden (Graf, 2007). Trifft dies zu, hätten die Lehrkräfte die Inhalte der Fortbildung nicht auf die Konstrukte in der Einstellungsskala übertragen. Die Korrelation zwischen den Skalen Einstellung zu Inklusion und Einstellung zu digitalen Medien traten erst im Posttest auf. Ein Erklärungsansatz könnte sein, dass die beiden Themen Inklusion und digitale Medien nicht mehr losgelöst verstanden wurden wie vor der Intervention, sondern dass sie nun stärker miteinander verbunden gedacht wurden und gegebenenfalls vernetztes Wissen aufgebaut wurde (Weidenhiller et al., 2024). Dies bleibt allerdings unüberprüft.

## Wirksamkeit der Fortbildung

Um der Frage nach der Wirksamkeit einer Lehrkräftefortbildung, die inklusive Inhalte zum naturwissenschaftlichen Arbeiten vermittelt, zu klären, wurden die Veränderungen der Lehrkräfte in ihren Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung im Prä-Post-Vergleich über alle Gruppen hinweg gemessen. Es zeigten sich signifikante Verbesserungen in der Einstellung zu digitalen Medien und in der Selbstwirksamkeitserwartung in den Bereichen TCK, TPK, TPACK und DILAS. Die Einstellungen zu Inklusion und die Selbstwirksamkeitserwartung in der Skala TK blieben statistisch unauffällig.

Dass keine signifikante Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte in der Skala TK zu beobachten war, ist nicht weiter verwunderlich. Die Lehrkräfte schätzten sich bereits im Prätest relativ hoch ein (positives Targeting) und die neuen Items blieben im Posttest konstant schwierig. Da die Lehrkräfte sich in der Fortbildung mit konkreten digitalen Tools und Medien beschäftigen und eine Steigerung erwartbar gewesen wäre, zeigt sich hieran, dass die Skala nicht passgenau für die Fortbildung war. Die beschriebenen Tätigkeiten matchen nicht mit den Tätigkeiten in der Fortbildung. So wurden beispielsweise shared documents verwendet und besprochen, jedoch das eigene Erstellen dieser nicht trainiert. Ebenso wurde mit neuen Programmen wie den Apps zur Farbmessung gearbeitet, der Umgang wurde aber nicht selbst erarbeitet wie in der Skala formuliert, sondern angeleitet. Weit mehr als die Hälfte der Personen veränderten ihr Cluster nicht, was den Befund unterstützt, dass die Skala nicht passend zur Intervention gewählt wurde. Graham et al. (2009) beschreiben eine hohe Einschätzung in der TK-Skala als Grundlage für die anderen TPACK-Domänen. In ihrer Studie belegten sie auch die größte Steigerung der Selbsteinschätzung in diesem Bereich (Graham et al., 2009). Für die vorliegende Studie kann dieser Zusammenhang nur über die bereits diskutierten Korrelationen belegt werden. Die Zunahme in den spezifischen TK-Bereichen, die für die anderen TPACK-Bereiche als relevant betrachtet werden können, wie der Umgang mit Smartphoneexperimenten, Teilen von Daten, Tabellenkalkulation wurden mit der hier verwendeten TK-Skala nicht gemessen.

Die signifikante Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte im Bereich TCK sagt aus, dass die Lehrkräfte sich nach der Fortbildung selbstsicherer fühlten im Umgang mit digitalen Medien beim fachpraktischen Arbeiten. Graham et al. (2009) berichten nach einer Intervention mit Grundschullehrkräften ebenfalls eine signifikante Verbesserung im TCK-Bereich. Insgesamt berichten Graham et al. (2009) jedoch auch, dass die TCK-Skala insgesamt schlechter eingeschätzt worden sei als die anderen TPACK-Domänen. Sie beziehen sich zum einen wie bereits diskutiert darauf, dass es den Lehrkräften schwerer falle, explizit für das naturwissenschaftliche Arbeiten entwickelte Technologien zu nutzen als für den Unterricht konzipierte Medien. Zum anderen stellen Graham et al. (2009) fest, dass die an der Studie

beteiligten Grundschullehrkräfte sich insgesamt sicherer einschätzen im Bereich des „teaching science“ als im Bereich des Betriebens naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen, welcher durch die Ausgestaltung der Skala TCK repräsentiert wird. Wie bereits diskutiert, besteht die Skala aus Items zur Ergänzung naturwissenschaftliche Arbeitsweise durch digitale Medien und aus Items, um diese gänzlich digital durchzuführen. In der Fortbildung wurde die Ergänzung des Experimentierens durch digitaler Medien explizit geübt: Beim Apfelexperiment wurden Messwerte digital mit dem Smartphone erfasst und geteilt. Lipowsky und Rzejak (2019, 2021) sprechen bei diesem Vorgehen von der Ermöglichung früher Erfolge. Das Messen mit der App wurde im Vorversuch geübt und somit der frühe Erfolg bei der Datenerhebung sichergestellt. Die digitale Alternative zum Realexperiment wurde in der Fortbildung nicht angesprochen. Die Clusteranalyse der Wanderungen der Personen lieferte keine eindeutige Aussage über die Verbesserung der Teilnehmer\*innen, da sich weniger als die Hälfte der Personen überhaupt zwischen zwei Clustern bewegte und die Verteilung von Verbesserung und Verschlechterung ausgewogen war.

Ebenfalls eine signifikante Verbesserung in der Selbstwirksamkeitserwartung zeigten die Lehrkräfte in der Skala TPK. Das bedeutet, dass die Lehrkräfte sich nach der Fortbildung sicherer fühlten im Anpassen an und Nutzen digitaler Medien für die Bedürfnisse der Schüler\*innen. Die Clusteranalyse bietet an dieser Stelle keine Erklärung für die Verbesserung der Einschätzung, da die Wanderungen ausgeglichen waren. In der Fortbildung wurde vor allem in der Gruppe integriert auf den Aspekt des Einsatzes digitaler Medien für die Bedürfnisse der Schüler\*innen eingegangen. Über alle Gruppen hinweg gab es jedoch Lerngelegenheiten, die dem Bereich TPK zugeordnet werden können. Dazu gehört die Diskussionsphase, in der sich die Lehrkräfte über Möglichkeiten zum Abbau von Barrieren durch den Einsatz digitaler Medien ausgetauscht haben. Durch dieses Vorgehen kann durch das konkrete Aufzeigen des Potentials des zielgerichteten Einsatzes digitaler Medien das Wirksamkeitserleben der Lehrkräfte, also die Herstellung eines Zusammenhangs zwischen Lehrkrafthandeln und Schüler\*innenlernen, gefördert werden (Lipowsky & Rzejak, 2021).

Eine hoch signifikante Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartung erzielten die Lehrkräfte in der Skala TPACK. Die Skala beschäftigt sich mit den verschiedenen Facetten von digital unterstütztem naturwissenschaftlichem Unterricht, und schließt dabei die Frage mit ein, wie Lernende dabei unterstützt werden können. Diese Facetten wurden in der Fortbildung nicht alle angesprochen, jedoch wurden einzelne Teilaspekte in der Fortbildung adressiert wie die Verwendung von digitalen Medien, um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Unterricht zu ermöglichen, die Unterstützung der Lernenden bei der digitalen Messwerterfassung oder bei der digitalen Datenauswertung. Diese wurden im Sinne des pädagogischen Doppel-

deckers (Wahl, 2006) umgesetzt. Entsprechend war die Verbesserung erwartbar, da die Lehrkräfte mit ähnlichen Herausforderungen wie später die Schüler\*innen konfrontiert wurden und somit Anknüpfungspunkte für mögliche Barrieren kennenlernten. Auch das Identifizieren von Barrieren und Diskutieren über die Möglichkeiten trägt zum TPACK der Lehrkräfte gezielt bei. Lipowsky und Rzejak (2019, 2021) sprechen an dieser Stelle von einer inhaltlichen Fokussierung, die es ermögliche, inhaltlich in die Tiefe zu gehen und dennoch das Schüler\*innenlernen zu berücksichtigen und weiter zu entwickeln.

Die Einschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung in der DILAS-Skala war nach der Fortbildung ebenfalls signifikant verbessert. Das bedeutet, dass die Lehrkräfte sich nach der Fortbildung im spezifischen Bereich des naturwissenschaftlichen Arbeitens mit digitalen Medien in heterogenen Klassen sicherer fühlten. Der gesamte Fortbildungstag war auf dieses Ziel ausgelegt, weshalb die Verbesserung sowohl erstrebenswert, als auch erwartbar war. Die Lehrkräfte haben das Experiment komplett und fachlich tief durchdrungen und selbst digital gestützt durchgeführt. Dabei haben sie Barrieren identifiziert und Handlungsstrategien unter Einbezug digitaler Medien erarbeitet. Die Herausforderungen, denen sich die Lehrkräfte dabei stellen mussten, waren sowohl in der Durchführung des Experiments immanent (Mattes, 2022), als auch durch den Einsatz digitaler Medien bedingt. Die Wanderungsbewegung der Clusteranalyse war in dieser Skala nicht aussagekräftig für die Verbesserung, da sich fast doppelt so viele Personen verschlechterten wie verbesserten. Die Verbesserung muss innerhalb der Cluster stattgefunden haben.

Insgesamt betrachtet zeigten die Lehrkräfte eine Verbesserung ihrer Selbstwirksamkeitserwartung in fast allen TPACK-Dimensionen (Weidenhiller et al., 2024). Wie bereits diskutiert ist die TK-Skala davon ausgenommen. Diese Verbesserung deckt sich nahezu mit den Befunden von Graham et al. (2009). Betrachtet man nur die TPACK-Komponenten als einzige Komponente des Modells, in der alle benötigten Wissensaspekte zusammenfließen, wie in neueren Studien üblich, so zeigen beispielsweise auch Mayer et al. (2021) eine signifikante Verbesserung der Selbsteinschätzung nach einer eintägigen Fortbildung. Die Hypothese H1, Die Lehrkräfte verbessern ihre Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen im zeitlichen Verlauf, kann entsprechend mit der Gültigkeit für alle Skalen außer TK angenommen werden, die Lehrkräfte verbesserten ihre Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen.

In der Einstellung zu Inklusion zeigte sich keine signifikante Veränderung von Prätest zu Posttest. Dazu zeigte die Clusteranalyse, dass lediglich 30% der Lehrkräfte ihr Cluster veränderten. Die restlichen Lehrkräfte stagnierten in ihrer Einstellung. Dieser Befund zeigt, dass diese Konstrukte durch die Fortbildung nicht verändert werden konnten. Da die Skala sich vor allem mit Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf auseinandersetzt, stellt sich die Frage,

ob aus Sichtweise der Zielgruppe die konkrete Einstellung zur Umsetzung von inklusivem Unterricht am Gymnasium gemessen wurde oder eher zugrundeliegende Überzeugungen abgefragt wurden. In Studien wie der von Miesera & Gebhardt (2018), die von einer Einstellungsverbesserung im Bereich der Inklusion berichten, wurde zumeist konkret auf die Inklusion von Schüler\*innen mit sonderpädagogischem Förderbedarf in den Interventionen eingegangen und diese somit spezifischer adressiert als die im Rahmen dieser Studie durchgeführte Fortbildung. Entsprechend war die Passung der Skala EZI (Kunz et al., 2010) nicht so passgenau wie anfangs vermutet. Die Hypothese H2, Die Lehrkräfte verbessern ihre Einstellung zu Inklusion im zeitlichen Verlauf, muss entsprechend abgelehnt werden, da die Lehrkräfte ihre Einstellung zu Inklusion nicht verbesserten.

Die signifikante Verbesserung der Einstellung zu digitalen Medien zeigt, dass die Gesamtgruppe nach der Fortbildung gegenüber dem Medieneinsatz im Unterricht positiver eingestellt war. Betrachtet man die Clusteranalyse, so zeigt sich, dass mehr als die Hälfte der Teilnehmer\*innen zwischen den Clustern gewandert sind. Von den gewanderten Teilnehmer\*innen verbesserten, bzw. verschlechterten sich wiederum jeweils die Hälfte. Die insgesamt signifikante Verbesserung kann dadurch erklärt werden, dass von den Teilnehmer\*innen, die sich im Cluster verbessert hatten, mehr Personen einen Sprung über das mittlere Cluster gezeigt haben, also eine Verbesserung vom unteren Drittel der Personenfähigkeit zum oberen Drittel der Personenfähigkeit stattfand, als umgekehrt. Die Verbesserung der Einstellung zu digitalen Medien nach der Fortbildung passt zur Annahme von Vogelsang et al. (2019), die die in der vorliegenden Studie verwendete Skala entwickelten und den Einfluss von Lernerfahrungen aus universitären Lehrveranstaltung bei Studierenden untersuchten. Vogelsang et al. (2019) erfassten als Lerngelegenheit im Studium unter anderem die Nutzung von Tabellenkalkulation, Messwerterfassung, Smartphoneexperimente und vieles mehr. In der Fortbildung gab es in allen drei Gruppen die Möglichkeit, entsprechende Lernerfahrungen mit dem Einsatz digitaler Medien zu machen. Die Fortbildung an sich war als Webinar konzipiert, es wurden entsprechend kollaborative Tools eingesetzt, um die Inhalte der Fortbildung zu erarbeiten, eine digitale Messwerterfassung beim Experimentieren von den Lehrkräften selbst durchgeführt und eine digitale Auswertung der Daten vorgenommen. Die Hypothese H3, Die Lehrkräfte verbessern ihre Einstellung zu digitalen Medien im zeitlichen Verlauf, kann somit angenommen werden, Lehrkräfte verbessern ihre Einstellung zu digitalen Medien nach der Fortbildung signifikant.

Diklusion zu fördern war das übergeordnete Ziel der Fortbildung. Die verbesserte Einstellung zu digitalen Medien und die verbesserte Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Bereichen (Mishra & Koehler, 2006) sind nach der Theory of Planned Behavior starke Prädiktoren für eine positive Handlungsintention (Ajzen & Fishbein, 2005), in diesem Fall konkret für den Einsatz digitaler Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht in heterogenen Klassen. Der

Ansatz Diklusion muss dabei jedoch differenziert betrachtet werden. Es kam nicht zu einer Verbesserung der Einstellung zu Inklusion nach der Fortbildung, insofern wäre ein Rückschluss auf die Intention der Lehrkräfte, inklusiven Unterricht im Sinne eines engen Inklusionsverständnisses zu gestalten, nicht tragbar. Stattdessen kann die Intention auf den Unterricht in heterogenen Klassen allgemein bezogen werden, da diese Annahmen des weiten Inklusionsverständnisses ebenfalls in den TPACK-Skalen immanent sind. Insgesamt lässt sich die Wirkung der Fortbildung somit auf den Einsatz digitaler Medien zur Unterstützung des naturwissenschaftlichen Arbeitens gezielt für heterogene Klassen im Sinne eines weiten Inklusionsverständnisses beschreiben. Diese These wird gestützt durch die Befunde der aktuellen Forschungslage zum Zusammenhang zwischen Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung mit der Handlungsintention im Bereich digitale Medien (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010; Vogelsang et al., 2019).

### Variation des Hintergrundfaktors Wissen

Für eine differenziertere Betrachtung der Förderung von Einstellung und Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrkräften zu diklusivem Unterricht wurde in dieser Studie der Hintergrundfaktor Wissen der Theory of Planned Behavior (Ajzen & Fishbein, 2005) herausgegriffen. Das Wissen einer Person beeinflusst allgemein deren Überzeugungen, beziehungsweise bildet die Grundlage dazu, sich mit einer Thematik systematisch auseinandersetzen zu können (ebd.). In Bezug auf den Einsatz digitaler Medien im Unterricht konnten bereits positive Zusammenhänge zwischen dem Wissen einer Person über digitale Medien und der Intention, diese in den Unterricht zu integrieren (Ertmer & Ottenbreit-Leftwich, 2010), und dem Wissen über Inklusion und der Selbstwirksamkeitserwartung von Lehrkräften belegt werden (Ahsan et al., 2013; Sharma et al., 2007). Das Professionswissen ist das für den Unterricht entscheidende Handlungswissen, welches nach dem TPACK-Modell (Mishra & Koehler, 2006) in den bereits beschriebenen Dimensionen dargestellt werden kann.

In der vorliegenden Studie wurden die TPACK-Dimensionen als Selbsteinschätzung der Selbstwirksamkeitserwartung verwendet. Es fanden keine Wissenstests im eigentlichen Sinne statt. Um jedoch einen differenzierteren Blick auf den Einfluss von Wissen auf die Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Professionswissensdimensionen zu erhalten, wurden drei Interventionsgruppen konzipiert, in denen die Wissenspräsentation systematisch variiert wurde. Die Gruppe Digitale Medien erhielt gezielt Informationen zum didaktischen Einsatz und zur Gestaltung von digitalen Medien, die bei der Diskussion des Experiments eingesetzt wurden. Ziel der Gruppe war es, diese so anzuwenden, dass während der Experimentalphase aufgetretene Barrieren anschließend reduziert wurden, also das neu erworbene Wissen anzuwenden. Die Integrationsleistung der Themen Digitalisierung und Inklusion musste selbst erfolgen, da den Lehrkräften nur ein Thema theoretisch fundiert präsentiert wurde. Die Gruppe

Inklusion hingegen erhielt gezielte Informationen zur inklusionsdidaktischen Gestaltung von Unterricht und Informationen über die rechtlichen Rahmenbedingungen, wobei die didaktischen Überlegungen ebenfalls bei der Barrierendiskussion zum Tragen kamen. Die Gruppe Integriert erhielt Informationen aus beiden Themenbereichen, welche systematisch verknüpft präsentiert wurden und in der Diskussionsphase angewandt werden sollten. Die Annahme des Einflusses auf die Einstellungen zu Inklusion und zu digitalen Medien begründet sich in der Theory of Planned Behavior (Ajzen & Fishbein, 2005). Auf dieser Theorie basiert auch die Annahme, dass sich das gezielte Vermitteln von Wissen differenziert auf die Selbstwirksamkeitserwartung in den TPACK-Dimensionen auswirkt. Dabei wurde angenommen, dass die Bereiche, die das pädagogische Wissen beinhalten, gezielt über die Vermittlung des Anwendungswissens im Inklusionsbereich gefördert werden können, sowie dass das Anwendungswissen zum Einsatz digitaler Medien vor allem in den Bereichen ohne pädagogisches Wissen zum Tragen kommt. Die Gruppe Integriert diente in diesem Setting als Kontrollgruppe, da sie in allen Bereichen ein fundiertes Handlungswissen als Basis hatte, welches somit in allen Bereichen zum Tragen kommen sollte.

Das Wissen als solches wurde vor der Fortbildung nicht kontrolliert, da in der Fortbildung das Handlungswissen zum Tragen kommen sollte, welches in Form von Selbstwirksamkeit in der Handlung geprüft wurde. Die Ergebnisse des Gruppenvergleichs im Prätest zeigten keine signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen, sodass davon ausgegangen werden kann, dass die Gruppen vor der Intervention gleich waren. Die Testung der Gruppenunterschiede im Posttest zeigte entgegen der Annahmen auch keine Unterschiede zwischen den drei Gruppen. Dass in keiner der Skalen Unterschiede festgestellt werden konnten, kann auf der Inhaltsebene verschiedene Gründe haben; die methodische Herangehensweise wurde bereits in der methodischen Diskussion betrachtet. Beispielsweise könnten die kleinen Gruppen oder die Gestaltung der Fortbildung als Webinar zu einer Verzerrung der Ergebnisse geführt haben. Auch könnte die Diskussionsphase, in der das Wissen verknüpft werden sollte, nicht für alle Lehrkräfte gleich gut geeignet gewesen sein, da sie am Schluss der Veranstaltung, also am späteren Nachmittag stattfand.

Abgesehen von methodischen Begründungsansätzen ist es wahrscheinlicher, dass es erstens zu einer Überlappung der Effekte kam und zweitens die Sensibilität der Messinstrumente nicht ausreichend war: Hinsichtlich einer Überlappung der Effekte ist es wichtig, die Beziehungen zwischen den TPACK-Bereichen und den Einstellungen zu betrachten: Die Einstellungsskalen behandeln die Bereiche digitale Medien und Inklusion getrennt, während die TPACK-Skalen einen vernetzten Ansatz erfordern. Die TPACK-Skalen und die DILAS-Skala befassen sich mit der Verflechtung von digitalen Medien mit Fachinhalten und Schüler\*innenbedürfnissen. Innerhalb dieser Konstrukte traten wie bereits diskutiert sowohl im Prätest als auch im Posttest

Korrelationen zwischen den Skalen auf. Dies war zu erwarten, da die Bereiche aufgrund der technologischen Komponente stark miteinander verknüpft sind (Graham et al., 2009). Es ist auch möglich, dass didaktische Anwendungen in den Antworten auf die Skalen mitschwingen, auch wenn sie nicht explizit abgefragt wurden, da die Lehrkräfte diese Umfrage im Rahmen einer Fortbildung für didaktische Konzepte beantworteten. Ebenso fand die Vermittlung der Inhalte in der Intervention in diesem Kontext statt. Eine weitere Vermutung ist, dass das Anwendungswissen in den anderen Phasen der Fortbildung, welche bereits im Prä-Post-Vergleich dargelegt wurden, zum Effekt führte bzw. sich mit dem Effekt der Gruppen überschneidet, oder dass die Lehrkräfte bereits über ein großes Wissen verfügten, welches sie erst im Laufe der Fortbildung wieder aktivierten, was eine scharfe Trennung der Gruppen unmöglich macht.

Die Praxisphase der Lehrkräftefortbildung stand im Fokus der Aufmerksamkeit. Es ist durchaus denkbar, dass die Lehrkräfte diese als das Hauptaugenmerk der Fortbildung betrachteten und entsprechend weniger Fokus auf die Diskussionphase gelegt haben, was in der Follow-Up-Studie für einen kleinen Teil der Teilnehmer\*innen auch belegt werden kann. Dies deutet in Übereinstimmung mit der Theory of Planned Behavior darauf hin, dass sich die Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung nicht nur aufgrund der theoretischen Diskussion verändern (Fishbein & Ajzen, 2010). Vielmehr beeinflussen andere Faktoren wie Erfahrung oder wahrgenommene Kontrolle diese persönlichen Eigenschaften. Dieser Effekt summierte sich in den signifikanten Verbesserungen in fast allen Skalen nach der Intervention. Dies deutet darauf hin, dass die Fortbildung an sich wirksam ist und keine Gruppeneffekte zu einer Verzerrung der positiven Veränderung der Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung führen. Dieser Argumentation folgend müssen zur Beantwortung der zweiten Forschungsfrage, inwiefern sich die systematische Variation von Wissensrepräsentationen auf die diskutierten Persönlichkeitsmerkmale der Lehrkräfte auswirkt, die Hypothesen H4, Die thematische Schwerpunktsetzung bei Lehrkräftefortbildungen hat eine positive und differenzierte Auswirkung auf die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte in den TPACK-Dimensionen, und H5, Die thematische Schwerpunktsetzung bei Lehrkräftefortbildungen hat eine positive und differenzierte Auswirkung auf die Einstellung der Lehrkräfte, abgelehnt werden. Begründet ist dies, da keine Unterschiede zwischen den Gruppen in keiner der Skalen festgestellt werden konnten (Weidenhiller et al., 2024).

### Implementation von Innovationen

Um die Frage zu beantworten, inwiefern Lehrkräfte inklusive Innovationen aus der Lehrkräftefortbildungen in ihren Unterricht implementieren, werden die Ergebnisse der Follow-Up-Interviews betrachtet. Es fanden sich 4 Lehrkräfte, die das Experiment implementiert hatten und 9 Lehrkräfte, die keine Implementation vorgenommen hatten. Für die Implementation wurden anhand des Modells nach Breuer et al. (2022) zwei mögliche Wege identifiziert: Zum einen

eine systematische Auseinandersetzung, die zu einer tiefgreifenden Umsetzung führte, welche diklusive Aspekte beinhaltete, und zum anderen eine heuristische Auseinandersetzung aufgrund mangelnder Fähigkeiten, die zu einer oberflächlichen, nicht inklusiven Umsetzung führte. Bei Weg 1 beschrieben die Lehrkräfte kaum Barrieren und falls doch, wurden direkte Lösungsansätze genannt. Außerdem bekräftigten sie ihre Kompetenz, diese Innovation im Unterricht umsetzen zu können. Dieses Bekräftigen fand wie auch das Beschreiben von Unsicherheiten in der Retrospektive statt und kann entsprechend durch die eigene Erinnerung verzerrt gewesen sein. Die hohe Selbstwirksamkeit, die aus dem Bekräftigen der Kompetenzen geschlossen werden konnte, ermöglichte den Lehrkräften eine systematische Auseinandersetzung mit dem Implementationsgegenstand vor der unterrichtlichen Umsetzung. Im Gegensatz dazu wurden bei Weg 2 mehr Barrieren beschrieben und vor allem Unsicherheiten geäußert, die zu diesem Zeitpunkt unüberwindbar schienen. Die Lehrkraft, die beide Wege gegangen ist, zeigte in ihren Schilderungen, dass eine zunächst heuristische Auseinandersetzung mit anschließender oberflächlicher Umsetzung eine Lerngelegenheit darstellen kann, um die eigenen Unsicherheiten durch mangelnde Selbstwirksamkeitserwartung zu beseitigen und im zweiten Durchgang zu einer systematischen Auseinandersetzung mit anschließender tiefgreifender Umsetzung zu gelangen. Eine oberflächliche Umsetzung ohne eine vorangegangene eingehende Beschäftigung mit den eigenen Fähigkeiten und Möglichkeiten und ohne anschließenden Reflexionsprozess hätte jedoch nicht zu einer zweiten Implementation mit anschließender tiefgreifender Umsetzung geführt. Bei der tiefgreifenden Umsetzung muss beachtet werden, dass diese aufgrund des vollständigen Einsatzes der digitalen Medien sowohl zur Datenerfassung als auch zur Auswertung und nur bei Berücksichtigung von Heterogenitätsdimensionen codiert wurde. Die Ausprägung der Heterogenitätsdimensionen war zwischen den Lehrkräften jedoch sehr unterschiedlich, sodass nicht in allen Fällen von einer diklusiven Umsetzung gesprochen werden kann. Das Experiment als solches wurde tatsächlich in keinem der Interviews differenziert ausgestaltet, lediglich die Rahmenbedingungen für das Experiment wurden adaptiert.

Bei der Nicht-Implementation des Experiments in den Unterricht konnten dem Modell nach Breuer et al. (2022) folgend drei unterschiedliche Wege identifiziert werden: Bei Weg 1 kam es über die Äußerung von Stress, Bedenken und Barrieren und einer hohen Motivation bei hohen Selbstwirksamkeitserwartung zu einer systematischen Auseinandersetzung mit der Innovation. Wurde diese als (aktuell noch) nicht gewinnbringend identifiziert, führte dies zur Entscheidung, die Innovation nicht zu implementieren. Weg 1 ist also von einer hohen Selbstwirksamkeit geprägt, führt jedoch zu keiner Implementation. Bei Weg 2 wurden ebenfalls Stress, Bedenken und Barrieren beschrieben, jedoch auch eine hohe Motivation geäußert, die Innovation einzusetzen. Die Lehrkräfte auf Weg 2 scheiterten jedoch an ihrer eigenen niedrigen

Selbstwirksamkeitserwartung oder an ihren tatsächlichen Fähigkeiten und kamen entsprechend über eine heuristische Auseinandersetzung mit dem Thema zur Nicht-Implementation. Die Lehrkräfte auf Weg 3 sahen von vornherein keinen Bedarf, die Innovation in den Unterricht zu implementieren, was durch unbeeinflussbare Rahmenbedingungen wie eine Beurlaubung bedingt war, oder dadurch, dass die Rahmenbedingungen als unbeeinflussbar interpretiert wurden. Zum Beispiel argumentierte eine Lehrkraft mit solcher Vehemenz die fehlende Lehrplanpassung, sodass weitere Einflussfaktoren nicht erhoben werden konnten.

Die Lehrkräfte nannten eine Vielzahl von Barrieren, die sie am Einsetzen des Experiments hinderten. Bei genauerer Betrachtung konnten jedoch drei Bereiche identifiziert werden. Der Faktor Zeit in Form von empfundenem oder realem Druck, die Inhalte des Lehrplans umzusetzen, schien ein großer Hemmfaktor für die Implementation zu sein. Ebenso wurde der gekonnte Einsatz digitaler Medien inklusive der Anwendung von Tabellenkalkulationsprogrammen als eine Hauptbarriere betrachtet. Als dritter Aspekt wurde die Heterogenität der Schüler\*innen angeführt. Besonders bemerkenswert ist an dieser Stelle, dass auch Implementationsbarrieren wie die Angst vor dem Experimentieren in der Klasse genannt wurden. Der Fachinhalt enzymatische Apfelbräunung wurde nicht als Implementationsbarriere genannt, lediglich die Passung in den Lehrplan wurde diskutiert.

Auch wenn es nicht immer zu einer Implementation der Innovation aus der Fortbildung kam, in diesem Fall das Apfelexperiment, wurden doch einzelne Teilaspekte aus der Fortbildung in den Unterricht integriert. Dies bezieht sich vor allem auf die digitalen Tools und Medien, die in der Fortbildung vorgestellt wurden. Zu einem diklusiven Ansatz kam es dabei nicht. Dieser Befund spiegelte sich auch in der Behaltensleistung wider: Die Lehrkräfteerinnerten vorrangig die digitalen Medien, gefolgt von der Arbeitsweise des Experimentierens und des Fachinhalts Enzymatik. Aspekte der Inklusion oder Differenzierung wurden nur selten genannt.

Daraus kann geschlussfolgert werden, dass Persönlichkeitsfaktoren wie die eigene Kompetenzeinschätzung, aber vor allem auch die gezeigte Selbstwirksamkeitserwartung entscheidende Faktoren sind für die Implementation von fachdidaktisch innovativen Unterrichtskonzeptionen wie in diesem Fall das Apfelexperiment. Lehrkräfte, die eine hohe Selbstwirksamkeit zeigten, implementierten häufiger als Lehrkräfte, die eine niedrige Selbstwirksamkeit zeigten. Diese Erkenntnis stimmt überein mit den Annahmen aus der Theory of Planned Behavior (Ajzen & Fishbein, 2005), da die Selbstwirksamkeit als wichtiger Prädiktor für ein planvolles Verhalten betrachtet wird. Außerdem fanden sich Hinweise auf den Zusammenhang zwischen Selbstwirksamkeit und Implementation für den Bereich Inklusion, welche in sich ebenfalls in die Forschungslage einfügen (Sharma & Jacobs, 2016).

## 8 Fazit

Insgesamt betrachtet zeigen die Analysen ein klares Bild: Die Fortbildung verbesserte die Selbstwirksamkeitserwartung der Lehrkräfte in den TPACK-Dimensionen. Die Lehrkräfte zeigten nach der Fortbildung jedoch nicht nur höhere Selbstwirksamkeitserwartung, sondern auch eher eine Implementation der Innovation aus der Fortbildung in den eigenen Unterricht, wenn ihre Selbstwirksamkeitserwartung positiv war. Es zeigte sich aber auch, dass nicht alle Lehrkräfte, die an der Fortbildung teilgenommen hatten, automatisch implementierten, nur weil die mittlere Selbstwirksamkeitserwartung der Stichprobe gestiegen war. Implementationsbarrieren gibt es viele, wie die Follow-Up-Studie eindrücklich bewiesen hat. Unter ihnen sind auch Barrieren, die in einer eintägigen Fortbildung nicht behoben werden können, zumal die Fortbildung nicht auf alle Felder eingehen konnte, die in der Diskussion zum Thema Barrieren eröffnet wurden.

Außerdem zeigte sich, dass der Anteil des Themas Inklusion der Fortbildung im Vergleich zu den Anteilen der Themen Erkenntnismethode Experimentieren und Medieneinsatz nicht wirksam genug war, da sich die Implementation in erster Linie auf den Einsatz der digitalen Medien bezog. Ein möglicher Grund hierfür könnte auch gewesen sein, dass die Lehrkräfte hauptsächlich auf den Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren in der Fortbildung fokussiert waren, und diese deswegen primär in ihrem eigenen Unterricht umsetzten, ohne den Bedarf einer inklusionsorientierten Gestaltung von Unterricht wahrzunehmen, beziehungsweise diese auf den eigenen Unterricht zu übertragen.

Das Wissen stellte sich in dieser Studie nicht als hauptsächlich ausschlaggebend für die Verbesserung der Selbstwirksamkeitserwartung und Einstellungen der Lehrkräfte heraus. Aus diesen Überlegungen leitet sich ab, dass die Fortbildung in ihrer Ausgestaltung optimiert werden muss, um erstens den Inklusionsaspekt adäquat zu fördern und zweitens zu stärkerer Implementation von inklusivem naturwissenschaftlichem Unterricht zu führen. Da sich das vermittelte Wissen nicht als wirksamer Faktor herausgestellt hat, sollte die Aufteilung in verschiedene Gruppen nicht mehr erfolgen. Da keine Empfehlung für eine der drei Interventionsgruppen ausgesprochen werden kann, sollte der Theorieteil der Fortbildung überarbeitet und neue Konzepte getestet werden. Auch könnte der Fokus gänzlich auf den praktischen Teil der Fortbildung gelegt und die Theorie in kleineren Sequenzen in den praktischen Teil integriert werden. Es ist zu prüfen, inwieweit die Unterrichtsphase verkürzt oder verschoben werden kann, um sie effektiver zu gestalten. Beispielsweise könnte die inklusionsdidaktische Instruktion nach der Ermittlung der Barrieren für das Experiment angesetzt werden, um einen direkt Bezug zur Praxis herzustellen und die Barrieren stärker angeleitet zu bearbeiten. Die Ausgestaltung der Praxisphase sollte sich mehr an den inklusionsfördernden Aspekten zum Medieneinsatz orientieren. Dazu könnten die Lehrkräfte beispielsweise im Sinne des pädagogischen

Doppeldeckers (Wahl, 2006) eine differenzierte Praxisphase durchlaufen. Die Lehrkräfte hätten so die Möglichkeit, die relevanten Aspekte einer passenden Differenzierung beim Experimentieren selbst zu erproben und damit in die Schüler\*innenrolle zu schlüpfen, und diese nicht nur nach der Praxisphase zu diskutieren. Da Erfahrungen laut der Theory of Planned Behavior (Ajzen & Fishbein, 2005) einen starken Einfluss auf die Überzeugungen haben, könnte dieses Vorgehen eine stärkere Veränderung der Einstellungen und Selbstwirksamkeitserwartung mit sich bringen als der Faktor Wissen, der in dieser Studie überprüft wurde. Eine Fortbildung in Präsenz statt als Webinar könnte hierfür zielführend sein. Auch für eine Präsenzfortbildung spräche, dass das Thema Inklusion mit mehr Emotionen verbunden ist als das Thema digitale Medien, was in einem Präsenzformat besser adressiert werden kann. Eine weitere Idee wäre es, andere inklusionsdidaktische Ansätze zu testen wie das Universal Design of Learning (Böttinger & Schulz, 2021; CAST, 2018) oder den Einsatz des NinU-Rasters mit Augenmerk auf digitale Medien (Stinken-Rösner & Abels, 2021). Aufgrund des Anspruchs, sowohl fachlich tiefgreifende, als auch die von der KMK geforderten Medienkompetenzen (KMK, 2016) ansprechende Fortbildungen zu gestalten, wird für zukünftige Fortbildungen keine Reduktion des fachlichen Inhalts empfohlen. Die Barrieren, die beispielsweise durch Tabellenkalkulationsprogramme aufkommen, sollten jedoch in der Fortbildung selbst stärker adressiert werden, beispielsweise durch die beschriebenen inklusiven Ansätze.

Aus der Forschungsperspektive könnte eine Reduktion der Dimensionen der TPACK-Skalen erfolgen, um künftige Erhebungen ökonomischer zu gestalten, denn die hohen Korrelationen zwischen den Skalen lassen die Aussage zu, dass Lehrkräfte, die sich sicher im Umgang mit digitalen Medien fühlen, sich auch sicher im Experimentieren mit digitalen Medien in heterogenen Klassen und allen Abstufungen dazwischen fühlen. Die Bereiche beeinflussen sich also gegenseitig stark und könnten mit einer kürzeren Skala anstelle von fünf Subskalen erfasst werden, da diese Korrelationen auch schon im Prätest vorhanden waren und somit nicht auf die Intervention zurückzuführen sind. Dieses Vorgehen deckt sich auch mit aktuellen Befunden aus der Lehr-Lernforschung (von Kotzebue, 2022).

Die Gestaltung von inklusivem Unterricht rückte in den letzten Jahren in den Fokus der Forschung und Lehrkräfteausbildung, steht jedoch noch am Anfang (Fränkel & Schroeder, 2023). Begründet wird die Entwicklung hin zu inklusivem Unterricht durch die veränderten Ansprüche an Unterricht und Schule durch die Digitalisierung der Gesellschaft und die Verankerung von Inklusion im Bildungssystem (UN-Behindertenrechtskonvention), die mit den verpflichtenden Medienkompetenzen der Schüler\*innen (KMK, 2016) und einer größeren Heterogenität der Schüler\*innen in den Klassen (u.a. Ebenbeck et al., 2022) einhergehen. Konkret für den Biologieunterricht ergeben sich große Chancen aus der Digitalisierung, da sich neue Möglichkei-

ten durch den Einsatz digitaler Medien für die Vermittlung des naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozesses und darüber hinaus ergeben. Den Beitrag des Faches Biologie zur Allgemeinbildung ist vor allem seit der Corona-Pandemie und der Klimakatastrophe wieder präsenter und zeigt, wie relevant eine naturwissenschaftliche Grundbildung ist, um am gesellschaftlichen Leben teilhaben und die Wirkungsgefüge der unmittelbaren Umwelt einordnen und verstehen zu können. Diese Teilhabe sollte allen Menschen ermöglicht werden, weshalb eine Scientific Literacy for all – eine naturwissenschaftliche Grundbildung für alle – zugänglich sein sollte. Die Lehrkräftebildung der Gegenwart muss auf diese veränderten Bedingungen reagieren und die Themen Inklusion und Digitalisierung endlich als immanenten Bestandteil in allen drei Phasen der Lehrkräftebildung nicht nur festlegen, sondern konsequent und verknüpft miteinander umsetzen. Lehrkräfte müssen auf die veränderten Bedingungen vorbereitet werden, um alle Schüler\*innen auf die Anforderungen in einer digitalisierten Welt vorzubereiten.

## 9 Danksagung

An dieser Stelle möchte ich mich bedanken bei allen Menschen, die mich auf dem Weg durch diese Promotion begleitet haben und zum Gelingen dieser Dissertation beigetragen haben.

Mein besonderer Dank geht an meine Erstbetreuerin Prof. Dr. Claudia Nerdel. Sie haben mir in meinem Projekt Freiraum und Inspiration gegeben, mich kreativ zu entfalten und dieses Projekt überhaupt erst möglich gemacht. Vor allem als es schwierig wurde durch die pandemiebestimmten Restriktionen, haben Sie mir geholfen, mein Thema neu zu erfinden und das Vorhaben durchzuziehen. Ich bedanke mich für Ihre Förderung und Ihr Vertrauen in meine wissenschaftliche Entwicklung.

Auch bedanke ich mich bei Prof. Dr. Lisa Stinken-Rösner für das Zweitgutachten und die Einladung in das NinU-Netzwerk.

Ein großer Dank geht auch an meine Mentorin Dr. habil. Susanne Miesera. Durch die Arbeit bei Dir als Hilfskraft konnte ich in die wissenschaftliche Welt schnuppern, in die Du mich mit Begeisterung eingeführt hast. Danke für Dein offenes Ohr und Deine Unterstützung.

Ein herzlicher Dank geht auch an alle Kolleg\*innen der Fachdidaktik Life Sciences, die mich über die Jahre begleitet haben. Danke für die schönen gemeinsamen Mittagspausen, den Ratsch auf dem Flur und die gemeinsamen Tagungsreisen, die wir unternommen haben. Vielen Dank an Euch, meine Mitdoktorand\*innen Sara Großbruchhaus, Julia Stich, Benjamin Stöger und Stefan Witzke, die ihr die Stimmung immer hochgehalten und mich begleitet habt und hoffentlich noch lange begleiten werdet.

Mein Dank geht auch an meine studentischen Mitarbeiterinnen Gerhild Barta, die mir bei der Vorbereitung und Durchführung der Fortbildung tatkräftig zur Seite stand und Melissa Thalhammer, die die Messungen für das Apfelexperiment im Labor durchgeführt hat. Auch geht ein herzlicher Dank an Andreas Wolff, der mir mit seiner Physikexpertise mit gutem Rat zur Seite stand für die Farbbestimmung der Äpfel. Einen weiteren Dank möchte ich meinen Masterstudentinnen Hanna Gloystein und Hümeýra Hikmet aussprechen, die sich mit der Interviewstudie beschäftigt haben und hierzu Vorarbeiten lieferten.

Herzlichen Dank an meine Nordic Walking Partnerin Martina Vitzthum, die sich jede meiner Ideen und Erlebnisse auf Schritt und Tritt angehört und mit mir diskutiert hat!

Zum Schluss möchte ich meinen Freunden und meiner Familie danken. Ihr habt mich auf diesem langen Weg wohlwollend begleitet. Danke an Euch, meine Eltern, für die bedingungslose Unterstützung bei meinen Vorhaben und den Glauben an mich.

## 10 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1 Abstrakte Darstellung von digitalen Medien im inklusiven Biologieunterricht: „Verschiedenartige abstrakte Formen und Farben, die Vielfalt und Technologie repräsentieren, mit einem stilisierten Apfel als zentrales Symbol der Erkenntnis.“ .....	6
Abbildung 2 Induced fit Modell: enzymatisch katalysierte Reaktion <sup>1</sup> .....	3
Abbildung 3 Reaktionsverlauf mit und ohne Enzymbeteiligung <sup>2</sup> .....	4
Abbildung 4 Michaelis-Menten Kinetik <sup>3</sup> .....	5
Abbildung 5 Aktives Zentrum der oxidierten Catecholoxidase aus Süßkartoffeln <sup>5</sup> .....	10
Abbildung 6 Tertiärstruktur oxidierte Catecholoxidase aus Süßkartoffeln <sup>4</sup> .....	10
Abbildung 7 Kathalytischer Kreislauf der Catecholoxidase <sup>6</sup> .....	11
Abbildung 8 Reaktionskaskade vom Monophenol zum Melanin <sup>7</sup> .....	13
Abbildung 9 TPACK Modell nach Mishra & Koehler (2006) .....	46
Abbildung 10 Europäischer Kompetenzrahmen für Lehrende.....	48
Abbildung 11 Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKoLAN .....	50
Abbildung 12 Theory of Planned Behavior.....	54
Abbildung 13 Implementierung fachdidaktisch innovativer materialgestützter Unterrichtskonzeptionen.....	55
Abbildung 14 Einsatz digitaler Medien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten (Studierende) .....	64
Abbildung 15 Differenzierung im Unterricht (Studierende) .....	64
Abbildung 16 Teilnehmer aufgeteilt nach Regierungsbezirken .....	77
Abbildung 17 Verteilung der Teilnehmer*innen nach Schulart .....	78
Abbildung 18 Altersverteilung in der Stichprobe .....	79
Abbildung 19 Häufigkeit naturwissenschaftliches Arbeiten im Unterricht .....	80
Abbildung 20 Mindmap Mediennutzung der Lehrkräfte beim naturwissenschaftlichen Arbeiten .....	81
Abbildung 21 Exemplarische Veränderung der RGB Farbanteile bei der enzymatischen Bräunung von hellem Fruchtfleisch.....	85
Abbildung 22 TPACK Modell in Anwendung auf die Inhalte der Lehrkräftefortbildung .....	88
Abbildung 23 Ablaufschema der Studie .....	93
Abbildung 24 Itemfit Skala Einstellung zu Inklusion Prätest.....	120
Abbildung 25 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala Einstellung zu Inklusion Prätest.....	122
Abbildung 27 ICC Skala Einstellung zu Inklusion.....	123
Abbildung 26 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala Einstellung zu Inklusion.....	123
Abbildung 28 Wright Maps der Skala Einstellung zu Inklusion Prätest.....	124

Abbildung 29 Wright Maps Skala Einstellung zu Inklusion im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	128
Abbildung 30 Wright Map Skala Einstellung zu Inklusion, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten .....	129
Abbildung 31 Itemfit Skala Einstellung zu digitalen Medien Prätest .....	130
Abbildung 32 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala Einstellung zu digitalen Medien .....	131
Abbildung 33 ICC Skala Einstellung zu digitalen Medien .....	132
Abbildung 34 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala Einstellung zu digitalen Medien .....	133
Abbildung 35 Wright Map der Skala Einstellung zu digitalen Medien Prätest .....	134
Abbildung 36 Wright Maps Skala Einstellung zu digitalen Medien im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	137
Abbildung 37 Wright Map Skala Einstellung zu digitalen Medien, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten .....	138
Abbildung 38 Itemfit TK Prätest .....	139
Abbildung 39 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TK .....	140
Abbildung 40 ICC Skala TK .....	141
Abbildung 41 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TK .....	143
Abbildung 42 Wright Map der Skala TK im Prätest .....	144
Abbildung 43 Wright Maps Skala TK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	146
Abbildung 44 Wright Map Skala TK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten .....	147
Abbildung 45 Itemfit Skala TCK Prätest .....	148
Abbildung 46 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TCK .....	149
Abbildung 47 ICC Skala TCK .....	150
Abbildung 48 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TCK .....	151
Abbildung 49 Wright Map Skala TCK Prätest .....	152
Abbildung 50 Wright Maps der Skala TCK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	154
Abbildung 51 Wright Map Skala TCK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten .....	155
Abbildung 52 Itemfit Skala TPK Prätest .....	156
Abbildung 53 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TPK .....	157
Abbildung 54 ICC Skala TPK .....	158
Abbildung 55 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TPK .....	159
Abbildung 56 Wright Map Skala TPK Prätest .....	160
Abbildung 57 Wright Maps der Skala TPK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	162
Abbildung 58 Wright Map Skala TPK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten .....	163
Abbildung 59 Itemfit Skala TPACK Prätest .....	164
Abbildung 60 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala TPACK Prätest .....	165

Abbildung 61 ICC Skala TPACK.....	166
Abbildung 62 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala TPACK.....	166
Abbildung 63 Wright Map Skala TPACK Prätest.....	167
Abbildung 64 Wright Maps Skala TPACK im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	170
Abbildung 65 Wright Map Skala TPACK, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten ..	171
Abbildung 66 Itemfit Skala DILAS Prätest.....	172
Abbildung 67 Kategorienwahrscheinlichkeitskurven Skala DILAS Prätest .....	173
Abbildung 68 Itemschwierigkeiten mit Standardfehler Skala DILAS.....	174
Abbildung 69 ICC Skala DILAS .....	174
Abbildung 70 Wright Map Skala DILAS Prätest .....	175
Abbildung 71 Wright Maps Skala DILAS im Prätest (links) Posttest (rechts) Vergleich .....	178
Abbildung 72 Wright Map DILAS, Posttest mit ungeankerten Itemschwierigkeiten .....	179
Abbildung 73 Einstellungsskalen im Prä-Post-Vergleich.....	180
Abbildung 74 TPACK Skalen im Prä-Post-Vergleich .....	181
Abbildung 75 Personenwanderung Skala Einstellung zu Inklusion .....	182
Abbildung 76 Personenwanderung Skala Einstellung zu digitalen Medien .....	183
Abbildung 77 Personenwanderung Skala TPACK .....	184
Abbildung 78 Personenwanderung Skala DILAS.....	185
Abbildung 79 Personenwanderung Skala TPK .....	186
Abbildung 80 Personenwanderung Skala TCK.....	187
Abbildung 81 Personenwanderung Skala TK .....	188
Abbildung 82 Matrix Streudiagramm Einstellungsskalen Prä-Post-Vergleich.....	190
Abbildung 83 Matrix Streudiagramm TPACK Skalen Prä-Post-Vergleich.....	190
Abbildung 84 Box-Plots der Skalen aufgeteilt nach Gruppe Prätest.....	191
Abbildung 85 Box-Plots der Skalen aufgeteilt nach Gruppe Posttest .....	192
Abbildung 86 Prätest Matrix-Streudiagramm Skalen TPACK, DILAS, TPK, TCK, TK (oben) und Skalen Einstellung zu Inklusion und zu digitalen Medien (unten).....	193
Abbildung 87 Posttest Matrix-Streudiagramm Skalen TPACK, DILAS, TPK, TCK, TK (oben) und Skalen Einstellung zu Inklusion und zu digitalen Medien (unten).....	194
Abbildung 88 Behaltensleistung der Lehrkräfte, Wortwolke .....	203
Abbildung 89 Implementationsweg Interviews 1-4 .....	210
Abbildung 90 Entscheidungswege bei Nicht-Implementation.....	219
Abbildung 91 Gartenapfel.....	262
Abbildung 92 Phasen der Studie .....	353
Abbildung 93 Phasen der Studie .....	356

## 11 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1 ausgewählte Kompetenzerwartungen im Bereich Messwert- und Datenerfassung	51
Tabelle 2 Skala Einstellung zur Inklusion Pilotierung	66
Tabelle 3 Skala Einstellung zu digitalen Medien Pilotierung	67
Tabelle 4 Skala TPACK Pilotierung	69
Tabelle 5 Skala TPK Pilotierung	70
Tabelle 6 Skala TCK Pilotierung	71
Tabelle 7 Skala TK Pilotierung	73
Tabelle 8 Skala DILAS Pilotierung	74
Tabelle 9 Deskriptive Statistik der Skalen in der Pilotierung	75
Tabelle 10 Teilnehmer*innen der Fortbildung im Vergleich zum Bevölkerungsanteil nach Regierungsbezirk	77
Tabelle 11 Teilnehmer*innen Befragung	78
Tabelle 12 Inhalte der 3 Versuchsgruppen	92
Tabelle 13 Deskriptive Statistik Interviewpartner*innen	95
Tabelle 14 Artikulationsschema der Fortbildung	96
Tabelle 15 Zielwerte der Separations- und Reliabilitätswerte, sowie der Fitwerte	108
Tabelle 16 Kategoriensystem mit Hauptkategorien für die Basiscodierung	115
Tabelle 17 Kategoriensystem nach der Feincodierung	118
Tabelle 18 Skala Einstellung zu Inklusion Separation und Reliabilität Prätest	126
Tabelle 19 Skala Einstellung zu Inklusion Separation und Reliabilität Posttest	127
Tabelle 20 Skala Einstellung zu digitalen Medien Separation und Reliabilität Prätest	135
Tabelle 21 Skala Einstellung zu digitalen Medien Separation und Reliabilität Posttest	136
Tabelle 22 Skala TK Separation und Reliabilität Prätest	145
Tabelle 23 Skala TK Separation und Reliabilität Posttest	145
Tabelle 24 Skala TCK Separation und Reliabilität Prätest	152
Tabelle 25 Skala TCK Separation und Reliabilität Posttest	153
Tabelle 26 Skala TPK Separation und Reliabilität Prätest	160
Tabelle 27 Skala TPK Separation und Reliabilität Posttest	161
Tabelle 28 Separation und Reliabilität Skala TPACK Prätest	168
Tabelle 29 Skala TPACK Separation und Reliabilität Posttest	169
Tabelle 30 Skala DILAS Separation und Reliabilität Prätest	176
Tabelle 31 Skala DILAS Separation und Reliabilität Posttest	177
Tabelle 32 Kreuztabelle Einstellung zu Inklusion	182
Tabelle 33 Kreuztabelle Einstellung zu digitalen Medien	183
Tabelle 34 Kreuztabelle TPACK	184
Tabelle 35 Kreuztabelle DILAS	185

Tabelle 36 Kreuztabelle TPK .....	186
Tabelle 37 Kreuztabelle TCK.....	187
Tabelle 38 Kreuztabelle TK .....	188
Tabelle 39 Pearson Korrelation der TPACK Skalen.....	195
Tabelle 40 Univariate Tests Prä-Post-Vergleich (Greenhouse Geisser) .....	196
Tabelle 41 Kernidee der Fortbildung laut Interviews .....	203
Tabelle 42 Barrieren während der Implementation .....	209
Tabelle 43 Implementationsbarrieren (keine Implementation des Experiments) .....	212
Tabelle 44 Mögliche Unterstützung für Implementation .....	215

## 12 Literaturverzeichnis

- Abels, S. (2019). Inklusion und Exklusion im naturwissenschaftlichen Unterricht. In B. Baumert & M. Willen (Hrsg.), *Zwischen Persönlichkeitsbildung und Leistungsentwicklung. Fachspezifische Zugänge zu inklusivem Unterricht im interdisziplinären Diskurs* (S. 129-135). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Ahsan, M. T., Deppeler, J. M. & Sharma, U. (2013). Predicting pre-service teachers' preparedness for inclusive education: Bangladeshi pre-service teachers' attitudes and perceived teaching-efficacy for inclusive education. *Cambridge Journal of Education*, 43(4), 517-535. <https://doi.org/10.1080/0305764X.2013.834036>
- Ajzen, I. (1991). The theory of planned behavior. *Organizational Behavior and Human Decision Processes*, 50(2), 179-211. [https://doi.org/10.1016/0749-5978\(91\)90020-t](https://doi.org/10.1016/0749-5978(91)90020-t)
- Ajzen, I. (2005). *Attitudes, Personality and Behavior*. Open Press, Maidenhead UK.
- Ajzen, I. & Fishbein, M. (2005). The influence of attitudes on behavior. In D. Albarracín, B. T. Johnson, & M. P. Zanna (Hrsg.), *The handbook of attitudes* (S. 173-221). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Arbeitsgruppe Digitale Basiskompetenzen: Becker, S., Bruckermann, T., Finger, A., Huwer, J., Kremser, E., Meier, M., Thoms, L.-J., Thyssen, C. & von Kotzebue, L. (2020). Orientierungsrahmen Digitale Kompetenzen für das Lehramt in den Naturwissenschaften – DiKo-LAN. In S. Becker, J. Meßinger-Koppelt, & C. Thyssen (Hrsg.), *Digitale Basiskompetenzen – Orientierungshilfe und Praxisbeispiele für die universitäre Lehramtsausbildung in den Naturwissenschaften*, (S. 14-43). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Avramidis, E. & Norwich, B. (2002). Teachers' attitudes towards integration / inclusion: A review of the literature. *European Journal of Special Needs Education*, 17(2), 129-147. <https://doi.org/10.1080/08856250210129056>
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.
- Bandura, A. (1977). Self-efficacy: Toward a unifying theory of behavioral change. *Psychological Review*, 84, 191-215.
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. New York: W.H. Freeman.
- Basten, M., Ferreira González, L., Kaiser, L. M. & Fränkel, S. (2021). Inklusiver Biologieunterricht–Das Potenzial von fachspezifischen Charakteristika für die diversitätssensible kompetenzorientierte Unterrichtsplanung. *Sonderpädagogische Förderung heute (Beiheft 4)*, 133-146.
- Baumert, J. & Kunter, M., (2006) Stichwort: *Professionelle Kompetenz von Lehrkräften*. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft* 9(4), 469-520. DOI: 10.1007/s11618-006-0165-2.
- Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus [KM] (2014). *Bayerns Schritte auf dem Weg zur Inklusion: Inklusion durch eine Vielfalt schulischer Angebote Konzept – bisherige Leistungen – Ziele für das Schuljahr 2014/15*. Verfügbar unter: [https://www.km.bayern.de/download/15560\\_final\\_nach\\_billigung\\_gesamdatei\\_bayerns\\_schritte\\_2017.pdf](https://www.km.bayern.de/download/15560_final_nach_billigung_gesamdatei_bayerns_schritte_2017.pdf)
- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus [KM] (2020). *Bayerns Schulen in Zahlen: 2019/2020*. Verfügbar unter: [https://www.km.bayern.de/download/4051\\_Bayerns\\_Schulen\\_in\\_Zahlen\\_2019-2020\\_Onlineausgabe.pdf](https://www.km.bayern.de/download/4051_Bayerns_Schulen_in_Zahlen_2019-2020_Onlineausgabe.pdf)
- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus [KM]. (o.J.a). *Förderprogramme zur Digitalisierung an bayerischen Schulen*. Verfügbar unter: <https://www.km.bayern.de/lehrer/foerderprogramm.html> (zuletzt 29.10.2023).
- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus [KM]. (o.J.b). *Digitale Bildung an bayerischen Schulen*. Verfügbar unter <https://www.km.bayern.de/eltern/schule-und-mehr/digitale-bildung.html> (zuletzt 29.10.2023).

- Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus [KM] (o.J.c). *Schulsuche Bayern*. Verfügbar unter: <https://www.km.bayern.de/eltern/schulsuche.html?s=&u=0&r=9999&t=4&o=9999&p2=0&p25=0&p1=0&p26=0&p3=0&p4=0&p5=0&p6=0&p7=0&p23=0&p24=0&p29=0&p11=0&p12=0&p13=0&p14=0&p27=0&p15=0&p28=0&p16=0&p30=0&p19=0&p20=0&p21=0&p22=0&p9=9> (zuletzt aufgerufen am 29.10.2023)
- Berck, K. H. & Graf, D. (2005). *Biologiedidaktik: Grundlagen und Methoden* (3., aktualisierte Aufl.). Wiebelsheim: Quelle & Meyer.
- Berg, J. M., Tymoczko, J. L., Gatto jr., G. J. & Stryer, L. (2018). *Stryer Biochemie* (8. Aufl.). Berlin, Heidelberg: Springer Spektrum. <http://doi.org/10.1007/978-3-662-54620-8>
- Bernet, F. & Schnebel, S. (2023). Mit digitalen Medien gestütztes inklusives Lehren und Lernen. Zur Entwicklung von Überzeugungen bei Lehramtsstudierenden. In M. Haider, R. Böhme, S. Gebauer, C. Gößinger, M. Munser-Kiefer & A. Rank. *Nachhaltige Bildung in der Grundschule* (S. 139-144).
- Blanz, M. (2015). *Forschungsmethoden und Statistik für die Soziale Arbeit: Grundlagen und Anwendungen*. Stuttgart: Kohlhammer.
- Boban, I. & Hinz, A. (2003). *Index für Inklusion: Lernen und Teilhabe in der Schule der Vielfalt entwickeln*. Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg.
- Boone, W. J. & Staver, J. R. (2020). *Advances in Rasch Analyses in the Human Sciences* (1st ed. 2020). Cham: Springer International Publishing; Imprint Springer.
- Boone, W. J., Staver, J. R. & Yale, M. S. (2014). *Rasch analysis in the human sciences*. Dordrecht, Heidelberg: Springer.
- Booth, T. & Ainscow, M. (2002). *Index for Inclusion: Developing Learning and Participation in Schools*. Centre for Studies on Inclusive Education.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2010). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler*. Berlin: Springer Verlag. <https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0>
- Bos, W., Eickelmann, B., Gerick, J., Goldhammer, F., Schaumburg, H., Schwippert, K., Senkbeil, M., Schulz-Zander, R. & Wendt, H. (2014). *ICILS 2013 – Computer- und informationsbezogene Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern in der 8. Jahrgangsstufe im internationalen Vergleich*. Münster: Waxmann.
- Bosse, S. & Spörer, N. (2014). Erfassung der Einstellung und der Selbstwirksamkeit von Lehramtsstudierenden zum inklusiven Unterricht. *Empirische Sonderpädagogik*, 4, 279–299. Verfügbar unter: [http://www.psychologie-aktuell.com/fileadmin/download/esp/4-2014\\_20141028/esp\\_4-2014\\_279-299.pdf](http://www.psychologie-aktuell.com/fileadmin/download/esp/4-2014_20141028/esp_4-2014_279-299.pdf)
- Böttinger, T. & Schulz, L. (2021). *Digitale Barrieren abbauen – Das inklusive Universal Design for Learning*. Verfügbar unter: <http://diklusion.com/udl-diklusiv/> (zuletzt 25.10.2023).
- Boyle, C., Topping, K. & Jindal-Snape, D. (2013). Teachers' attitudes towards inclusion in high schools. *Teachers and Teaching*, 19(5), 527–542. <https://doi.org/10.1080/13540602.2013.827361>
- Breuer, J., Vogelsang, C. & Reinhold, P. (2022). Nutzungsverhalten von Lehrkräften bei der Implementierung einer physikdidaktisch innovativen Unterrichtskonzeption. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 28(1). <https://doi.org/10.1007/s40573-022-00138-5>
- Bruckermann, T.; Ferreira Gonzalez, L.; Münchhalfen, K. & Schlueter, K. (2017). Inklusive Fachdidaktik Biologie. In K. Ziemer (Hrsg.): *Lexikon Inklusion*. (1. Aufl., S. 109-110). Göttingen, Bristol, CT: Vandenhoeck & Ruprecht.
- Campbell, N. A., Urry, L. A., Cain, M. L., Wasserman, S. A., Minorsky, P. V. & Reece, J. B. (2019). *Campbell Biologie*. (11. Aufl.). Hallbergmoos: Pearson.

- Capovilla, D. & Gebhardt, M. (2016). Assistive Technologien für Menschen mit Sehschädigung im inklusiven Unterricht. *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 67(1), 4-15.
- CAST – Center for Applied Special Technology (2018). *Universal Design for Learning Guidelines*, Version 2.2. Online verfügbar unter <https://udlguidelines.cast.org/> (31.10.2023).
- Chi, H. & Wylie, R. (2014). The ICAP framework: Linking cognitive engagement to active learning outcomes. *Educational Psychologist*, 219-243.
- Cloerkes, G. (2007). *Soziologie der Behinderten: Eine Einführung*. Heidelberg: Universitätsverlag Winter.
- Dattalo, P. (2013). *Analysis of Multiple Dependent Variables (Pocket Guides to Social Work Research Methods)*. Oxford: Oxford University Press.
- Davis, D. R. & Boone, W. (2021). Using Rasch analysis to evaluate the psychometric functioning of the other-directed, lighthearted, intellectual, and whimsical (OLIW) adult playfulness scale. In *International Journal of Educational Research Open* 2. DOI: 10.1016/j.ijedro.2021.100054.
- de Jong, T., Linn, M. C. & Zacharia, Z. C. (2013). Physical and virtual laboratories in science and engineering education. *Science*, 340(19), 305-308.
- Desimone, L.M. (2011). A primer on effective professional development. *Phi Delta Kappan*, 92(6), 68-71.
- DGE. Deutsche Gesellschaft für Ernährung.(2014) *Sekundäre Pflanzenstoffe und ihre Wirkung auf die Gesundheit – Eine Aktualisierung anhand des Ernährungsberichts 2012*. *DGEInfo*, 178-186.
- Dochy, F., Segers, M., Van den Bossche, P. & Gijbels, D. (2003). Effects of problem-based learning: A meta-analysis. *Learning and instruction*, 13(5), 533-568.
- Ebenbeck, N., Ebenbeck, J. & Gebhardt, M. (2022). *Das sonderpädagogische Fördersystem und die schulische Inklusion - Eine räumlich-strukturelle Analyse auf Basis statistischer Daten*. Preprint. DOI: 10.13140/RG.2.2.14803.25120
- Eickelmann, B. & Vennemann, M. (2017). Teachers' attitudes and beliefs regarding ICT in teaching and learning in European countries. *European Educational Research Journal*, 16(6), 733-761.
- Endberg, M. & Lorenz, R. (2017). Selbsteinschätzung medienbezogener Kompetenzen von Lehrpersonen der Sekundarstufe I im Bundesländervergleich und im Trend von 2016 bis 2017. In R. Lorenz W. Bos, M. Endenberg, B. Eickelmann, S. Grafe & J. Vahrenhold (Hrsg.), *Schule digital – der Länderindikator 2017. Schulische Medienbildung in der Sekundarstufe I mit besonderem Fokus auf MINT-Fächer im Bundesländervergleich und Trends von 2015 bis 2017* (S. 151-177). Münster: Waxmann.
- Ertmer, P.A. & Ottenbreit-Leftwich, A.T. (2010). Teacher technology change: how knowledge, confidence, beliefs, and culture intersect. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 255-284.
- Ferrari, A. (2013), DigComp: A Framework for Developing and Understanding Digital Competence in Europe,
- Ferreira González, L. (2019). *Inklusiver Biologieunterricht–emotionale Kompetenzförderung im Humanbiologieunterricht*. Dissertation, Universität zu Köln.
- Ferreira González, L., Fühner, L., Sührig, L., Weck, H., Weirauch, K. & Abels, S. (2021). Ein Unterstützungsraster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts. In S. Hundertmark, X. Sun, S. Abels, A. Nehring, R. Schildknecht, V. Seremet & C. Lindmeier (Hrsg.), *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion*, 4. Beiheft Sonderpädagogische Förderung heute (S. 191-215). Beltz Juventa. Verfügbar unter: <https://content-select.com/de/portal/media/view/61052b3a-6a7c-4aad-8a17-08ccc496b0fd>

- Ferreira González, L., Leidig, T., Hennemann, T. & Schlüter, K. (2016). IBU-Inklusiver Biologieunterricht. In J. Menthe, D. Höttecke, T. Zabka, M. Hammann & M. Rothgangel (Hrsg.), *Befähigung zu gesellschaftlicher Teilhabe. Beiträge der fachdidaktischen Forschung*, 335-350. Münster: Waxmann.
- Feuser, G. (2013). Die "Kooperation am Gemeinsamen Gegenstand": Behinderte Menschen. *Zeitschrift Für Gemeinsames Leben, Lernen Und Arbeiten*, 3, 17-35. Verfügbar unter: [https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Essays/Menschen\\_mit\\_Behinderung/2013\\_Feuser\\_Kooperation\\_am\\_Gemeinsamen](https://austria-forum.org/af/Wissenssammlungen/Essays/Menschen_mit_Behinderung/2013_Feuser_Kooperation_am_Gemeinsamen) (zuletzt 25.10.2023).
- Field, A. (2009). *Discovering statistics using SPSS*. SAGE Publications.
- Finch, H. (2005). Comparison of the Performance of Nonparametric and Parametric MANOVA Test Statistics when Assumptions Are Violated. *Methodology*, 1(1), 27-38. doi:10.1027/1614-1881.1.1.27
- Fischer, E., Heimlich, U., Kahlert, J., & Lelgemann, R. (2012). Profilbildung inklusive Schule – ein Leitfaden für die Praxis. *München/Würzburg: Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus*.
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (2010). *Predicting and changing behavior: The reasoned action approach*. New York: Psychology Press.
- Forlin, C. & Cooper, P. (2013). Student behaviour and emotional challenges for teachers and parents in Hong Kong. *British Journal of Special Education*, 40(2), 58-64. <https://doi.org/10.1111/1467-8578.12022>
- Fraefel, U. & Scheidig, F. (2018) Mit Pragmatik zu professioneller Praxis? Der Core-Practices-Ansatz in der Lehrpersonenbildung. *Beiträge zur Lehrerinnen- und Lehrerbildung* 36(3), 344-364. DOI: 10.25656/01:18855. Verfügbar unter: [https://www.pedocs.de/volltexte/2020/18855/pdf/BzL\\_183\\_344-364\\_Fraefel\\_Scheidig\\_Mit\\_Pragmatik.pdf](https://www.pedocs.de/volltexte/2020/18855/pdf/BzL_183_344-364_Fraefel_Scheidig_Mit_Pragmatik.pdf)
- Fränkel, S. (2019). *Beliefs von Lehrkräften zu inklusiver Begabungsförderung im Biologieunterricht*. Dissertation, Universität Bielefeld.
- Fränkel, S., & Schroeder, R. (2023). Digitale Medien im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht – Ergebnisse eines systematischen Literaturreviews. In D. Ferencik-Lehmkuhl, J. Huynh, C. Laubmeister, C. Lee, C. Melzer, J. Schwank, H. Weck & K. Ziemer (Hrsg.) *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung*, 51-65. Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Fränkel, S., Sterken, M. & Stinken-Rösner, L. (2023). From barriers to boosters: initial teacher education for inclusive science education. *Frontiers in Education*, 8.
- Franke, W. (1993). *Messungen im Bereich des diffus reflektierten Lichts*. In: Franke, W. (eds) Prüfung von Papier, Pappe, Zellstoff und Holzstoff. Springer, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-51105-9\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-642-51105-9_19)
- Fühner, L., Ferreira González, L., Weck, H., Pusch, A. & Abels, S. (2022). Das NinU-Raster zur Planung und Reflexion inklusiven naturwissenschaftlichen Unterrichts für Lehramtsstudierende. In A. Schröter, M. Kortmann, S. Schulze, K. Kempfer, S. Anderson, G. Sevdiren, J. Bartz & C. Kreutchen (Hrsg.), *Inklusion in der Lehramtsausbildung – Lerngegenstände, Interaktionen und Prozesse* (1. Aufl., S.63-78). Münster: Waxmann.
- Gebhardt, M., Kuhl, J., Wittich, C. & Wember, F. B. (2018). Inklusives Modell in der Lehramtsausbildung nach den Anforderungen der UN-BRK. In S. Hußmann & B. Welzel (Hrsg.), *Dortmunder Profil für inklusionsorientierte Lehrerinnen- und Lehrerbildung* (S. 279-292). Münster: Waxmann.
- Ghomi, M., Dictus, C., Pinkwart, N. & Tiemann, R. (2020). DigCompEduMINT: Digitale Kompetenz von MINT-Lehrkräften. *k: ON-Kölner Online Journal für Lehrer\* innenbildung*, 11-22.

- Girwidz, R. (2015). Neue Medien und Multimedia. In E. Kircher, R. Girwidz, & P. Häußler (Eds.), *Springer-Lehrbuch. Physikdidaktik* (S. 401-427). Berlin, Heidelberg: Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-642-41745-0_12)
- Graf, D. (2007). Die Theorie des geplanten Verhaltens. In D. Krüger & H. Vogt. *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 33-43). Berlin, Heidelberg: Springer Verlag.
- Graham, C.R., Burgoyne, N., Cantrell, P., Smith, L.K., St. Clair, L.L. & Harris, R. (2009). TPACK Development in Science Teaching: Measuring the TPACK Confidence of Inservice Science Teachers. *TechTrends*. 53(5), 70-79.
- Gregoire, M. (2003). Is it a challenge or a threat? A dual-process model of teachers' cognition and appraisal processes during conceptual change. *Educational Psychology Review*, 15(2), 147-179.
- Gropengießer, H. (2013). *Experimentieren*. In H. Gropengießer, U. Harms, & U. Kattmann (Hrsg.). *Fachdidaktik Biologie* (9. völlig überarb. Auflage). S.284-293. Köln: Aulis Deubner.
- Großmann, N., Kleinert, S. I. & Basten, M. (2022). Diversitätssensibel und lebens(welt) nah: Fachspezifische Ansätze für eine inklusive Biologiedidaktik. *Schulische Inklusion als Phänomen–Phänomene schulischer Inklusion: Fachdidaktische Spezifika und Eigenlogiken schulischer Inklusion*, 293-313.
- Güell, M. & Siegbahn, P. E. (2007). Theoretical study of the catalytic mechanism of catechol oxidase. *JBIC Journal of Biological Inorganic Chemistry*, 12, 1251-1264.
- Hackett, M. & Proctor, M. (2016). Three-dimensional display technologies for anatomical education: A literature review. *Journal of Science Education and Technology*, 25, 641-654.
- Hamilton, E. R., Rosenberg, J. M. & Akcaoğlu, M. (2016). The Substitution Augmentation Modification Redefinition (SAMR) Model: a Critical Review and Suggestions for its Use. *TechTrends*, 60(5), 433-441. <https://doi.org/10.1007/s11528-016-0091-y>
- Hasche, E. (2016). *Farbe, Farbmodelle und Farbräume*. In: Game of Colors: Moderne Bewegtbildproduktion. X.media.press. Springer Vieweg, Berlin, Heidelberg. [https://doi.org/10.1007/978-3-662-43889-3\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-662-43889-3_1)
- Heimlich, U. (2004). Didaktische Konzepte für den zieldifferenten Gemeinsamen Unterricht. *Zeitschrift Für Heilpädagogik*, 55(6), 288-295.
- Helferich, C. (2014). Leitfaden- und Experteninterviews. In N. Baur, & J. Blasius (Hrsg.) *Handbuch Methoden der empirischen Sozialforschung*. Wiesbaden: Springer VS. [https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0\\_39](https://doi.org/10.1007/978-3-531-18939-0_39)
- Helmke, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität. Diagnose, Evaluation und Verbesserung des Unterrichts*. Seelze-Velber: Erhard Friedrich Verlag.
- Hemmerich, W. (2018). *StatistikGuru: Multivariate Normalverteilung online prüfen*. Verfügbar unter: <https://statistikguru.de/rechner/multivariate-normalverteilung.html> (zuletzt aufgerufen am 31.05.2023).
- Hillmayr, D., Reinhold, F., Ziernwald, L. & Reiss, K. (2017). *Digitale Medien im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht der Sekundarstufe: Einsatzmöglichkeiten, Umsetzung und Wirksamkeit*. Münster, New York: Waxmann. Verfügbar unter: <https://content-select.com/de/portal/media/view/5aa25a06-c3bc-4392-9caa-27cab0dd2d03>
- Hinz, A. (2002). Von der Integration zur Inklusion: terminologisches Spiel oder konzeptionelle Weiterentwicklung? *Zeitschrift für Heilpädagogik*, 53, 354-361.
- Hodson, D. (2014). Learning science, learning about science, doing science: Different goals demand different learning methods. *International Journal of Science Education*, 36(15), 2534-2553.

- Holderbaum, D. F., Kon, T., Kudo, T. & Guerra, M. P. (2010). Enzymatic browning, polyphenol oxidase activity, and polyphenols in four apple cultivars: dynamics during fruit development. *HortScience*, 45(8), 1150-1154.
- Huber, S. G., Günther, P. S., Schneider, N., Helm, C. Schwander, M. Schneider, J. A. & Pruitt, J. (2020). *COVID-19 und aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung – Erste Befunde des Schul-Barometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz*. Münster, New York: Waxmann. <https://doi.org/10.31244/9783830942160>
- Huk, T. (2006). Who benefits from learning with 3D models? The case of spatial ability. *Journal of Computer Assisted Learning*, 22(6), 392-404.
- Huwer, J., Irion, T., Kuntze, S., Schaal, S. & Thyssen, C. (2019). Von TPaCK zu DPaCK - Digitalisierung im Unterricht erfordert mehr als technisches Wissen. *MNU Journal*, 72(5), 358-364.
- ISB (2023a). *LehrplanPLUS. Gymnasium Biologie 10*. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/10/biologie> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023b). *LehrplanPLUS. Gymnasium Biologie 13*. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/13/biologie/erhoeht> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023c). *LehrplanPLUS. Gymnasium Chemie 11*. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/11/chemie> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023d). *LehrplanPLUS. Gymnasium Chemie 13*. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/13/chemie/erhoeht> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023e). *LehrplanPLUS. Gymnasium Natur und Technik 6*. Verfügbar unter: [https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/6/nt\\_gym](https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/6/nt_gym) (zuletzt: 12.07.2023).
- ISB (2023f). *LehrplanPLUS. Gymnasium Biologie 8*. Verfügbar unter: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/8/biologie> (zuletzt: 12.07.2023).
- ISB (2023g). *LehrplanPLUS. Gymnasium Biologie 9*. Verfügbar unter: von <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/9/biologie> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023h). *LehrplanPLUS. Gymnasium Biologie 12*. Verfügbar unter: von <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachlehrplan/gymnasium/12/biologie/erhoeht> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023i). *LehrplanPLUS. Übergreifende Bildungs- und Erziehungsziele*. Verfügbar unter: von <https://www.lehrplanplus.bayern.de/uebergreifende-ziele/textabsatz/24767> (zuletzt: 06.07.2023).
- ISB (2023j). *LehrplanPLUS. Biologie*. Verfügbar unter: von <https://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/biologie> (zuletzt: 06.07.2023).
- Jank, W., & Meyer, H. (2011). *Didaktische Modelle* (10. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Jordan, A., Schwartz, E. & McGhie-Richmond, D. (2009). Preparing teachers for inclusive classrooms. *Teaching and Teacher Education*, 25(4), 535-542. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2009.02.010>
- Kattmann, U., Duit, R., Gropengießer, H. & Komorek, M. (1997). Das Modell der Didaktischen Rekonstruktion – Ein Rahmen für naturwissenschaftsdidaktische Forschung und Entwicklung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 3 (3), 3–18
- Kerres, M. (2018). *Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote* (5). Oldenburg: De Gruyter.
- Killermann, W., Hiering, P. & Starosta, B. (2008). *Biologieunterricht heute: Eine moderne Fachdidaktik* (12. Aktualisierte Aufl.). Donauwörth: Auer Verlag GmbH.

- Klemm, K. (2015). Inklusion in Deutschland: Daten und Fakten. Prof. Dr. phil. Klaus Klemm im Auftrag der Bertelsmann Stiftung. Verfügbar unter: [https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSst/Publikationen/GrauePublikationen/Studie\\_IB\\_Klemm-Studie\\_Inklusion\\_2015.pdf](https://www.bertelsmann-stiftung.de/fileadmin/files/BSst/Publikationen/GrauePublikationen/Studie_IB_Klemm-Studie_Inklusion_2015.pdf)
- KMK (2004). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss*. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Biologie.pdf)
- KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz*. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung\\_digitale\\_Welt\\_Webversion.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf)
- KMK (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 18.06. 2020.
- Kramer, M., Förtsch, C., Aufleger, M. & Neuhaus, B. J. (2019). Der Einsatz digitaler Medien im gymnasialen Biologieunterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 131-160. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00096-5>
- Krönig, F. K. (2015). Barrieren zwischen Freiheit und Faktizität. Eine phänomenologische und differenztheoretische Annäherung an einen inklusionspädagogischen Schlüsselbegriff. *Herausforderung Inklusion. Theoriebildung und Praxis*, 40-50.
- Kruse, J. (2015): *Qualitative Interviewforschung. Ein integrativer Ansatz* (2. überarbeitete und ergänzte Auflage). Weinheim und Basel: Beltz Juventa.
- Kuckartz, U., & Rädiker, S. (2020). *Fokussierte Interviewanalyse mit MAXQDA*. Springer eBooks. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-31468-2>
- Kuhn, J. (2017). Physik lehren und lernen mit mobilen Kommunikationsmedien von heute und morgen. In J. Meßinger-Koppelt, S. Schanze & Groß, J. (Hrsg.), *Lernprozesse mit Digitalen Werkzeugen unterstützen. Perspektiven aus der Didaktik naturwissenschaftlicher Fächer* (S. 125-142). Hamburg: Joachim Herz Stiftung.
- Kultusministerkonferenz & Hochschulrektorenkonferenz (2015). *Lehrerbildung für eine Schule der Vielfalt: Gemeinsame Empfehlungen von Hochschulrektorenkonferenz und Kultusministerkonferenz*. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 12.03.2015/ Beschluss der Hochschulrektorenkonferenz vom 18.03.2015. Verfügbar unter: [http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2015/2015\\_03\\_12-Schule-der-Vielfalt.pdf](http://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2015/2015_03_12-Schule-der-Vielfalt.pdf)
- Kunz, A., Luder, R., & Moretti, M. (2010). Die Messung von Einstellungen zur Integration (EZI). *Empirische Sonderpädagogik*, 2(3), 83-94. <https://doi.org/10.25656/01:9350>
- Kurth, C., & Wodzinski, R. (2020). Schwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren am Beispiel Hebel. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen* (S. 262–265). Duisburg/Essen: Universität Duisburg-Essen.
- Lange, A. (2010). *Zusammenfassende Ergebnisse zum Forschungsprojekt MobilUP: Teilprojekt an der BTU Cottbus, Lehrstuhl ABWL III* (No. 9). Working Paper.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2019). Was macht Fortbildungen für Lehrkräfte erfolgreich? – Ein Update. In B. Groot-Wilken & R. Koerber (Hrsg.), *Nachhaltige Professionalisierung für Lehrerinnen und Lehrer. Ideen, Entwicklungen, Konzepte* (S. 15-56). Bielefeld: wbv.
- Lipowsky, F. & Rzejak, D. (2021). *Fortbildungen für Lehrpersonen wirksam gestalten*. Gütersloh: Bertelsmann Stiftung.
- Loomatrix (2021). *Color Grab (Color detection)* (Version 3.9.2) [Mobile app]. Google Play. Verfügbar unter: <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.loomatix.colorgrab>
- Mai, F., Mertens, N. & Glomb, M. A. (2019). Bräunungsmechanismen pflanzlicher Lebensmittel. *Chemie in unserer Zeit*, 53(5), 330-341.

- Malec, J. F., Torsher, L. C., Dunn, W. F., Wiegmann, D. A., Arnold, J. J., Brown, D. A. & Phatak, V. (2007). The mayo high performance teamwork scale: reliability and validity for evaluating key crew resource management skills. *Simulation in healthcare: journal of the Society for Simulation in Healthcare* 2(1), 4-10. DOI: 10.1097/SIH.0b013e31802b68ee
- Malinen, O.-P., Savolainen, H., Engelbrecht, P., Xu, J., Nel, M., Nel, N. & Tiale, D. (2013). Exploring teacher self-efficacy for inclusive practices in three diverse countries. *Teaching and Teacher Education*, 33, 34-44. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2013.02.004>
- Mattes, W. (2002). *Methoden für den Unterricht: 75 kompakte Übersichten für Lehrende und Lernende*. Paderborn: Schöningh.
- Mayer, E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press.
- Mayer, P., Watzka, B. & Girwidz, R. (2021). Steigerung des Akzeptanzverhaltens gegenüber Multimediaanwendungen im Physikunterricht durch eine Fortbildung. *PhyDid A-Physik und Didaktik in Schule und Hochschule*, 1(20), 26-39.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In R. E. Mayer, *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (S. 31-48). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- McGhie-Richmond, D. & Sung, A.N. (2013) Applying Universal Design for Learning to Instructional Lesson Planning. *International Journal of Whole Schooling*, 9, 43-59.
- Meier, M. & Thyssen, C. (2022). *Digitale Medien für den Unterricht: Biologie. 30 innovative Unterrichtsideen*. Friedrich Verlag.
- Meier, M., Kastaun, M. & Stinken-Rösner, L. (2022). Experimentiervideos im naturwissenschaftlichen Unterricht–Lehren und Lernen mit und durch VidEX. In E. M. Watts & C. Hoffmann (Hrsg.). *Digitale NAWI-gation von Inklusion: Digitale Werkzeuge für einen inklusiven Naturwissenschaftsunterricht* (S. 51-65). Wiesbaden: Springer Fachmedien Wiesbaden.
- Merton, R., Fiske, M. & Kendau, P.(1956). *The Focused Interview: A report of the bureau of applied social research*. Columbia University.
- Meyer, H. (2004). *Was ist guter Unterricht?* (1. Aufl.). Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Miesera, S. (2015). Herausforderung und Chance der Inklusion an berufsbildenden Schulen in Bayern - Perspektivwechsel in der Lehrerbildung. In J. Kastrup, I. Kettschau, M. Martin, M. Nölle, & A. Hoff (Hrsg.), *bwp@ Spezial 9 - Fachtagung Ernährung und Hauswirtschaft - Herausforderungen und Chancen zwischen Heterogenität, Inklusion und Profilbildung* (S. 1–11). Verfügbar unter: [http://www.bwpat.de/spezial9/miesera\\_ernaehrung-hauswirtschaft-2015.pdf](http://www.bwpat.de/spezial9/miesera_ernaehrung-hauswirtschaft-2015.pdf)
- Miesera, S. & Gebhardt, M. (2018). Inklusive Didaktik in beruflichen Schulen - InkDibeS - ein Konzept für die Lehrerbildung: Videobasierte Fallkonstruktionen inklusiver Unterrichtsettings. In D. Buschfeld & M. Cleef (Hrsg.), *Vielfalt des Lernens im Rahmen berufsbezogener Standards. QUA-LIS Schriftenreihe Beiträge zur Schulentwicklung*. Münster, New York: Waxmann.
- Miesera, S. & Will, S. (2017). Inklusive Didaktik in der Lehrerbildung – Erstellung und Einsatz von Unterrichtsvideos. *Haushalt in Bildung und Forschung*, 6(3), 61-76. <https://doi.org/10.3224/hibifo.v6i3.05>
- Mishra, P. & Koehler, M. J. (2006). Technological Pedagogical Content Knowledge. A new framework for teacher knowledge. *Teachers College Record* 108(6), 1017-1054.
- Moon, K. M. Kwon, E. B., Lee, B., & Kim, C. Y. (2020). Recent trends in controlling the enzymatic browning of fruit and vegetable products. *Molecules*, 25(12).

- Nehring, A. & Walkowiak, M. (2017). Eine inklusive Lernumgebung ist nicht genug: Fachspezifik, Theoretisierung und inklusive Unterrichtsentwicklung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Zeitschrift für Inklusion*, 3.
- Nerdel, C. (2017). *Grundlagen der Naturwissenschaftsdidaktik*. Berlin, Heidelberg, Germany: Springer.
- Nerdel, C. & von Kotzebue, L. (2020). Digitale Medien im naturwissenschaftlichen Unterricht. Aufgaben für die Lehrerbildung. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66(2), 159-173.
- OpenAI's DALL·E (2023). Abstrakte Darstellung von digitalen Medien im inklusiven Biologieunterricht: Verschiedenartige abstrakte Formen und Farben, die Vielfalt und Technologie repräsentieren, mit einem stilisierten Apfel als zentrales Symbol der Erkenntnis. [Digitales Bild]. Erstellt am 1.11.2023. Zugriff am 1.11.2023.
- Otmar, P. (o.J.). *Additive Farbmischung - RGB demo*. Verfügbar unter: [http://www.spectrum-colors.de/cor\\_rgb\\_demo.php](http://www.spectrum-colors.de/cor_rgb_demo.php) (zuletzt 24.10.2023).
- Palmer, D. S., Borthwick-Duffy, S. A. & Widaman, K. (1998). Parent perceptions of inclusive practices for their children with significant cognitive disabilities. *Exceptional Children*, 64, 271-282.
- PHET Interactive Simulations. (o.J.). *Color Vision 1.1.36*. [https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_all.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_all.html) (zuletzt 24.10.2023).
- Piwowar, V., Thiel, F. & Ophardt, D. (2013). Training inservice teachers' competencies in classroom management. A quasi-experimental study with teachers of secondary schools. *Teaching and Teacher Education*, 30, 1–12. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2012.09.007>
- Przyborski, A., Wohlrab Saar, M. (2014). *Qualitative Sozialforschung. Ein Arbeitsbuch* (4., erweiterte Auflage). München: Oldenbourg.
- Puentedura, R. R. (2006). *Transformation, Technology, and Education*. Verfügbar unter: <http://www.hippasus.com/rrpweblog/archives/2012/06/18/FocusRedefinition.pdf>
- Razali, N. M. & Wah, Y. B. (2011). Power comparisons of shapiro-wilk, kolmogorov-smirnov, lilliefors and anderson-darling tests. *Journal of statistical modeling and analytics*, 2(1), 21-33.
- Redecker, C. (2017). *European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu*. Luxembourg: Publications Office of the European Union.
- Redecker, C. (2019). *Europäischer Rahmen für die digitale Kompetenz Lehrender: DigCompEdu*. Verfügbar unter: <https://mz-hofgeismar.de/flip/digcompedu/files/assets/common/downloads/publication.pdf>
- Reich, K. (2013). Inklusive Didaktik –Konstruktivistische Didaktik. In K. Zierer, D. Lamres, & C. v. Ossietzky (Hrsg.), *Handbuch für Allgemeine Didaktik 2013* (S..133-149). Hohengehren: Schneider Verlag.
- Reich, K. (2014). *Inklusive Didaktik: Bausteine für eine inklusive Schule*. Weinheim: Beltz Verlag.
- Richter, T., Naumann, J. & Groeben, N. (2001). Das Inventar zur Computerbildung (IN-COBI): Ein Instrument zur Erfassung von Computer Literacy und computerbezogenen Einstellungen bei Studierenden der Geistes- und Sozialwissenschaften. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 48, 1-13.
- Schaal, S., Spannagel, C. & Vogel, M. (2013). *Mehr als eine Rechenmaschine – Computer im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht*. Verfügbar unter: [https://www.pe-docs.de/volltexte/2013/8383/pdf/L3T\\_2013\\_Schaal\\_Spannagel\\_Vogel\\_Mehr\\_als\\_eine\\_Rechenmaschine.pdf](https://www.pe-docs.de/volltexte/2013/8383/pdf/L3T_2013_Schaal_Spannagel_Vogel_Mehr_als_eine_Rechenmaschine.pdf)

- Scheiter, K. & Lachner, A. (2019). DigitalPakt – was nun? Eine Positionierung aus Sicht der Lehr-Lernforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 47(4), 547-564. <https://doi.org/10.1007/s42010-019-00059-2>
- Schmid, U., Goertz, L., & Behrens, J. (2017). *Monitor Digitale Bildung: Die Schulen im digitalen Zeitalter*. Bertelsmann Stiftung.
- Schenk, W. A., Kremer, F., Beddies, G., Franke, T., Galvosas, P. & Rieger, P. (2014). Physikalisches Praktikum. In *Springer eBooks*. <https://doi.org/10.1007/978-3-658-00666-2>
- Scholz, M., Gebhardt, M. & Tretter, T. (2010). Attitudes of Student Teachers and Teachers towards Integration: A Short Survey in Bavaria / Germany. *International Journal of Disability, Community and Rehabilitation*, 9(1). Verfügbar unter: [http://www.ijdc.ca/VOL09\\_01/articles/scholz.shtml](http://www.ijdc.ca/VOL09_01/articles/scholz.shtml)
- Schroeder, R. & Fränkel, S. (2023). Das Kompetenzmodell ITPACK-NW für die diklusive Lehrkräftebildung in den Naturwissenschaftsdidaktiken. *Qualifizierung Für Inklusion*, 5(2). <https://doi.org/10.21248/qfi.121>
- Semmelink, D. S. & Maree, D. J. F. (2023). A Rasch analysis of the High Potential Trait Indicator: A South African sample. *AJOPA* 5. DOI: 10.4102/ajopa.v5i0.115
- Sharma, U. (2012). Changing Pre-Service Teachers' Beliefs to Teach in Inclusive Classrooms in Victoria, Australia. *Australian Journal of Teacher Education*, 37(10). <https://doi.org/10.14221/ajte.2012v37n10.6>
- Sharma, U. & Desai, I. (2002). Measuring concerns about integrated education in India. *The Asia-Pacific Journal on Disabilities*, 5.
- Sharma, U. & Jacobs, D. K. (2016). Predicting in-service educators' intentions to teach in inclusive classrooms in India and Australia. *Teaching and Teacher Education*, 55, 13-23. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2015.12.004>
- Sharma, U., Forlin, C. & Loreman, T. (2007). What concerns pre-service teachers about inclusive education: An international viewpoint? *KEDI journal of educational policy*, 4, 95-114.
- Sharma, U., Forlin, C. & Loreman, T. (2008). Impact of training on pre-service teachers' attitudes and concerns about inclusive education and sentiments about persons with disabilities. *Disability & Society*, 23(7), 773-785. <https://doi.org/10.1080/09687590802469271>
- Shulman, L. S. (1986). Those Who Understand: Knowledge Growth in Teaching. *Educational Researcher*, 15(2),4-14.
- Sliwka, A. (2010). From homogeneity to diversity in German education. In OECD (Hrsg.), *Educational Research and Innovation. Educating Teachers for Diversity: Meeting the Challenge* (S. 205-217). Paris: OECD Publishing. Verfügbar unter: <https://doi.org/10.1787/9789264079731-12-en>
- Smyk, S. (o.J.). *Colorimeter App* [Mobile app]. App Store. Verfügbar unter: <https://apps.apple.com/at/app/colorimeter-app/id1542365656>
- Solem, E., Tuczec, F. & Decker, H. (2016). Tyrosinase versus catechol oxidase: one asparagine makes the difference. *Angewandte Chemie International Edition*, 55(8), 2884-2888.
- Specht, J., Howell, G., & Young, G. (2007). Students with Special Education Needs in Canada and Their Use off Assistive Technology during the Transition to Secondary School. *Childhood Education*, 83(6), 385–389. <https://doi.org/10.1080/00094056.2007.10522956>
- Stanley, A., Grimbeek, P. Bryer, F. & Beamisch, W. (2003). Comparing Parents' Versus Teachers' Attitudes to Inclusion: When PATI meets TATI. In B. Bartlett, F. Bryer, & D. Roebuck (Eds.), *Reimagining practice – Researching change* (S. 62-69). Brisbane: Griffith University.

- Stegmann, K. (2020). Effekte digitalen Lernens auf den Wissens- und Kompetenzerwerb in der Schule. Eine Integration metaanalytischer Befunde. *Zeitschrift für Pädagogik*, 66(2), 174-190.
- Stinken-Rösner, L. (2021). Digitale Medien in der naturwissenschaftlichen Lehrkräftebildung: Integriert statt zusätzlich. In J. Grebe-Ellis & H. Grötzebauch (Hrsg.). *PhyDid B-Didaktik der Physik-Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. (S. 163-186). Verfügbar unter: <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1114/1205> (zuletzt 02.11.2023).
- Stinken-Rösner, L. & Abels, S. (2021). Digitale Medien als Mittler im Spannungsfeld zwischen naturwissenschaftlichem Unterricht und inklusiver Pädagogik. *Naturwissenschaftsdidaktik und Inklusion*, 4, 161-175.
- Stinken-Rösner, L., Abels, S., Hundertmark, S., Menthe, J., Nehring, A. & Rott, L. (2021). Inklusion und Naturwissenschaften systematisch verknüpfen. *Naturwissenschaftlicher Unterricht und Lehrerbildung im Umbruch*, 169-172.
- Stinken-Rösner, L., Hofer, E., Rodenhauser, A. & Abels, S. (2023a). Technology Implementation in Pre-Service Science Teacher Education Based on the Transformative View of TPACK: Effects on Pre-Service Teachers' TPACK, Behavioral Orientations and Actions in Practice. *Education Sciences*, 13(7).
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, T., Menthe, J., Hoffmann, T., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking inclusive science education from two perspectives: Inclusive pedagogy and science education. *Research in Subject-matter Teaching and Learning*, 3(1), 30-45.
- Stinken-Rösner, L., Weidenhiller, P., Nerdel, C., Weck, H., Kastaun, M., & Meier, M. (2023b). Inklusives Experimentieren im naturwissenschaftlichen Unterricht digital unterstützen. In D. Ferencik-Lehmkuhl, J. Huynh, C. Laubmeister, C. Lee, C. Melzer, J. Schwank, H. Weck & K. Ziemer (Hrsg.) *Inklusion digital! Chancen und Herausforderungen inklusiver Bildung im Kontext von Digitalisierung* (S. 152-167). Bad Heilbrunn: Klinkhardt.
- Stowe, E. & Dhingra, A. (2021). Development of the Arctic® apple. *Plant breeding reviews*, 44, 273-296.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 19-30). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- UNESCO (1994). *The Salamanca Statement and Framework for Action on Special Needs Education*. UNESCO. Verfügbar unter: [http://www.right-to-education.org/sites/right-to-education.org/files/resource-attachments/Salamanca\\_Statement\\_1994.pdf](http://www.right-to-education.org/sites/right-to-education.org/files/resource-attachments/Salamanca_Statement_1994.pdf) (zuletzt: 29.10.2023)
- Vogelsang, C., Finger, A., Laumann, D. & Huwer, J. (2019). Vorerfahrungen, Einstellungen und motivationale Orientierungen als mögliche Einflussfaktoren auf den Einsatz digitaler Werkzeuge im naturwissenschaftlichen Unterricht. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 25(1), 115-129. <https://doi.org/10.1007/s40573-019-00095-6>
- Von Kotzebue, L. (2022). Beliefs, Self-reported or Performance-Assessed TPACK: What can predict the quality of Technology-Enhanced Biology lesson Plans? *Journal of Science Education and Technology*, 31(5), 570-582. <https://doi.org/10.1007/s10956-022-09974-z>
- Wahl, D. (2006). *Lernumgebungen erfolgreich gestalten* (2., erweiterte Auflage). Klinkhardt: Bad Heilbrunn.
- Warmdt, J., Frisch, H., Kindermann, K., Pohlmann-Rother, S. & Ratz, C. (2023). Professionalisierung von Lehrkräften für Digitalität und Inklusion: Professionalization of teachers for digitality and inclusion. *Qfl-Qualifizierung für Inklusion. Online-Zeitschrift zur Forschung über Aus-, Fort- und Weiterbildung pädagogischer Fachkräfte*, 5(2).

Weidenhiller, P., Witzke, S. & Nerdel, C. (2022). Das Apfelexperiment – Enzymkinetik der Apfelbräunung mit digitalen Tools messen. In: E. Watts, L. Stinken-Rösner & M. Meier, (Hrsg.) *digital unterrichten. Biologie*. 5/2022. Hannover: Friedrich Verlag.

Weidenhiller, P., Miesera, S. & Nerdel, C. (2019). Inklusion und Digitalisierung in der Lehrerbildung - Lehrveranstaltungskonzept zur Professionalisierung von Lehramtsstudierenden. *Journal für Psychologie* 27(2), 382-399. DOI: 10.30820/0942-2285-2019-2-382.

Weidenhiller, P., Miesera M. & Nerdel, C., (2024). Promoting Digitally Supported Inquiry Learning in Diverse Classrooms Through Teacher Training. In K. Korfiatis, M. Grace & M. Hammann (Hrsg.), *Shaping the Future of Biological Education Research - Selected Papers from the ERIDOB 2022 Conference*. Springer International Publishing.

Werning, R. (2014). Stichwort: Schulische Inklusion. *Zeitschrift Für Erziehungswissenschaft*, 17(4), 601-623. <https://doi.org/10.1007/s11618-014-0581-7>

Wocken, H. (2014). *Im Haus der inklusiven Schule: Grundrisse - Räume - Fenster Lebenswelten und Behinderung: Vol. 16* (1. Auflage). Hamburg: Feldhaus Edition Hamburger Buchwerkstatt.

Yoruk, R. & Marshall, M. R. (2003). Physicochemical properties and function of plant polyphenol oxidase: a review 1. *Journal of food biochemistry*, 27(5), 361-422.

## 13 Anhang

### 13.1 Laborjournal Enzymatic Browning

#### Vorversuche

Zunächst sollten geeignete Obst- und Gemüsesorten ermittelt werden, welche sich zur Quantifizierung der enzymatischen Bräunungsreaktion eignen. Es wurden Auberginen, Kartoffeln und verschiedene Äpfelsorten verwendet. Deren Bräunung wurde für 15-20 Minuten mittels einer App zur Messung der RGB-Werte verfolgt, wobei das Obst/Gemüse vorher nicht chemisch behandelt wurde. Bei einer Bräunung sollte der Blau-Anteil (B-Anteil) sukzessiv über die Zeit abnehmen. Daher wurde der B-Wert 15-20 Minuten lang verfolgt und jede Minute festgehalten. Der B-Anteil wurde in einem Diagramm gegen die Messdauer aufgetragen und eine Regressionsgerade berechnet. Die Steigung dieser Regressionsgeraden wird im Folgenden diskutiert. Wenn nicht anders angegeben, wurde die Android-App „ColorGrab“ zur Aufnahme der RGB-Werte verwendet.

#### **Aubergine**

##### Aubergine 1 - 07.11.20

App: Live Color Picker and Extractor

Es wurden zwei Messungen ohne Zitronensaft durchgeführt. Es war eine deutliche, aber sehr ungleichmäßige Bräunung der Aubergine zu beobachten (z.B. dunklere Färbung nahe am Rand). Insgesamt nahm der B-Anteil bei beiden Messungen kaum ab, d.h., die visuell beobachtbare Bräunung an manchen Stellen wurde in der Messung nicht erfasst (z.B. da eine Stelle, welche weniger braun geworden ist, für die Messung ausgewählt wurde). Die Steigungen der Regressionsgeraden betragen -0,5720 bzw. -0,6663.

##### Aubergine 2 - 14.11.20

Alle vier Messungen wurden ohne Zitronensaft durchgeführt, um die Bräunung ohne chemische Behandlung zu analysieren. Die Steigungen des B-Anteils sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Messung	Steigung des B-Anteils
1	-0,8217
2	-0,7083
3	-0,9142
4	-0,4224

Die Steigungswerte sind in allen Messungen leicht negativ. Da stellenweise eine deutliche Bräunung sichtbar ist, kann festgehalten werden, dass sich diese Beobachtungen kaum in den Steigungswerten widerspiegeln.

### Aubergine 3 - 29.11.20

Es wurden 5 Messungen ohne Zitronensaft aufgenommen. Die Steigungen des B-Anteils sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Messung	Steigung des B-Anteils
1	-1,4691
2	-2,2660
3	-0,5359
4	-1,4586
5	-0,3297

Einige Messwerte wurden nicht in die Auswertung mitaufgenommen, da sie als „Ausreißer“ auffielen. Dies kann vermutlich durch die Schattenbildung durch die Hände beim Aufnehmen des Messwerts erklärt werden.

### **Kartoffel**

#### Kartoffel „Princess“, festkochend - 23.11.20

Es wurden 5 Messungen ohne Zitronensaft, je zwischen 18 und 25 Minuten lang, aufgenommen. Zwischen den Messungen 2 und 3 (nicht währenddessen) wurden die Lichtverhältnisse leicht verändert (Schreibtischlampe wurde zusätzlich angeschaltet). Dies hat vermutlich lediglich Einfluss auf die Anfangs-RGB-Werte, nicht auf die Änderung.

Die Steigungen des B-Anteils sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Messung	Steigung des B-Anteils
1	-1,6465
2	-0,8504
3	-0,3272
4	-0,1278
5	-0,1303

Ähnlich wie bei der Aubergine sind die Steigungswerte nur leicht negativ, d.h. die Bräunung, welche innerhalb der Messspanne erfasst wird, ist nicht deutlich genug, um sie in diesem Versuch sichtlich zu hemmen.

### Kartoffel „Musica“, festkochend - 30.11.20

Erneut wurden 5 Messungen ohne Zitronensaft durchgeführt. Die Steigungen des B-Anteils sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Messung	Steigung des B-Anteils
1	0,6037
2	1,4160
3	0,2821
4	-0,0055
5	0,2384

Bei diesen Messungen stiegen die B-Wert Anteile im Trend an, was bei einer Bräunung nicht zu beobachten sein sollte. Die Steigungen sind jedoch eher gering.

### **Apfel**

#### Apfel „Elstar“ - 10.11.20

Apfel Elstar Demeter (Deutschland)

App: Live Color Picker and Extractor

Die Messreihen ohne Zitronensaft, 100% und 50% Zitronensaft wurden miteinander verglichen. Die Messwerte schwanken sehr (d.h. keine Geraden, sondern stark schwankende Verläufe, kein konstanter Abfall des B-Anteils erkennbar), aber die Steigung der Regressionsgeraden für die Messung ohne Zitronensaft ist steiler als die der anderen beiden Messungen. Dies deutet auf eine Hemmung der Bräunungsreaktion durch Zitronensaft hin.

#### Apfel „Braeburn“ 1 - 15.11.20

Es wurden vier Messungen ohne Zitronensaft durchgeführt.

Die Steigungen des B-Anteils sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Messung	Steigung des B-Anteils
1	-1,9190
2	-2,2472
3	-2,5330
4	-1,2544

Die Steigungswerte sind in allen Messungen negativ, stärker als bei Aubergine und Kartoffel. Die Werte fielen gleichmäßig ab, sodass eine gleichmäßige Gerade entstanden ist.

### Apfel „Braeburn“ 2 - 19.11.20

Es wurden nur zwei Messungen ohne Zitronensaft durchgeführt, da der Akku des Handys mit der App ColorGrab danach leer war. Die Steigungen des B-Anteils sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

Messung	Steigung des B-Anteils
1	-5,0354
2	-1,9334

### **Messreihen mit Zitronensaft**

Um die Hemmung der Bräunungsreaktion durch Zitronensaft zu analysieren, wurden die Zitronensaftkonzentrationen 100%, 50%, 25%, 12,5% und 6,25% verwendet. Außerdem wurde je Messreihe ein Vergleichswert ohne Zitronensaft oder andere Vorbehandlungen (0%) aufgenommen.

#### **Aubergine**

##### Messung 1 - 20.12.20

Entgegen der Erwartungen fällt die 50% Zitronensaft Kurve stärker ab als die 0% Kurve. Die B-Werte der 100% Messung steigen leicht, was gegen eine Bräunung spricht.

##### Messung 2 - 09.01.21

Erneut sind starke Schwankungen der Messwerte und ein Trend der Veränderung der B-Anteile entgegen der Erwartungen aufgefallen. Insgesamt unterscheiden sich die Steigungen zwischen den Messreihen (z.B. 0% und 100% Zitronensaft) kaum.

##### Messung 3 - 01.02.21

Die Kurven zeigen große Schwankungen, die Steigungen weisen nicht den erwarteten Trend auf. Einige Messwerte wurden von der App nicht übertragen, vor allem bei der 100%-Messreihe. Wie die Vorversuche angedeutet haben, war die Aubergine nicht für die Quantifizierung der Hemmung der Bräunungsreaktion geeignet.

#### **Apfel „Elstar“**

##### Messreihe 1 - 11.12.20

Die Steigungswerte der B-Anteile unterscheiden sich anders als erwartet, da der B-Wert der 0% Messung weniger stark abfällt als die der Messungen mit Zitronensaft.

Zitronensaft [%]	Steigung des B-Anteils
0	-0.0564
100	-0.4745
50	0.0959
25	0.3556
12.5	-0.7479
6.25	-2.1815

Die Messreihen beinhalten viele Schwankungen, weshalb die Steigungswerte als nicht verlässlich angesehen werden müssen.

#### Messreihe 2 - 20.12.20

Erneut zeigen die Steigungswerte einen unerwarteten Trend; die B-Anteile der 6,25% Messungen fallen am stärksten. Obwohl der Vorversuch vom 10.11.20 gezeigt hat, dass die Apfelsorte „Elstar“ für den Versuch geeignet sein könnte, waren weder die Messung vom 11.12.20 noch vom 20.12.20 aussagekräftig. Daher wurden die weiteren Messungen mit der Sorte „Braeburn“ durchgeführt.

#### **Apfel „Braeburn“**

#### Messung 1 - 08.01.21

Diese Messung kann als aussagekräftig und erwartungsgemäß eingestuft werden. Die Steigung der Regressionsgeraden der 0% Messung zeigt den stärksten Abfall des B-Wertes. Die Messreihe mit 100% Zitronensaft zeigte kaum Veränderungen im B-Anteil, was auf eine Hemmung der Bräunungsreaktion hindeutet. Die Steigungen der Regressionsgeraden der B-Anteile über die Zeit sind in folgender Tabelle dargestellt:

Zitronensaft [%]	Steigung
0	-6,600
100	0,1042
50	0,3825
25	-1,5671
12,5	-1,6755
6,25	-2,6950

Die Entfernung einiger Ausreißerwerte, die vermutlich durch Änderungen der Lichtverhältnisse (z.B. durch Schattenbildung bei Messaufnahme) entstanden sind, verändert die Werte kaum.

### Messung 2 - 20.01.21

Die Messung kann erneut als aussagekräftig beurteilt werden. Zwar weist die Messreihe mit 25% Zitronensaft eine ungewöhnlich hohe negative Steigung des B-Werts auf, die anderen Messreihen folgen aber dem erwarteten Trend.

### Messung 3 - 25.03.21

Die Messkurven zeigen größere Unregelmäßigkeiten und Schwankungen als bei den vorherigen beiden Messungen. Deswegen unterscheiden sich vermutlich die Messreihen 0% und 100% Zitronensaft in Summe bezüglich ihrer Steigungen der B-Anteile kaum voneinander.

### Messung 4 - 05.04.21

Die B-Anteile fielen insgesamt kaum ab, dieser Effekt ist bei allen Messreihen zu beobachten. Möglicherweise wurde ein Apfel ausgewählt, der nicht stark braun wird.

### Messung 5 - 15.04.21

Wie bei Messung 4 war in allen Messreihen nur ein geringer Abfall (oder sogar Anstieg; 100% Zitronensaft) des B-Anteils erkennbar.

### Messung 6 - 18.04.21

Die Beobachtung der beiden vorherigen Messungen bestätigte sich erneut.

### Messung 7 - 26.04.21

Insgesamt fielen die B-Werte erneut kaum ab. Bei dieser Messung jedoch wies die 0% Messreihe die stärkste negative Steigung auf, sowie die Messreihen mit 100% und 50% Zitronensaft die beiden schwächsten Änderungen der B-Werte (leicht positive Steigungen).

### **Apfel aus dem Garten**

Da alte Apfelsorten in der Literatur sowie in den bisher durchgeführten Versuchen eine stärkere Bräunungsreaktion zeigen, wurden zum Vergleich Gartenäpfel von Patrizia für weitere Messreihen verwendet. Optisch weisen diese nach 15 Minuten eine sehr starke Bräunung auf, welche durch Zugabe von 100% Zitronensaft stark abgeschwächt wird. In Abbildung 91 ist der Gartenapfel einmal ohne Zugabe von Zitronensaft (unten) und einmal nach der Behandlung mit 100% Zitronensaft (oben) nach jeweils 15 Minuten abgebildet. Die Fotos wurden am 15.08.21 (Messung 1) aufgenommen.

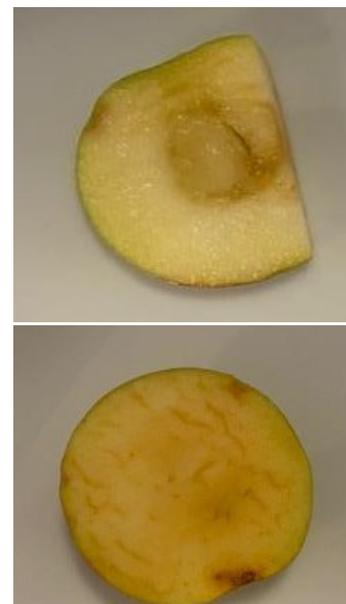


Abbildung 91 Gartenapfel

### Messung 1 - 15.08.21

Wie in obiger Abbildung erkennbar wurde der Apfel aus dem Garten schon nach kurzer Zeit deutlich braun. Die Behandlung mit Zitronensaft konnte diesen Effekt sichtlich hemmen. Dies spiegelte sich sehr deutlich in den B-Anteilen der RGB-Messungen wider. Die 0% Messreihe weist die höchste negative Steigung auf, die 100% Messreihe die zweit-niedrigste. Eine Zusammenfassung der Werte findet sich in nachfolgender Tabelle:

Zitronensaft [%]	Steigung der B-Anteile
0	-6,4277
100	-0,8860
50	-0,3263
25	-3,5301
12,5	-4,3610
6,25	-5,9435

### Messung 2 - 15.08.21

Im Anschluss wurde eine zweite Messung der Garten-Äpfel durchgeführt, die ähnliche Ergebnisse zeigt. Die Geraden zeigten insgesamt wenige Schwankungen, die Messwerte zeigten einen wie erwarteten Trend.

### **Statistische Auswertung**

Um die Ergebnisse statistisch auszuwerten, wurde IBM SPSS Statistics, Version 26, verwendet. Dazu wurden die Steigungswerte aller aussagekräftigen Messungen in die Software eingetragen.

**Tabelle Anhang 1 Steigungswerte der Sorten „Braeburn“ und der Gartenäpfel, welche in die Analyse mitaufgenommen wurden**

	Apfelsorte	Datum	Z0	Z100	Z50	Z25	Z12.5	Z6.25
1	Braeburn	08.01.21	-6,600000	,104200	,382500	-1,567100	-1,675500	-2,695000
2	Braeburn	20.01.21	-5,656800	,361400	,791300	-7,277700	-4,910900	-3,177200
3	Braeburn	25.03.21	-,284600	,286200	-3,242700	,315600	-,847400	-3,101600
4	Braeburn	05.04.21	-,715500	-,189900	,514700	,002100	,008000	,872700
5	Braeburn	15.04.21	-,334900	1,172900	,065200	-,126700	-,977600	,288700
6	Braeburn	18.04.21	-,629700	,249600	-,373500	,234900	,104600	-2,857400
7	Braeburn	26.04.21	-,859800	,380600	,886000	,361600	-,039100	,030900
8	Garten	15.08.21	-6,427700	-,886000	-,326300	-3,530100	-4,361000	-5,943500
9	Garten	15.08.21	-2,852000	-1,042100	,588700	-,670500	-4,998900	-5,933300
10								

**Tabelle Anhang 2 zweifaktorielle Varianzanalyse für Ränge nach Friedman bei verbundenen Stichproben**

**Paarweise Vergleiche**

Sample 1-Sample 2	Teststatistik	Std.-Fehler	Standardteststatistik	Sig.	Korr. Sig. <sup>a</sup>
Z0-Z12.5	-,889	,882	-1,008	,313	1,000
Z0-Z6.25	-1,000	,882	-1,134	,257	1,000
Z0-Z25	-2,000	,882	-2,268	,023	,350
Z0-Z100	-2,889	,882	-3,276	,001	,016
Z0-Z50	-2,889	,882	-3,276	,001	,016
Z12.5-Z6.25	-,111	,882	-,126	,900	1,000
Z12.5-Z25	1,111	,882	1,260	,208	1,000
Z12.5-Z100	2,000	,882	2,268	,023	,350
Z12.5-Z50	2,000	,882	2,268	,023	,350
Z6.25-Z25	1,000	,882	1,134	,257	1,000
Z6.25-Z100	1,889	,882	2,142	,032	,483
Z6.25-Z50	1,889	,882	2,142	,032	,483
Z25-Z100	,889	,882	1,008	,313	1,000
Z25-Z50	,889	,882	1,008	,313	1,000
Z100-Z50	,000	,882	,000	1,000	1,000

Jede Zeile prüft die Nullhypothese, dass die Verteilungen in Stichprobe 1 und Stichprobe 2 gleich sind. Asymptotische Signifikanz (zweiseitige Tests) werden angezeigt. Das Signifikanzniveau ist ,05.

a. Signifikanzwerte werden von der Bonferroni-Korrektur für mehrere Tests angepasst.

**Messreihen im Labor**

Zusätzlich zu den Messreihen zuhause wurden Messreihen im Labor durchgeführt. Außerdem sollte getestet werden, ob Bestandteile des Zitronensafts, Ascorbinsäure und Zitronensäure, eine ähnliche Hemmung der Bräunungsreaktion hervorrufen wie purer Zitronensaft. Dazu wurden Äpfel aus dem Garchinger Obstgarten (wilde Äpfel) verwendet.

*Bestandteile Zitronensaft: Zitronensäure: 4680 mg pro 100ml Saft; 50 mg Ascorbinsäure pro 100 ml Saft*

**pH-Wert Messungen**

Die pH-Werte wurden mittels einer Messsonde aufgenommen. Die pH-Werte aller verwendeten Lösungen sind in folgender Tabelle dargestellt:

Lösung	pH	
	Messung 1	Messung 2
100% Zitronensaft	2,74	2,80
Ascorbinsäure	6,91	6,70
Citronensäure	2,33	2,36
Citronensäure+Ascorbinsäure	2,33	

### Referenzmessungen

Insgesamt wurden 5 Referenzmessungen ohne Zitronensaft durchgeführt. Davon wurde eine Messung ohne jegliche Behandlung des Apfels durchgeführt. Vor den anderen vier Referenzmessungen wurde die Apfelscheibe kurz in Leitungswasser getaucht, um einen Effekt des Wassers auf die Bräunung auszuschließen (als „Leitungswasser“ gekennzeichnet).

Folgende Tabelle fasst die Referenzmessungen zusammen:

	<b>Steigung</b>	<b>Mittelwert</b>
<b>nur Apfel</b>	-6.9563	-6.9563
<b>Leitungswasser Messung 1</b>	-4.5097	-2.5112
<b>Leitungswasser Messung 2</b>	-2.9038	
<b>Leitungswasser Messung 3</b>	-1.6155	
<b>Leitungswasser Messung 4</b>	-1.0158	

Die Daten weisen darauf hin, dass das Eintauchen in Leitungswasser allein bereits einen Effekt auf die Bräunung des Apfels haben könnte. Da allerdings im Labor nur eine Messreihe ohne jegliche Behandlung des Apfels aufgenommen wurde, ist eine klare Aussage über den Effekt nicht zulässig.

### Zitronensaft 100%

Außerdem wurden drei Messungen mit 100% Zitronensaft durchgeführt. Die Steigung der B-Werte war in allen drei Messungen deutlich weniger negativ als bei den Referenzmessungen (Mittelwert  $m = -0.6904$ ). Dies deutet darauf hin, dass Zitronensaft die Bräunungsreaktion verlangsamt.

### Ascorbinsäure

Als ein Bestandteil der Zitronensäure sollte Ascorbinsäure die Bräunung des Apfels ebenfalls verlangsamen. Diese Hypothese wurde mittels vier Messreihen getestet. Messreihe 1 wurde verworfen, da die Aufnahme der RGB-Werten nah am Kerngehäuseerfolgt. Dies könnte die Messwerte verfälscht haben, da sich die Bräunung des Fruchtfleischs von dem des Kerngehäuses unterscheidet. Der Mittelwert der Steigungen des B-Anteils über die Zeit der verbleibenden drei Messreihen betrug -1,101. Dieser Wert ist stärker negativ als der, der mit purem Zitronensaft erreicht wurde. Da Ascorbinsäure nicht der einzige Bestandteil des Zitronensafts ist, der die Bräunung verlangsamt, entspricht dies den Erwartungen.

### Citronensäure

Auch Citronensäure ist in Zitronensaft enthalten und soll die Bräunung des Apfels verlangsamen.

Drei Messreihen zeigten, dass der Mittelwert der Steigung der B-Anteile auch hier zwischen den Werten des puren Zitronensaftes und den Werten der Referenzmessungen liegt (Mittelwert  $m = -1,6645$ ). Die Begründung hierfür ist ebenso, dass Citronensäure zwar die Bräunung verlangsamt, jedoch nicht der einzige Bestandteil im Zitronensaft ist, der dies tut.

#### Citronensäure und Ascorbinsäure

Zuletzt wurde eine Mischung von Citronensäure und Ascorbinsäure im Verhältnis 1:1 verwendet. Die Kombination der beiden Säuren sollte im Vergleich zu den Säuren im Einzelnen einen stärkeren Effekt auf die Verlangsamung der Bräunung zeigen. In allen drei durchgeführten Messreihen wurde dies bestätigt. Für die Mittelwertsermittlung wurde der Ausreißer aus Messung 1 (positive Steigung des B-Anteils) entfernt, sodass sich  $m_{\text{Mittelwert}} = -0,0082$  aus den beiden anderen Messreihen ergibt.

#### Zusammenfassung

Alle Labormessungen sind in folgender Tabelle zusammengefasst:

		<b>Steigung</b>	<b>Mittelwert</b>
<b>Referenz-</b> <b>messungen</b>	<b>nur Apfel</b>	-6.9563	-6.9563
	<b>Leitungswasser M1</b>	-4.5097	-2.5112
	<b>Leitungswasser M2</b>	-2.9038	
	<b>Leitungswasser M3</b>	-1.6155	
	<b>Leitungswasser M4</b>	-1.0158	
	<b>Zitronensaft 100% M1</b>	-1.9475	-0.6904
	<b>Zitronensaft 100% M2</b>	0.196	
	<b>Zitronensaft 100% M3</b>	-0.3198	
	<b>Ascorbinsäure M2</b>	-0.747	-1.1010
	<b>Ascorbinsäure M3</b>	-1.2527	
	<b>Ascorbinsäure M4</b>	-1.3033	
	<b>Citronensäure M1</b>	-2.3915	-1.6645
	<b>Citronensäure M2</b>	-2.8623	
	<b>Citronensäure M3</b>	0.2604	
	<b>Ascorbinsäure+Citronensäure M2</b>	-0.0734	-0.0082
	<b>Ascorbinsäure+Citronensäure M3</b>	-0.2431	

Die ermittelten Mittelwerte der Steigungen der B-Anteile in den Referenzmessungen unterscheiden sich deutlich von den Messreihen, bei welchen der Apfel zuvor chemisch behandelt wurde. Die Kombination von Ascorbinsäure und Citronensäure rief wie erwartet die stärkste Hemmung der Bräunung hervor.

### 13.2 Erprobung mit Studierenden Datentabelle

Zitronensaft- konzentration [%]	G1	G2*	G3	G4	G5	G6	G7	G8	G9	G11*	G12	G13	G14	G15	G16	G17	Mittelwert stark bräunende Äpfel (rot)	Mittelwert schwach bräunende Äpfel (blau)	
0%	-0,0029	-0,0001	-0,0018	-0,0014	-0,0015	-0,0057	-0,0011	-0,0016	-0,0059	-0,0004	-0,0034	-0,0012	-0,0009	-0,0008	-0,0015	-0,0013	-0,0045	-0,0013	
6,25%		-0,0005			-0,0011														
12,50%			-0,0014				-0,0009				-0,0023		-0,0005		-0,0008				
25%	-0,0018					-0,0031			-0,002					-0,0004		0,0005			
50%				0,0005			-0,0006			0,0001		-0,0005				-0,0003			
100%	0,0004	-0,0002	-0,0003	0,0004	0,0002	0,0002	0,001	-0,0002	-0,0003	0,0003	0,0003	0,0002	0,0004	0,0002	0,0007	0,0005			
* nicht berücksichtigt, da keine Bräunung auftrat																			

## 13.3 Genehmigung Kultusministerium

Bayerisches Staatsministerium  
für Unterricht und Kultus



Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus, 80327 München

Per E-Mail  
Frau  
Patrizia Weidenhiller  
TUM School of Education  
Arcisstraße 21  
80333 München

Ihr Zeichen / Ihre Nachricht vom

Unser Zeichen (bitte bei Antwort angeben)  
IV.7-BO4106.2020/41/10

München, 16.03.2021  
Telefon: 089 2186 2642  
Name: Herr Fischer

### **Ihr Antrag auf Erhebung "Digitale Medien zur Unterstützung fachspezifischer Arbeitsweisen in heterogenen Klassen"**

Sehr geehrte Frau Weidenhiller,

das Bayerische Staatsministerium für Unterricht und Kultus genehmigt die von Ihnen beantragte Untersuchung unter dem Vorbehalt, dass die im Folgenden genannten Auflagen im Vorfeld, während sowie nach der Erhebung beachtet werden – Grundlage dieser Auflagen ist allein der letzte Stand der eingereichten Unterlagen:

1. Die jeweilige **Schule muss mit Vorlage eines Abdrucks dieses Genehmigungsschreibens informiert** werden. Über die Durchführung einer genehmigten Erhebung entscheidet die Schulleiterin oder der Schulleiter im Einvernehmen mit dem Elternbeirat oder – sofern an Schulen ein solcher nicht eingerichtet ist – dem Schülerausschuss (§ 24 Abs. 1 Satz 4 Bayerische Schulordnung – BaySchO). Alle Teilnehmerinnen und Teilnehmer müssen mit der Durchführung einverstanden sein.

Telefon: 089 2186 0  
Telefax: 089 2186 2800

E-Mail: [poststelle@stmuk.bayern.de](mailto:poststelle@stmuk.bayern.de)  
Internet: [www.km.bayern.de](http://www.km.bayern.de)

Salvatorstraße 2 · 80333 München  
U3, U4, U5, U6 - Haltestelle Odeonsplatz

2. Aus der Auswertung der Befragungsergebnisse dürfen keine Rückschlüsse auf einzelne Schulen und Personen wie z.B. Lehrkräfte, pädagogisches Personal oder Schülerinnen bzw. Schüler möglich sein. Es wird davon ausgegangen, dass alle **datenschutzrechtlichen Bestimmungen** beachtet werden.

Bitte berücksichtigen Sie dabei insbesondere die nachfolgenden Auflagen und Hinweise:

#### ***Auflagen***

Durch geeignete Maßnahmen ist in jedem Stadium der Erhebung sicherzustellen, dass die Freiwilligkeit der Teilnahme gewahrt bleibt und eine Übermittlung der Daten an Dritte bzw. ihre unbefugte Kenntnisnahme durch Dritte ausgeschlossen ist.

#### ***Hinweise***

Die personenbezogenen Daten sind zu anonymisieren, sobald dies nach dem Forschungszweck möglich ist. Es ist insbesondere dafür Sorge zu tragen, dass den Informationspflichten gemäß Art. 13 DSGVO nachgekommen wird und entsprechende Informationen zur Verfügung gestellt werden. Die Verantwortung der erhebenden Stelle für die Einhaltung der für sie geltenden datenschutzrechtlichen Bestimmungen bleibt unberührt.

3. Der Erhebungsbogen bzw. die Erhebungsinstrumente dürfen nicht vom vorgelegten Muster abweichen. Insbesondere wird auf das Verbot kommerzieller Werbung in Schulen (Art. 84 Abs. 1 BayEUG) hingewiesen.
4. Aktenzeichen und Datum dieses Genehmigungsschreibens werden als Genehmigungsvermerk auf der ersten Seite der Fragebögen und aller Anschreiben an Schulleitung, Lehrkräfte, Eltern, Schülerinnen und Schüler etc. verzeichnet.

5. Dem Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) sind nach Abschluss der Erhebung die Ergebnisse und daraus hervorgegangene Publikationen unter Angabe des o.g. Aktenzeichens ohne weitere Aufforderung zur Verfügung zu stellen. Bitte übermitteln Sie die Unterlagen an folgende Adresse:

**Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB), z.Hd.  
Herrn Dr. Bernd Schaal, Schellingstr. 155, 80797 München.**

Das Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung erhält einen Abdruck dieses Schreibens.

Die Prüfung und die Genehmigung der Erhebung durch das Staatsministerium lassen die eigene Verantwortlichkeit des Antragstellers für die Einhaltung der einschlägigen datenschutzrechtlichen Bestimmungen unberührt. Dies gilt insbesondere für die Bestimmungen über die Datensicherheit, die Voraussetzungen der Weitergabe personenbezogener Daten und die Einhaltung gegebenenfalls erforderlicher Freigabeverfahren.

Die Letztverantwortung hinsichtlich der gesamten Erhebungsinstrumente – einschließlich Orthographie, Zeichensetzung und Formatierung – liegt allein beim Antragsteller.

Mit freundlichen Grüßen  
gez. Astrid Barbeau  
Oberstudiendirektorin

## 13.4 Instrument Pilotierung



Fragebogen\_Digitale\_Medien → 01PraeStud

Seite 01

### Herzlich Willkommen

zur Studie „Digitale Medien zur Unterstützung fachspezifischer Arbeitsweisen in heterogenen Klassen“.

Die Befragung ist Teil meines Promotionsprojektes an der Technischen Universität München. Die Studie beschäftigt sich mit dem gelingenden Einsatz digitaler Medien zur Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Ihr Beitrag ist entscheidend für das Gelingen der Studie. Dementsprechend bitte wir Sie, im folgenden Fragebogen ALLE Fragen zu beantworten.

Der Fragebogen untergliedert sich in vier Teile:

- 1) Persönliche Angaben (pseudonymisiert)
- 2) Nutzungsverhalten fachspezifischer Arbeitsweisen und digitaler Medien im Unterricht
- 3) Inklusion und digitale Medien in der Schule
- 4) Sicherheit im Umgang mit digitalen Medien im Unterricht

Für die erfolgreiche Forschung ist Ihre Teilnahme von hoher Bedeutung - herzlichen Dank bereits im Voraus für Ihre Zeit und Ihre Bereitschaft! Dieser Fragebogen ist Teil einer durch das Kultusministerium genehmigten Studie (Aktenzeichen: IV.7-BO4106.2020/41/10). Weitere Informationen erhalten Sie auf unserer Homepage: <https://www.edu.tum.de/fdls/lehrkraefftefortbildung-experimentieren-im-biologieunterricht-digital-und-fuer-alle/>

Patrizia Weidenhiller

Seite 02

### Datenschutz

Die Rechtsgrundlage zur Verarbeitung der genannten personenbezogenen Daten bildet die Einwilligung aller betroffenen Personen gemäß Art. 6 Abs. 1 UAbs. 1 Buchst. a und Art. 9 Abs. 2 Buchst. a der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) vor der Erhebung. Daten-schutzrechtlich verantwortlich ist die Technische Universität München und Ansprechpartner sind die Projektleiterinnen Prof. Dr. Claudia Nerdel und Patrizia Weidenhiller (Art. 4 Nr. 7, Art. 24 Abs. 1 DSGVO). Die Teilnahme an der jeweiligen Erhebung wird von den Lehrkräften schriftlich im Online-Tool Sosci-Survey gegeben. Die Daten werden pseudonymisiert erhoben (siehe Abschnitt Datenschutz) und liegen auf dem Server der M-net Telekommunikations GmbH (vgl. Datenschutzerklärung SosciSurvey <https://www.socisurvey.de/de/privacy>). Die Daten werden 12 Monate in verschlüsselten Sicherheitskopien auf dem Server gespeichert und anschließend endgültig gelöscht. Die IP Adresse der Befragten wird dabei nicht gespeichert.

Im Rahmen der Studie werden auch sog. besondere Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 1 DSGVO) erhoben, die in Form von Audioaufnahmen vorliegen. Die Einwilligung zur Studie umfasst explizit auch die Verarbeitung besonderer Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 2 Buchst. a DSGVO).

Es wird ausdrücklich auf die Freiwilligkeit sowie auf die streng vertrauliche und pseudonymisierte Verarbeitung und Speicherung des Datenmaterials aller Erhebungen hingewiesen. Bei der Pseudonymisierung wird der Name einer natürlichen Person nicht festgehalten. Stattdessen erhält sie eine eindeutige Kennung die sich aus dem letzten Buchstabe des ersten Vor-namens des Vaters, dem ersten Buchstaben des Vornamens der Mutter und dem Geburtstag des Vaters zusammensetzt. Eine Zuordnung des Namens auf die Kennung wird nicht vorge-nommen. Die pseudonymisierten Daten werden streng vertraulich behandelt. Die erhobenen pseudonymisierten Daten werden 8 Wochen nach dem Ende der Erhebung und Aufbereitung der Daten zusammengeführt und anschließend anonymisiert. Das bedeutet, dass die Daten der Präerhebung bei Lehrkräften, die nicht an der Intervention teilnehmen 8 Wochen nach der Präerhebung anonymisiert werden. Die Daten der Lehrkräfte, die an der Intervention und den weiteren Befragungen teilnehmen werden 8 Wochen nach der letzten Befragung anonymisiert. Zu den pseudonymisierten Daten gehören auch die mit SosciSurvey erhobenen Daten, welche auf den Servern der M-net Telekommunikations GmbH als Sicherheitskopien für 12 Monate gespeichert werden, siehe oben. Auf den Servern der TU München werden die pseu-donymisierten Daten nach dem jeweiligen Anonymisierungsschritt gelöscht. Für die wissen-schaftliche Auswertung der Daten werden lediglich die anonymisierten Daten verwendet. Es besteht für die Teilnehmer\*innen jederzeit die Möglichkeit bei jeder Frage des Fragebogens, keine Antwort zu geben. Die Teilnehmer\*innen haben das Recht gemäß Art. 13 II b der Datenschutzgrundverordnung während der Verarbeitung der personenbezogenen Daten Aus-kunft über die zu Ihrer Person gespeicherten Daten zu erhalten (Art. 15 DSGVO). Sollten un-richtige personenbezogene Daten verarbeitet werden, steht den Teilnehmerinnen und Teil-nehmern ein Recht auf Berichtigung zu (Art. 16 DSGVO). Die Teilnehmer und Teilnehmerin-nen haben stets das Recht auf Datenübertragbarkeit (Art 20 DSGVO). Überdies kann jeder-zeit bis zum Löschen der Daten, formlos und ohne Angabe von Gründen die datenschutz-rechtliche Einwilligung rückgängig gemacht werden, Widerspruch eingelegt werden (Art. 21 DSGVO und §36 BDSG), eine Löschung (Art 17 DSGVO und §35 BDSG), eine Einschrän-kung der Verarbeitung (Art 18 DSGVO) oder auch Berichtigung (Art 16 DSGVO) veranlasst werden. Ein späterer Widerruf ist auf Grund der Anonymisierung bei der Ergebnisdarstellung nicht möglich. Die Studienteilnahme wird durch den Widerruf beendet. Der Widerruf führt zur sofortigen Vernichtung der bereits erhobenen Daten. Es entstehen durch den Widerruf keine Kosten oder anderweitige Nachteile. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wenden sich dann an folgende Adressen: Technische Universität München: Herr Prof. Dr. Uwe Baumgarten, Telefon +49 (89) 289 – 18564, TeleFax +49 89 289 18557, E-Mail: [beauftragter@datenschutz.tum.de](mailto:beauftragter@datenschutz.tum.de)  
Postadresse: TUINF01 Informatik 13 - Professur für Vernetzte Rechensysteme - (Prof. Baumgarten) 85748 Garching b. München, Boltzmannstr. 3/IZusatinfo, Dienstort [TUINF01] 85748 Garching b. München, Parkring 35-39(8102)II, Raum 8102.02.603, Internet Homepa-ge <http://www.os.in.tum.de>  
Darüber hinaus besteht ein Beschwerderecht beim Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz. Diesen können sie unter folgenden Kontaktdaten erreichen:  
Postanschrift: Postfach 22 12 19, 80502 München Adresse: Wagnmüllerstraße 18, 80538 München Telefon: 089 212672-0 Telefax: 089 212672-50 E-Mail: [poststelle@datenschutz-bayern.de](mailto:poststelle@datenschutz-bayern.de)  
Internet: <https://www.datenschutz-bayern.de/>

Aus forschungstechnischen Gründen müssen die anonymisierten Daten 10 Jahre archiviert werden, sodass diese erst im Jahr 2031 gelöscht werden dürfen (dies steht in Abhängigkeit vom Ende der Datenerhebung). Die erhobenen Daten werden auf dem EDU Fakultätslaufwerk der Professur für Fachdidaktik Life Sciences der Technischen Universität München in einem Ordner gespeichert, auf welchen nur die Projektleitung Prodekanin Prof. Claudia Nerdel sowie die Projektmitarbeiterin Patrizia Weidenhiller der TUM durch personalisierte TUM-Kennungen Zugriff haben. Das Laufwerk per se ist ein zugriffsgeschützter Server des Leibniz-Rechenzentrums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ) mit folgender Adresse: \nas.ads.mwn.de\tued\09. Als Maßnahme zur Sicherung der jederzeitigen Verfügbarkeit der gespeicherten Daten erfolgt eine Sicherheitskopie auf diesem Fakultätslaufwerk. Alle anonymisierten und pseudoanonymisierten Daten werden lediglich zur Erfüllung der Forschungsziele des Projekts verwendet. Eine Überlieferung an Dritte ist dabei ausgeschlossen, abgesehen von der Transkription der Interviewaufnahmen. Die Transkription erfolgt durch den externen Transkriptionsdienst „abtipper.de“ (<https://www.abtipper.de/> c3 =bcber-uns/datenschutz-bei-abtipper/), wobei die Datentransaktion über die LRZ Cloud (<https://www.lrz.de/datenschutzerklaerung/>) erfolgt. Die Daten werden nach Beendigung des Auftrags (mit Übermittlung der Transkripte) von den Servern des Transkriptionsdienstes gelöscht. Weitere Mitarbeiter, wie geschulte wissenschaftliche Hilfskräfte der TUM, werden über das Datengeheimnis belehrt und zur Einhaltung per Unterschrift verpflichtet.

**Ich habe die Datenschutzerklärung gelesen und ich stimme dieser zu.**

- ja  
 nein

---

**Seite 03**

**Pseudonym**

---

**Geben Sie ein Pseudonym nach folgendem Schema ein:**

Letzter Buchstabe des ersten Vornamens Ihres Vaters, erster Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter und erste zwei Ziffern des Geburtstages Ihres Vaters

Beispiel:

Vorname Ihres Vaters: Maximilian

Vorname Ihrer Mutter: Barbara

Geburtstag des Vaters: 01.05.1955

Code: NB01

---

**Seite 04**

**Definitionen**

---

**1. Bitte definieren Sie digitale Medien, wie Sie sie persönlich verstehen.**

**2. Bitte definieren Sie den Begriff Inklusion/Heterogenität, wie Sie ihn persönlich verstehen.**

**Persönliche Angaben**

---

**3. Alter**

Ich bin...  Jahre alt.

**4. Geschlecht**

- Weiblich
- Männlich
- Anders
- Keine Angabe

**5. In welcher Studienphase befinden Sie sich aktuell?**

- Bachelor
- Master
- Studium Staatsexamen (LMU)

**6. Bitte geben Sie ihre aktuelle Semesterzahl (alle bisherigen Hochschulsesemester umfassend) ein.**

Fachsemester

Hochschulsesemester

**7. Studiengang**

- Lehramt an Gymnasien
- Lehramt an beruflichen Schulen
- Lehramt Grundschule
- Lehramt Mittelschule

**8. Fächerkombination**

1. Fach

2. Fach

3. Fach

**9. Welche Schulpraktika haben Sie im Rahmen Ihres Studiums bereits absolviert? (Dropout Auswahl)**

**10. Mit welchem naturwissenschaftlichem Unterrichtsfach haben Sie Ihre Praktika jeweils absolviert?**

**11. Weitere Praxiserfahrung im Unterrichten**

Geben Sie beispielsweise Tätigkeiten als Aushilfslehrkraft an.

- Nein
- Ja, folgende

*Der erste Frageblock ist schon geschafft!*

---

**Seite 06**

**Nutzungsverhalten fachspezifischer Arbeitsweisen**

---

Haben Sie folgende fachspezifische Arbeitsweisen in Ihrem naturwissenschaftlichen Unterrichtsfach im Schulpraktikum bereits eingesetzt?

**12. Experimentieren**

- Nein
- Ja. Wenn ja, wie oft insgesamt:

**13. Beobachten**

- Nein
- Ja. Wenn ja, wie oft insgesamt:

**14. Mikroskopieren**

- Nein
- Ja. Wenn ja, wie oft insgesamt:

---

**Seite 07**

**Nutzungsverhalten digitaler Medien**

---

Haben Sie in Ihren Schulpraktika zu diesen Arbeitsweisen digitale Medien genutzt?

**15. Experimentieren**

- Nein
- Ja. Wenn ja, welche und wofür?

**16. Beobachten**

- Nein
- Ja. Wenn ja, welche und wofür?

**17. Mikroskopieren**

Nein

Ja. Wenn ja, welche und wofür?

---

**Seite 08**

**18. Seit wie vielen Jahren setzen Sie digitale Medien im Unterricht ein?**

- Ich habe noch keine digitalen Medien im Unterricht eingesetzt.
- weniger als 1 Jahr
- 1-3 Jahre
- 4-5 Jahre
- 6-9 Jahre
- 10-14 Jahre
- 15-19 Jahre
- 20 oder mehr Jahre
- Möchte ich nicht angeben.

**19. Welche digitalen Werkzeuge haben Sie bzw. Ihre Schüler\*innen in Ihrem Unterricht bereits eingesetzt?**

- Präsentationen
- Digitale Poster und Pinnwände
- Videos/Audios anschauen
- Blogs
- Videos/Audios erstellen
- Online-Lernumgebungen
- Online-Quizze und Umfragen
- Interaktive Übungen und Apps
- Sonstiges (bitte angeben):
- Ich habe noch keine digitalen Werkzeuge im Unterricht eingesetzt.
- Möchte ich nicht angeben.

**20. Welche digitalen Werkzeuge haben Sie bzw. Ihre Schüler\*innen vor der CORONA PANDEMIE in Ihrem Unterricht bereits eingesetzt?**

- Präsentationen
- Digitale Poster und Pinnwände
- Videos/Audios anschauen
- Blogs
- Videos/Audios erstellen
- Online-Lernumgebungen
- Online-Quizze und Umfragen
- Interaktive Übungen und Apps
- Sonstiges (bitte angeben):
- Ich habe noch keine digitalen Werkzeuge im Unterricht eingesetzt.
- Möchte ich nicht angeben.

**21. Haben Sie bereits im Studium Digitalisierung behandelt?**

Nein

Ja. Wenn ja, welche Themen und in welchen Veranstaltungen?

**22. Haben Sie außerhalb Ihres Studiums bereits Fortbildungen zum Thema Digitalisierung besucht?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie viele und zu welchem Thema?

**23. Haben Sie bereits Schüler\*innen mit diagnostiziertem sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie viele und welche Förderschwerpunkte?

**24. Differenzieren Sie im Unterricht, beispielsweise Arbeitsaufträge, um die verschiedenen Bedürfnisse der Schüler\*innen zu erreichen?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

**25. Nutzen Sie digitale Medien für die Differenzierung im Unterricht?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

**26. Differenzieren Sie beim Einsatz fachspezifischer Arbeitsweisen (z.B. Experimentieren, Mikroskopieren, Beobachten)?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

**27. Nutzen Sie digitale Medien für die Differenzierung beim Einsatz fachspezifischer Arbeitsweisen (z.B. Experimentieren, Mikroskopieren, Beobachten) im Unterricht?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

**28. Haben Sie bereits Fortbildungen zum Thema Inklusion besucht?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie viele und zu welchem Thema?

**29. Haben Sie bereits im Studium Inklusion behandelt?**

Nein

Ja. Wenn ja welche Themen?

**Zweiter Frageblock geschafft!**

**Digitale Medien in der Schule**

Im Folgenden geht es um Ihre persönliche Einschätzung zum Einsatz digitaler Medien in der Schule.

**30. Digitale Medien sollten generell in den Lehrplänen der Schulen ein starkes Gewicht erhalten.**



**31. Der Einsatz digitaler Medien in den Schulen führt zu einer Verflachung des Unterrichtsniveaus.**



**32. Negative Folgen digitaler Medien für das Lernen werden unterschätzt.**



**33. Der Einsatz digitaler Medien ermöglicht in hohem Maße selbstbestimmtes Lernen.**



**34. Durch den Einsatz digitaler Medien können Schüler\*innen besser zum Lernen motiviert werden.**



**35. Computer und digitale Medien eröffnen Spielräume für Kreativität beim Lernen.**



**36. Der Einsatz von digitalen Medien in der Schule sorgt dafür, dass Kinder gut auf das Berufsleben vorbereitet werden.**



**37. Das Lernen mit digitalen Medien ist eine effiziente Form des Lernens.**



38. Mit digitalen Medien kann ich Unterricht adressatengerechter planen und anpassen.

Ich stimme gar nicht zu.     Ich stimme weniger zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme völlig zu.

39. Digitale Medien erlauben eine höhere Schüleraktivierung.

Ich stimme gar nicht zu.     Ich stimme weniger zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme völlig zu.

**Schon mehr als die Hälfte geschafft!**

Seite 10

**Inklusion in der Schule**

Bewerten Sie folgende Aussagen hinsichtlich Ihrer persönlichen Zustimmung!

40. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich die Qualität ihrer schulischen Förderung verbessert.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

41. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschüler\*innen in ihrer Klasse schlecht behandelt.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

42. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie sich an der Schule alleine und ausgeschlossen fühlen.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

43. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in der Regelklasse unterrichtet werden, wiegen die Vorteile für die anderen Schüler die möglichen Schwierigkeiten dieser Praxis mehr als auf.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**44. Es ist möglich, die meisten Lektionen und Materialien des Regelklassenunterrichts anzupassen, um besonderen pädagogischen Bedürfnissen gerecht zu werden.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**45. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen viel Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie nicht die Unterstützung erhalten, die sie eigentlich bräuchten.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**46. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie Freund\*innen unter ihren Mitschülern finden.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**47. Die Qualität des Regelklassenunterrichts wird besser, wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen integriert sind.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**48. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie dort auch alle Unterstützung erhalten, die sie sonst in einer Kleinklasse oder Sonderschule hätten.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**49. Der Regelklassenunterricht bietet für Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen bedeutsamere Lernmöglichkeiten als eine Kleinklasse oder Sonderschule.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**50. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschüler\*innen ihrer Klasse gut behandelt.**

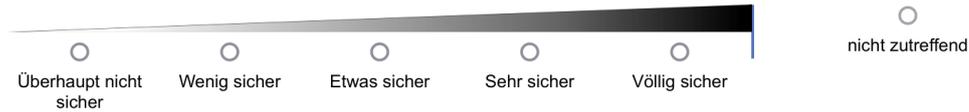
Ich stimme überhaupt nicht zu.  Ich stimme nicht zu.  Ich stimme eher nicht zu.  Ich stimme eher zu.  Ich stimme zu.  Ich stimme vollkommen zu.

**Jetzt kommt schon der letzte Frageblock!**

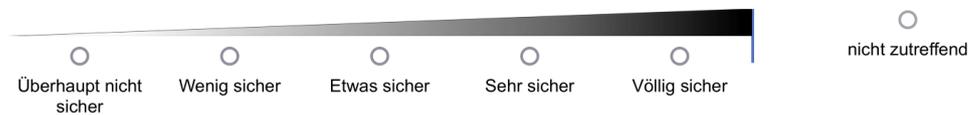
## Sicherheit in der Unterrichtsgestaltung

Bitte geben Sie an, wie sicher Sie sich bei nachstehenden Tätigkeiten fühlen!

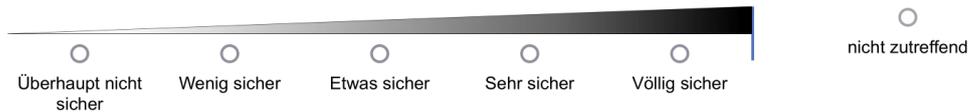
**51. Verwendung digitaler Medien um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Unterricht zu ermöglichen, z.B. Experimentieren und Modellieren**



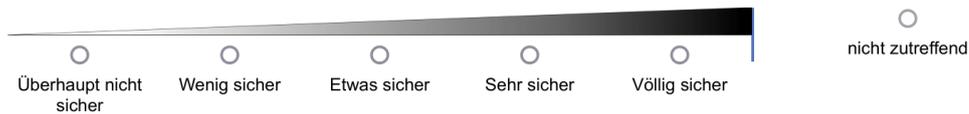
**52. Verwendung digitaler Medien um themenspezifische wissenschaftliche Aktivitäten im Unterricht zu ermöglichen (z.B. Recherche, Untersuchungen/Beobachtungen durchführen)**



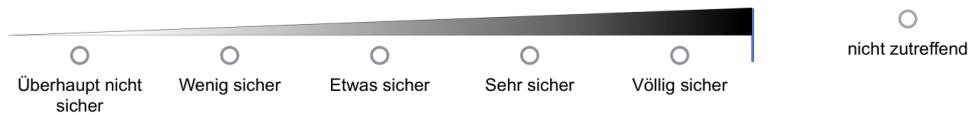
**53. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen, um wissenschaftliche Daten zu sammeln (Datenerhebung)**



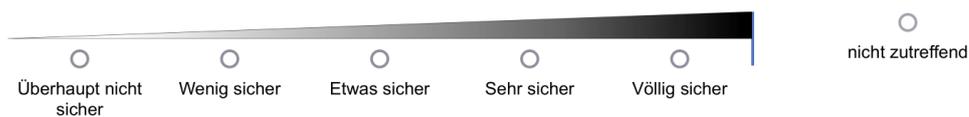
**54. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um wissenschaftliche Daten zu organisieren und Muster in diesen zu erkennen. (Datenauswertung)**



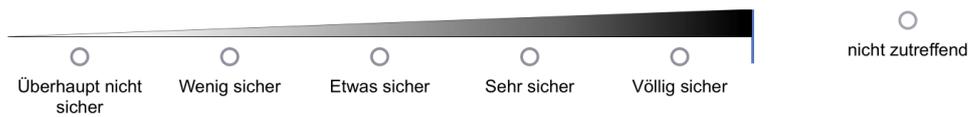
**55. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um ihre Fähigkeiten im Beobachten naturwissenschaftlicher Phänomene zu erweitern**



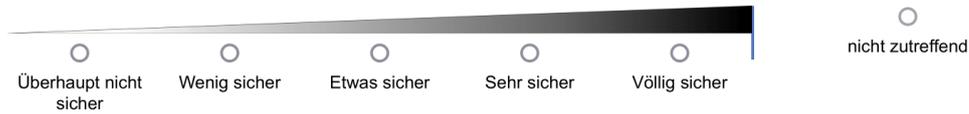
**56. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um Modelle von naturwissenschaftlichen Phänomenen zu erstellen und/oder zu ändern**



57. Digitale Technologien nutzen, um eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise allen Schüler\*innen zugänglich zu machen



58. Verwendung digitaler Technologien, um Schüler\*innen mit besonderen Bedürfnissen das naturwissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen



Seite 12

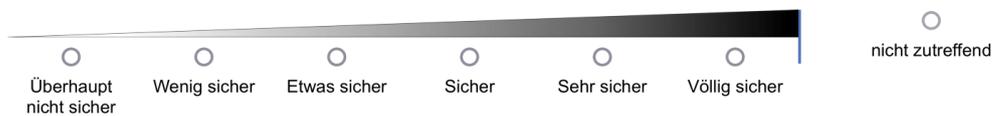
59. Bitte wählen Sie die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, die Sie am häufigsten im Biologieunterricht einsetzen und beantworten Sie die nachstehenden Fragen unter Bezugnahme zur gewählten Arbeitsweise (gilt für Item 59-67):

- Experimentieren/Modellieren
- Beobachten/Mikroskopieren

So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten, bezogen auf die oben gewählte Arbeitsweise:

Beobachten/Mikroskopieren oder Experimentieren/Modellieren...

60. ... mit Hilfe digitaler Medien in homogenen Klassen (Schüler\*innen ungefähr auf gleichem Leistungsniveau)



61. ... mit Hilfe digitaler Medien in leistungsheterogenen Klassen (sehr starke und sehr schwache Schüler\*innen vertreten)



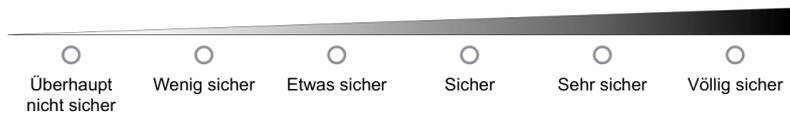
62. ...mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit Inklusionsschülern (Förderschwerpunkte Sehen, Hören, Autismus)



63. ...mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit verhaltensauffälligen Schüler\*innen (ADHS, Emotional-soziale Entwicklung)

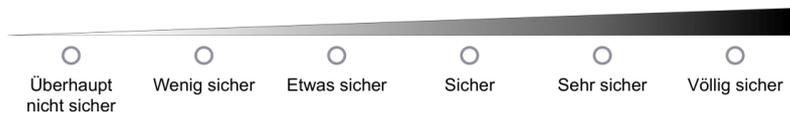


64. ... ohne digitale Medien in heterogenen Klassen



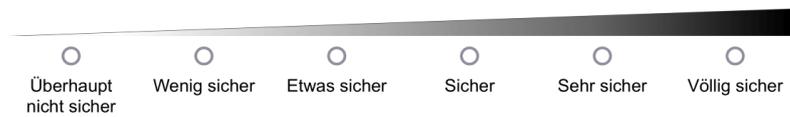
nicht zutreffend

65. ... mit Hilfe von digitalen Medien als Anleitung (Videos etc.) in heterogenen Klassen



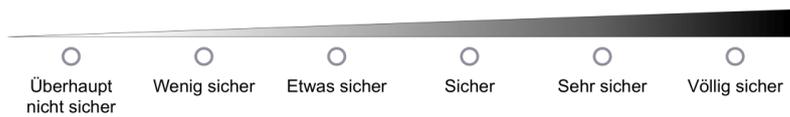
nicht zutreffend

66. ... mit Hilfe von digitalen Medien zur Erfassung der Beobachtung in heterogenen Klassen



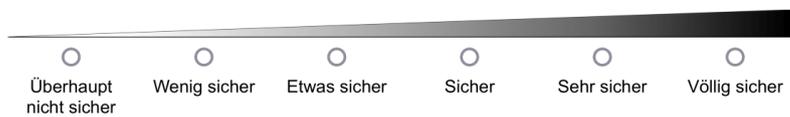
nicht zutreffend

67. ... mit Hilfe von digitaler Messwerterfassung in heterogenen Klassen



nicht zutreffend

68. ... im digitalen Raum ohne Laborpraxis in heterogenen Klassen

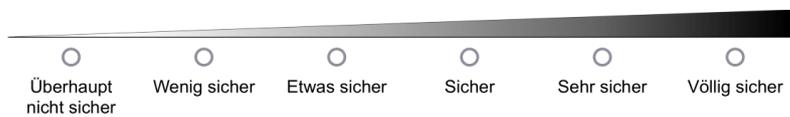


nicht zutreffend

Seite 13

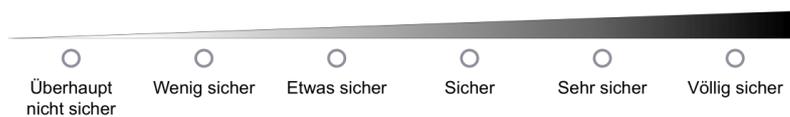
So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten:

69. Verwendung digitaler Technologien, um die Präsentation von Inhalten für die Lernenden zu verbessern.



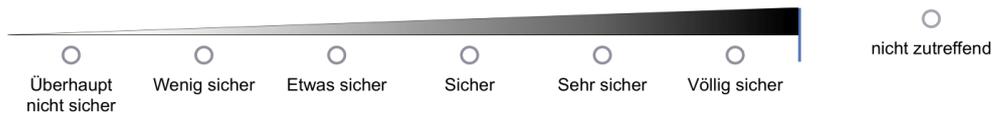
nicht zutreffend

70. Verwendung digitaler Technologien, um Lernende kognitiv zu aktivieren (Vorwissen aktivieren, problemlösender Unterricht, etc.).

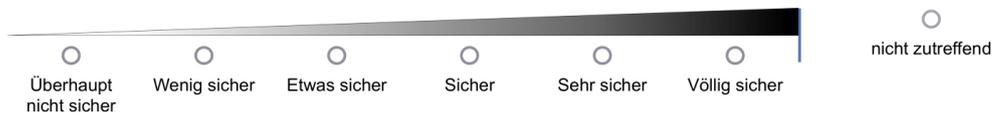


nicht zutreffend

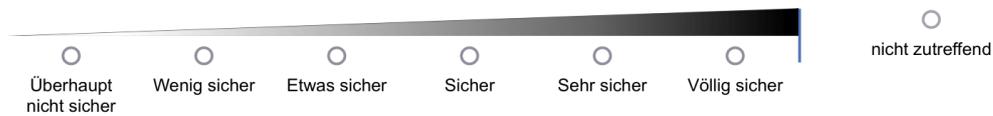
71. Verwendung digitaler Technologien, um den Lernfortschritt der Lernenden zu erfassen.



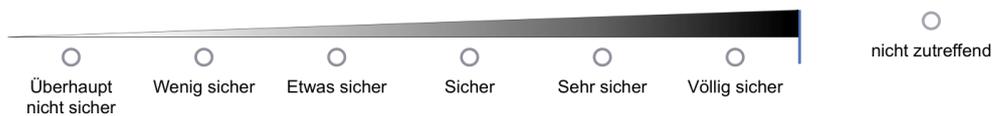
72. Verwendung digitaler Technologien, um verschiedene Schwierigkeitsgrade von Aufgaben zur Verfügung zu stellen.



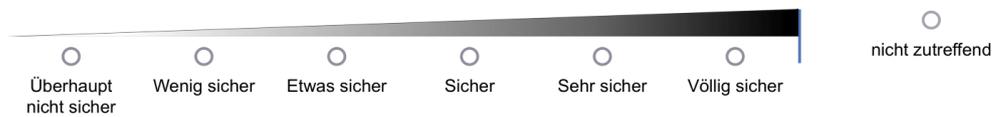
73. Verwendung digitaler Technologien für gestufte Lernhilfen.



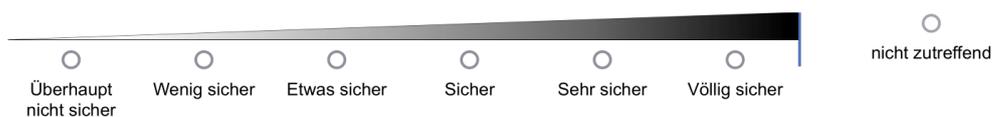
74. Verwendung digitaler Technologien zur Differenzierung von Inhalten.



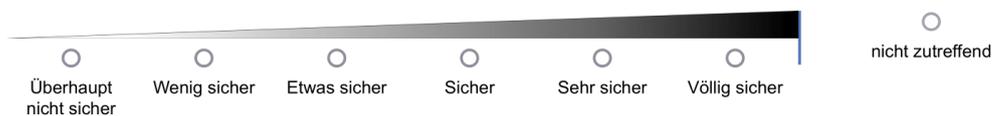
75. Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis zur Beobachtung von sonst schwierig beobachtbaren Phänomenen.



76. Verwendung digitaler Technologien, die es Wissenschaftlern erlauben, natürliche Vorgänge in Zeitlupe oder im Zeitraffer darzustellen.



77. Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis zur Aufnahme von Daten, die sich andernfalls schwer erfassen lassen.



78. Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis um Daten zu organisieren und Muster darin zu erkennen, die andernfalls schwer zu erkennen wären.

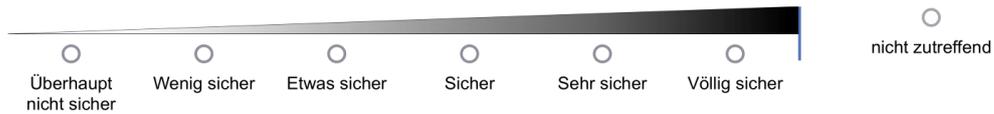


So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten:

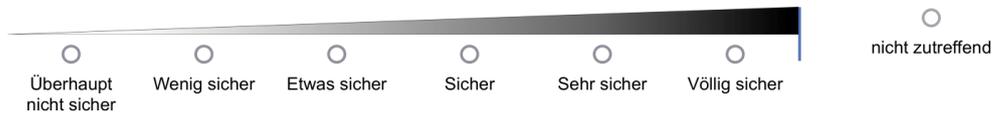
**79. Digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Experimentieren).**



**80. Digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Beobachten).**



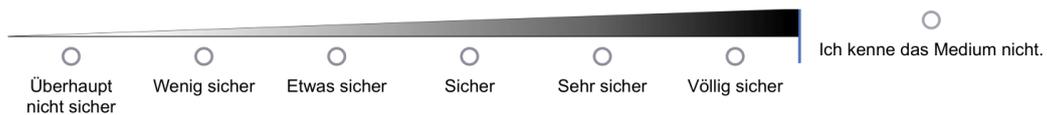
**81. Digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Mikroskopieren).**



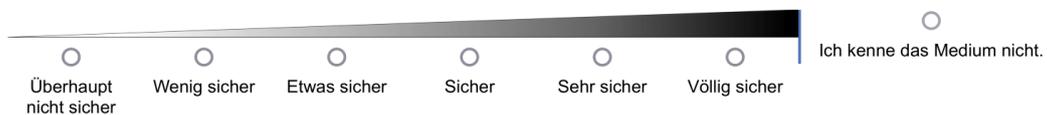
*Fast geschafft - nur noch 1 Seite!*

So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten:

**82. Eine einfache Präsentation mit PowerPoint oder ähnlichen Programmen erstellen.**



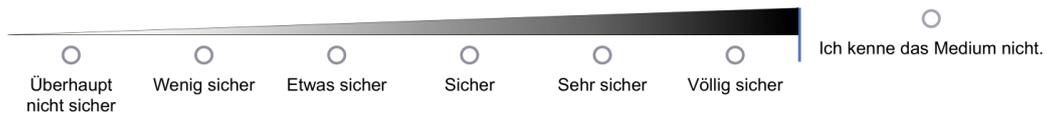
**83. Ein Dokument mit Text und Abbildungen in einem Textverarbeitungsprogramm erstellen.**



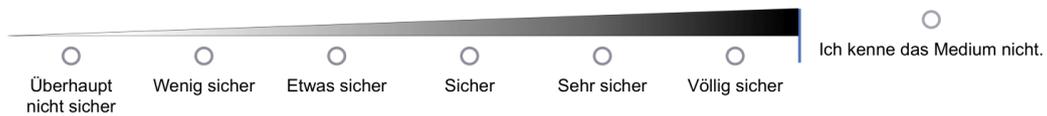
**84. Den Umgang mit einem neuen Programm selbst erlernen.**



85. Ein neues Programm installieren, das Sie verwenden wollen.



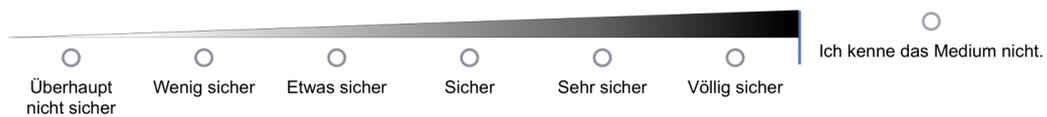
86. Ein digitales Foto aufnehmen und anpassen.



87. Einen Videoclip erstellen und anpassen.



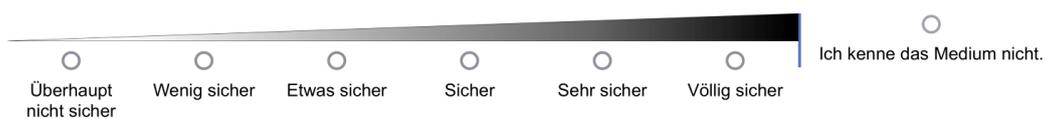
88. Erstellen und Anpassen eines eBooks.



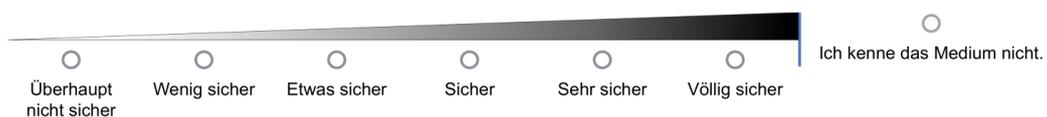
89. Erstellen eines Shared-Documents.



90. Erstellen einer digitalen Feedback-Einheit.



91. Erkennen von Anwendungen künstlicher Intelligenz (zum Beispiel intelligente Sprachassistenten, Deep Learning bei Sprachübersetzung, Chatbot sowie personalisierte Social Media/Streaming Feeds und Werbung).



Letzte Seite

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

Ich möchte mich ganz herzlich für Ihre Mithilfe bedanken.

Ihre Patrizia Weidenhiller

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

## 13.5 Fortbildungsmaterial

Abbildung Anhang 1 Präsentationsfolien



# Experimentieren im Biologieunterricht: digital und für alle?

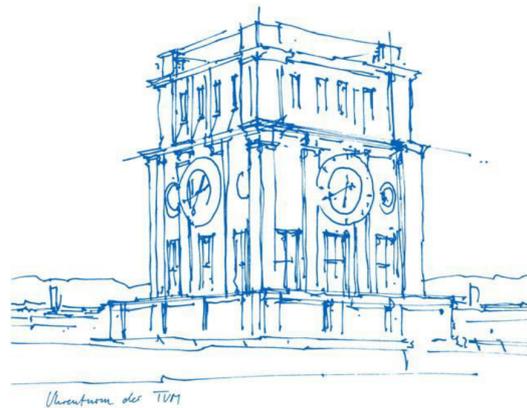
Patrizia Weidenhiller

Technische Universität München

TUM School of Education

Professur für Fachdidaktik Life Sciences

München, 05.07.2021 – 25.01.2022



## Agenda

- Enzymatische Apfelbräunung
- Das Apfelexperiment – Planung
- Kompetenzmodell TPACK
- Einsatz digitaler Medien im Unterricht
- Das Apfelexperiment – Durchführung
- Das Apfelexperiment – Besprechung
- Differenzierung im Unterricht
- Das Apfelexperiment – Diskussion

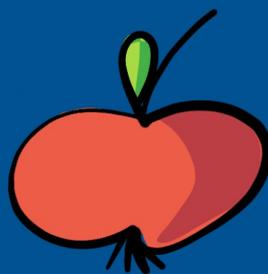
## Das können Sie am Ende des Webinars:

- Digitale Medien gewinnbringend und differenzierend im Unterricht einsetzen
- Digitale Medien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten nutzen
- Enzymatische Bräunung anhand des Apfelexperiments darstellen
- Differenzierte Experimentalphasen planen

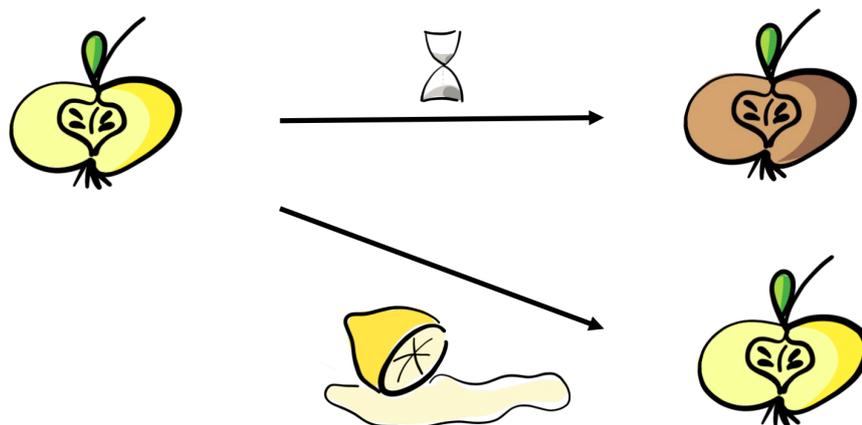
## Problemstellung

- Enzymkinetik anschaulich präsentieren
- Alltagsbezug herstellen
- Low Budget Experimente gestalten
- Bedürfnisse der einzelnen Schüler\*innen abdecken
- Hands-on: Schüler\*innen selbst experimentieren lassen (in der Schule und Zuhause)

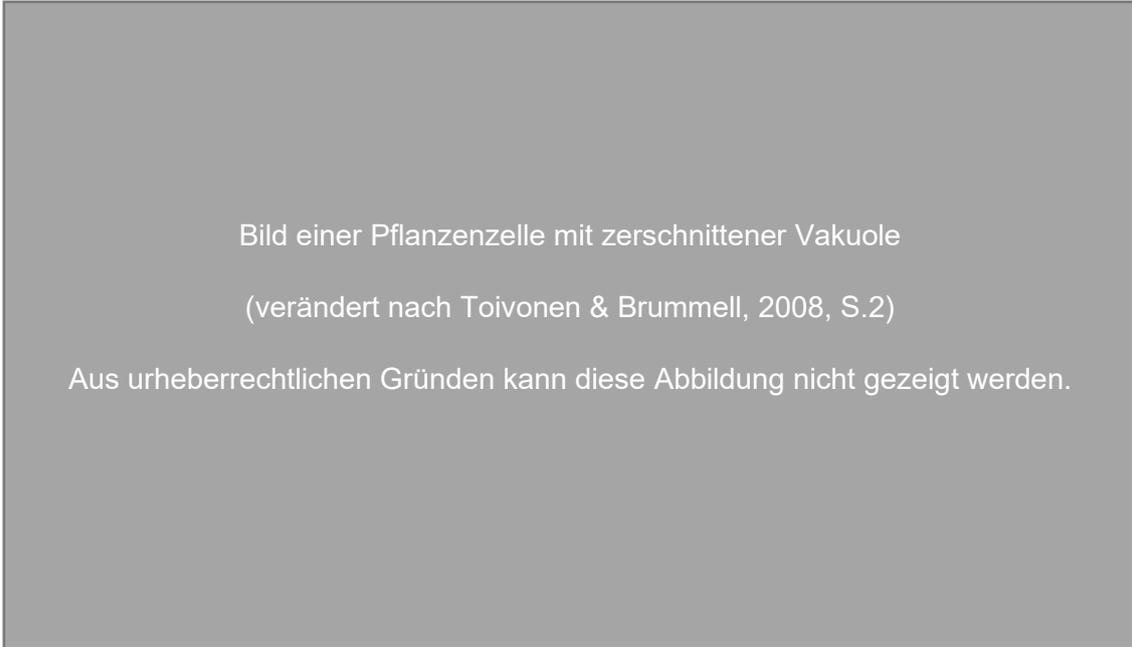
# Die enzymatische Apfelbräunung



## Phänomen

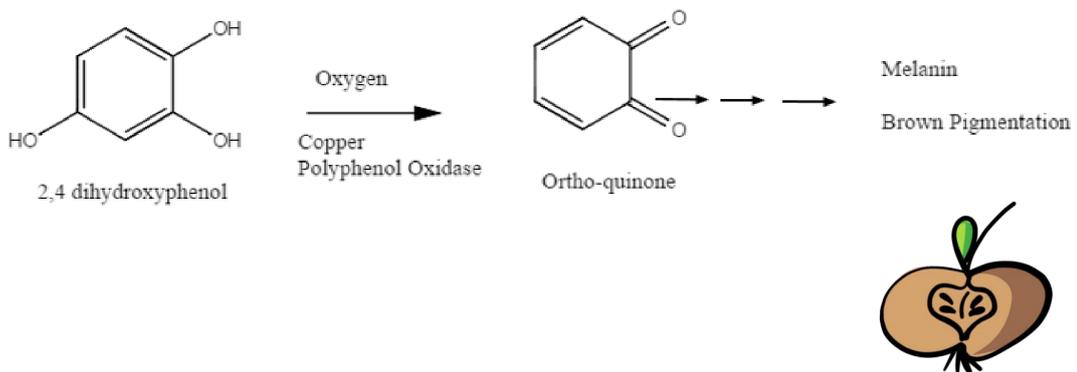


# Enzymatische Bräunung



Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 7

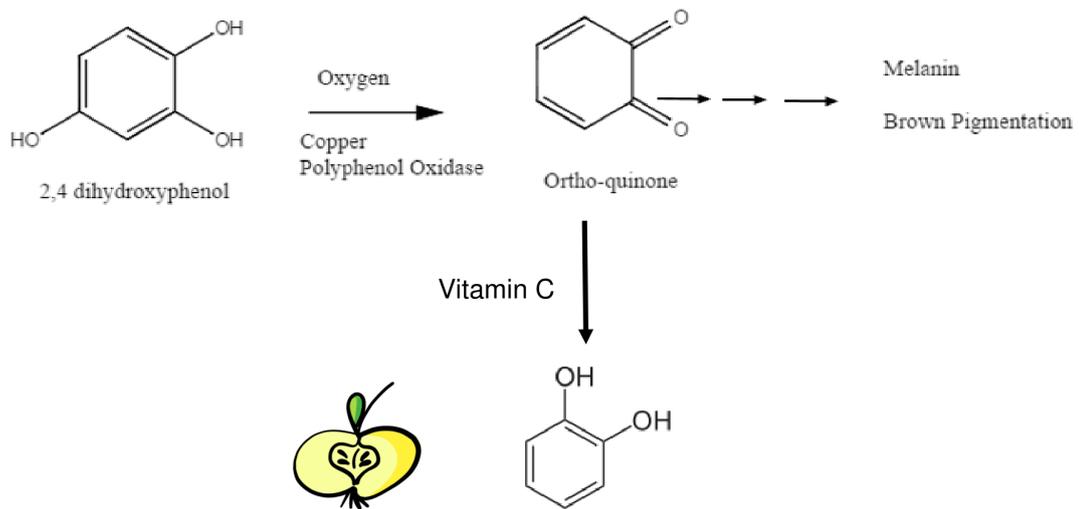
# Enzymatische Bräunung



[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/PPO\\_%282%29.png?1625141248606](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/d3/PPO_%282%29.png?1625141248606)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 8

## Hemmung der Bräunung: Redoxcycling



Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

9

## Phänomene messbar machen

Braunfärbung des Apfels messbar machen über die Erfassung der Farbe im RGB-Raum:

[Spectrumcolors](#)  
[ColorVision](#)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

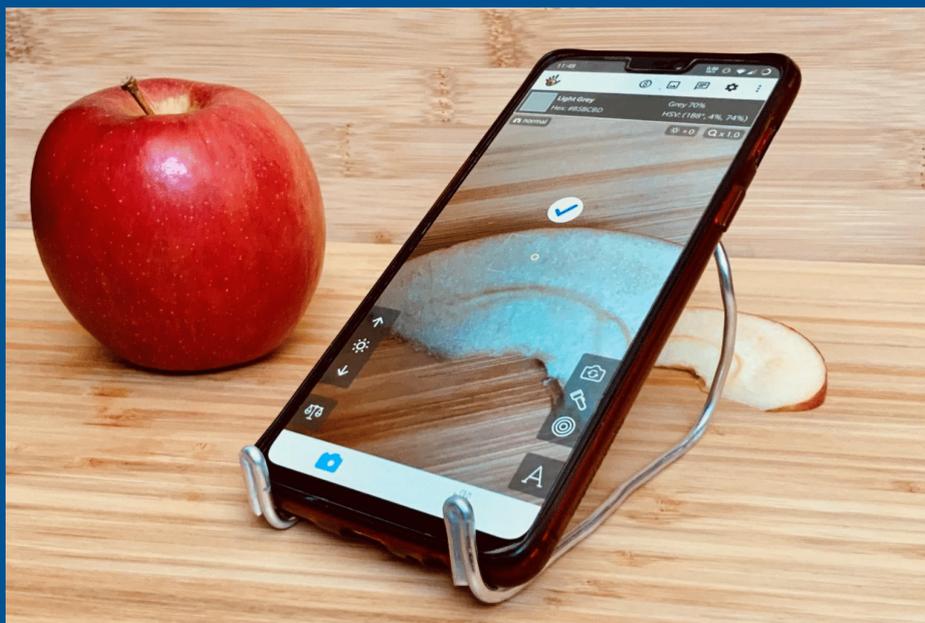
10

## Naturwissenschaftliche Erkundungsformen

Naturwissenschaftliche Erkundungsformen (Nerdel, 2017)

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

## Das Apfelexperiment: Planung



## Material

- 1 Apfel (alte Sorte wie Braeburn oder Boskop),
- 1 Zitrone,
- Schneidbrett,
- Messer,
- 2 Gläser,
- 1 Schälchen,
- Smartphone oder Tablet mit App ColorGrab (Android) oder Colorimeter (iOS),
- Stoppuhr oder Armbanduhr mit Sekundenzeiger

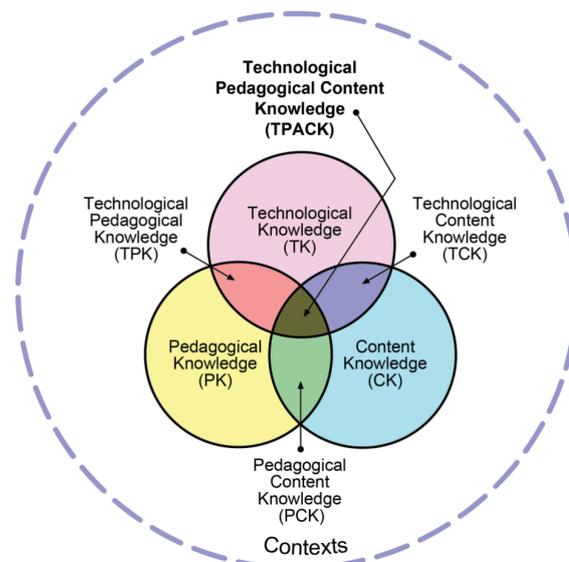
## Phasen des Experiments

Phase	Apfelexperiment	Digitales Medium
Begegnung Phänomen & Fragestellung	Apfel wird braun an Luft, mit Zitronensaft nicht	Realobjekt oder Fotos
Hypothesenbildung	Vitamin C aus Zitronensaft verhindert die Bräunung des Apfels	
Planung Versuchsaufbau	Benötigtes Material	
Durchführung	Apfelscheiben werden mit verschiedenen Zitronensaftkonzentrationen beträufelt und Bräunungsgrad wird beobachtet	App ColorGrab / Colorimeter
Beobachtung	Bräunung wird dokumentiert	App ColorGrab / Colorimeter
Auswertung	Bräunungsunterschiede auswerten	Excel
Erklärung der Zusammenhänge	Einfluss der Zitronensaftkonzentration / des Vitamin C	

# Eigene Kompetenzen – Das TPACK Modell

## Kompetenzerwartungen an Lehrkräfte

### Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK)



(Koehler & Mishra, 2009)

# Einsatz digitaler Medien im Unterricht

## Digitale Medien gestalten

- Multimediale Lernumgebungen
- Cognitive Load Theory
- Didaktische Gestaltungsmöglichkeiten
- Cognitive Theory of Multimedia Learning
- Didaktische Gestaltungsprinzipien

## Multimediale Lernumgebungen

- Lerninhalte mit Hilfe verschiedenster Medien, wie Texten, Bildern oder Grafiken, aber auch Animationen, Audiodateien und Videos bzw. Filme präsentieren
- Kombination unterschiedlicher Medien, z. B. Text und Bild
- zeit- und ortsunabhängiges Lernen und Arbeiten

→ Gestaltungsprinzipien zur Förderung der kognitiven Prozesse des Lernens

## Cognitive Load Theory (Sweller, 2005)

Grundannahmen:

- Lernen ist mit kognitiver Anstrengung verbunden.
- Wissen zu erwerben bedeutet Schemata zu konstruieren, zu erweitern oder umzustrukturieren.
- Es werden Kapazitäten im Arbeitsgedächtnis benötigt.

Drei verschiedene Arten der kognitiven Belastung (Cognitive Load) im Arbeitsgedächtnis:

- **intrinsische kognitive Belastung**
- **lernirrelevante kognitive Belastung**
- **lernbezogene oder lernrelevante kognitive Belastung**

→ intrinsische und lernirrelevante kognitive Belastung reduzieren

→ lernbezogene kognitive Belastung erhöhen

## Arbeitsgedächtnis (Baddeley, 2000)

### Funktionsweise

- räumlich-visueller Notizblock
- phonologische Schleife
- zentralen Exekutive

### Merkmale

- Relativ kurze Speicherung
- Informationen sind bewusst (Sweller, 2002)
- beschränkte Kapazität

### Wege ins Arbeitsgedächtnis

- Langzeitgedächtnis
- Sensorischer Speicher

## Cognitive Theory of Multimedia Learning (Mayer, 2005)

Instruktionspsychologisches Modell zur Verarbeitung von Informationen im Gedächtnis

Annahmen:

- **zwei Kanäle für die Informationsverarbeitung** – einen für visuell/bildhaft präsentiertes Informationsmaterial und einen für auditiv/verbales Material.
- **Arbeitsgedächtnis** verfügt nur über eine **begrenzte Kapazität**. Bei der Gestaltung von Lernmaterialien ist also zu beachten, die Lernenden nicht durch zu viele Informationseinheiten kognitiv zu überlasten.
- **aktive Verarbeitungsprozesse** nötig, um ein kohärentes mentales Modell des Lerngegenstands abzubilden.

## Gestaltungsprinzipien nach Mayer (2005, 2014)

Modalitätsprinzip

Multimediaprinzip

Redundanzprinzip

Kontiguitätsprinzip

Kohärenzprinzip

## Partnerarbeit

- Schauen Sie sich das Video an und diskutieren Sie mit Ihrem Partner die Inhalte.
- Überlegen Sie gemeinsam gute und schlechte Umsetzungsbeispiele der Prinzipien.

Bearbeitungszeit: 15 Minuten

<https://padlet.com/gerhildbarta/c3fmdhvafa4kc4tm>



## Digitales Medium oder digitales Tool?

Content

Delivery  
System

(Kerres, 2018)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 25

## Didaktische Gestaltungsmöglichkeiten

Um die lernirrelevante kognitive Belastung möglichst gering und die lernbezogene kognitive Belastung hoch zu halten, gilt „weniger ist mehr“.

Worked Example Effect

Split Attention Effect

Modality Effect

Segmentierung

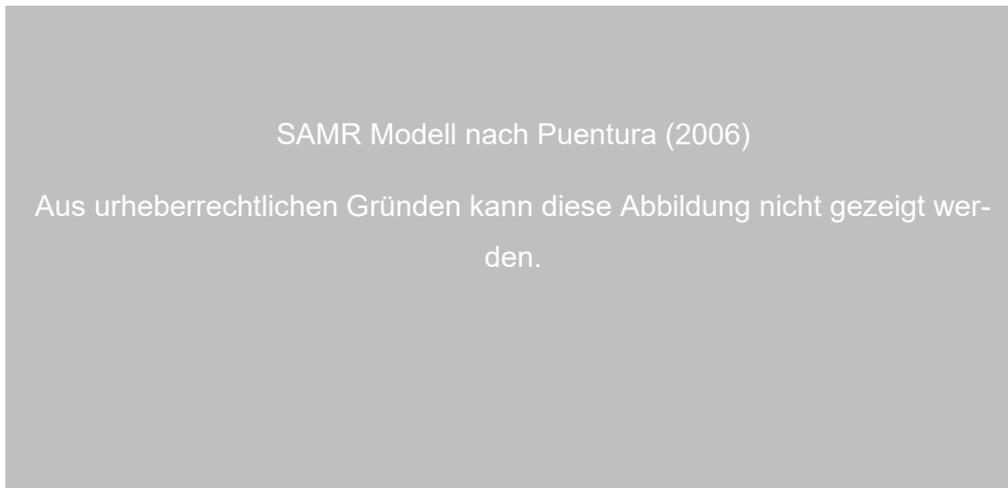
Pre-Training

(Mayer, 2005; 2014)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 26

## Einsatzmöglichkeiten digitaler Medien:

### SAMR-Modell



(nach Puentura, 2006)

## Diskussion in Partnerarbeit

### Think-Pair-Share

Think:

- Überlegen Sie anhand des SAMR Modells wo Sie in Ihrem Unterricht bereits digitale Medien verwenden und auf welcher Stufe des Modells.
- Finden Sie je ein Beispiel.
- Zeit: ca. 5 Minuten.

Pair:

- Tauschen Sie sich mit Ihrer Partner\*in aus.
- Diskutieren Sie die Häufigkeit der jeweiligen Stufe.
- Posten Sie Ihre Ideen im Padlet: <https://padlet.com/patriziaweidenhiller/y83j5r18d5abbtuy>
- Zeit: ca. 10 Minuten.

Share (im Plenum):

- Besprechung der Ergebnisse.

10 min Kaffeepause

## Heterogene Bedürfnisse der Schüler\*innen

Comic zur Chancengleichheit: Flamingo, Pinguin, Affe, Elefant, Goldfisch und Hai sollen laut einer Lehrperson zum Ziel einer gerechten Auslese als Prüfungsaufgabe auf einen Baum klettern.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

Abrufbar unter:

<https://alex-fischer-duesseldorf.de/wp-content/uploads/2018/12/chancengleichheit.jpg>

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

## Diskussion in Partnerarbeit

### Think-Pair-Share

Think:

- Interpretieren Sie die Karikatur hinsichtlich der Bedürfnisse von Schüler\*innen
- Zeit: ca. 2 Minuten.

Pair:

- Tauschen Sie sich mit Ihrer Partner\*in aus
- Beziehen Sie in Ihre Überlegungen das die digitalen Medien mit ein.
- Zeit: ca. 5 Minuten.

Share (im Plenum):

- Besprechung der Ergebnisse.

Comic zur Chancengleichheit: Flamingo, Pinguin, Affe, Elefant, Goldfisch und Hai sollen laut einer Lehrperson zum Ziel einer gerechten Auslese als Prüfungsaufgabe auf einen Baum klettern.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

Abrufbar unter:

<https://alex-fischer-duesseldorf.de/wp-content/uploads/2018/12/chancengleichheit.jpg>

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

## UN-Behindertenrechtskonvention

### Artikel 24 – Bildung

(1) Die Vertragsstaaten anerkennen das Recht von Menschen mit Behinderungen auf Bildung. Um dieses Recht ohne Diskriminierung und auf der Grundlage der Chancengleichheit zu verwirklichen, **gewährleisten die Vertragsstaaten ein integratives Bildungssystem** auf allen Ebenen und lebenslanges Lernen mit dem Ziel, [...]

### Article 24 – Education

1. [...] States Parties shall ensure an **inclusive** education system at all levels and lifelong learning [...]

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

## Exklusion

Ein Kreis mit blauen Symbolen innen und bunten Symbolen außen herum verteilt.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg/341px-Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte_zur_Inklusion.svg/341px-Schritte_zur_Inklusion.svg.png)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

## Separation

Ein Kreis mit blauen Symbolen innen und bunten Symbolen in kleinen Kreisen außerhalb des großen Kreises.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg/341px-Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte_zur_Inklusion.svg/341px-Schritte_zur_Inklusion.svg.png)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

## Integration

Ein Kreis mit blauen Symbolen innen und bunten Symbolen in extra Kreisen innerhalb des großen Kreises farblich sortiert.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg/341px-Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte_zur_Inklusion.svg/341px-Schritte_zur_Inklusion.svg.png)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

## Inklusion

Ein Kreis mit bunten Symbolen. Die Kreislinie ist ausgebeult und passt sich den Symbolen an.

Aus urheberrechtlichen Gründen kann diese Abbildung nicht gezeigt werden.

[https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg/341px-Schritte\\_zur\\_Inklusion.svg.png](https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/86/Schritte_zur_Inklusion.svg/341px-Schritte_zur_Inklusion.svg.png)

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

# Inklusion durch eine Vielfalt schulischer Angebote

## BayEUG

### Art. 2 Aufgaben der Schulen

(2) Inklusiver Unterricht ist Aufgabe aller Schulen.

### Art. 30a Zusammenarbeit von Schulen, kooperatives Lernen

(7) Formen des kooperativen Lernens sind:

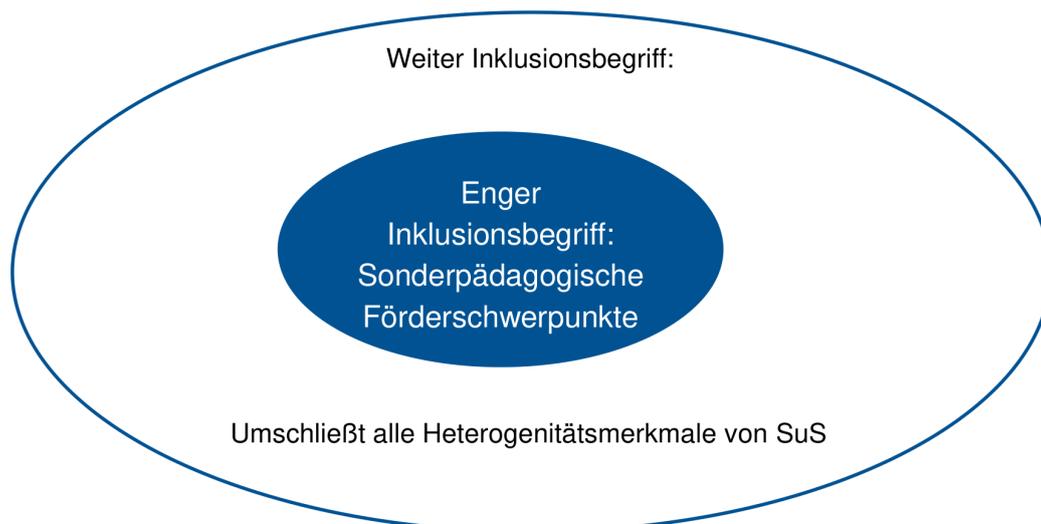
1. Kooperationsklassen [...]
2. Partnerklassen [...]
3. Offene Klassen der Förderschule [...]

### Art. 30b Inklusiv Schule

- (1) Die inklusive Schule ist ein Ziel der Schulentwicklung aller Schulen.
- (2) [Inklusion einzelner Schülerinnen und Schüler]
- (3) [...] Schulprofil „Inklusion“ [...]

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

# Der Inklusionsbegriff



# Sonderpädagogischer Förderbedarf

## Definition

Sonderpädagogischer Förderbedarf geht über den Förderbedarf, den die Schule ohne zusätzliche Ressourcen abdecken kann hinaus

## 7 Sonderpädagogische Förderbedarfe in Bayern

Sehen

Hören

Körperliche und motorische Entwicklung

Geistige Entwicklung

Sprache

Lernen

Emotionale und soziale Entwicklung

Bereich der Autismus-Spektrum-Störungen

*(Bayerisches Staatsministerium für Bildung und Kultus, Wissenschaft und Kunst [KM], 2019)*

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

# Inklusive Didaktik

## Didaktik:

Theorie und Praxis des Lehrens und Lernens (Jank & Meyer, 2011)

## Inklusive Didaktik:

- Diverse Ansätze zur Gestaltung gemeinsamen Unterrichts von Schüler\*innen mit und ohne sonderpädagogischem Förderbedarf und allen weiteren Heterogenitätsdimensionen
- in schulartspezifische (Fach-)Didaktiken integrieren
- Rahmenbedingungen der jeweiligen Schulart beachten bei Umsetzung

## Inklusive Didaktik nach Kersten Reich (2013, 2014)

Unterricht aufbereiten, dass ALLE Schüler\*innen teilhaben können

Unterrichtsprinzipien: innere Seite des Unterrichts

- Handlungsorientierung
- Situationsorientierung
- Bedürfnisorientierung
- multisensorische Orientierung
- soziales Lernen
- Fächerverbindender Unterricht
- Selbsttätigkeitsorientierung
- Zielorientierung

## Inklusive Didaktik nach Kersten Reich (2013, 2014)

Unterrichtsformen: äußere Seite des Unterrichts

- Freiarbeit
- Wochenplanarbeit
- Gesprächskreis
- Lehrgang (Frontalunterricht)
- Übungen und die Einzelförderung beziehungsweise Förderung in Kleingruppen

Keine konkrete Handlungsempfehlung!

Bezug zur Fachdidaktik?

## NinU Raster



10 min Kaffeepause

## Durchführung des Apfelexperiments



Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

47

## Material

- 1 Apfel (alte Sorte wie Braeburn oder Boskop),
- 1 Zitrone,
- Schneidbrett,
- Messer,
- 2 Gläser,
- 1 Schälchen,
- Smartphone oder Tablet mit App ColorGrab (Android) oder Colorimeter (iOS),
- Stoppuhr oder Armbanduhr mit Sekundenzeiger

→ Word-Anleitung

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022

48

## Apps

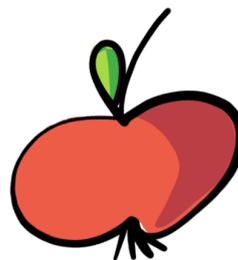


ColorGrab - Android

Colorimeter - iOS

## Eigenarbeitsphase

- Versuchsvorbereitung:
  - Setting vorbereiten
  - Zitronensaft auspressen
  - Leitungswasser bereitstellen
- Versuchsdurchführung:
  - Führen Sie den Vorversuch durch (ca. 15 Minuten).
  - Führen Sie das Experiment mit 100% Zitronensaft durch (ca. 15 Minuten).
  - Führen Sie das Experiment mit 0% Zitronensaft (100% Leitungswasser) durch (ca. 15 Minuten)
- Versuchsauswertung:
  - Übertragen Sie die Daten in ein Excel-Sheet
  - Kommen Sie zurück in den Zoom-Raum.
- **Arbeitszeit: 60 Minuten**



## Mittagspause

## Besprechung des Apfelexperiments

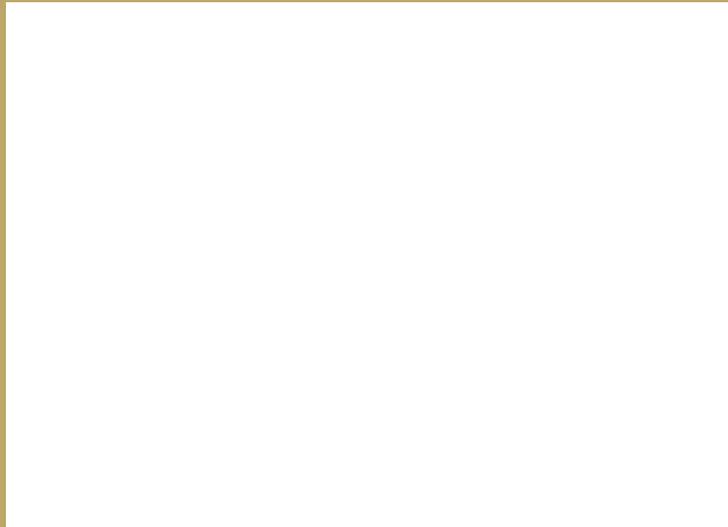


## Auswertung der Ergebnisse

## Besprechung der Durchführung

- Was hat gut geklappt?
- Wo lagen Schwierigkeiten?
- Welche Schwierigkeiten sehen Sie für Schüler\*innen?
- Welche Chancen/Vorteile/Mehrwert sehen Sie für Schüler\*innen?
- Zeit: 10 Minuten

**Link zum Padlet:** <https://padlet.com/patriziaweidenhiller/6rrt4zxvqjev3q8t>



Kaffeepause – 10 Min

## Diskussion des Apfelexperiments

# Digitalisierung & Differenzierung Apfelexperiment

Phase 1: (3er Gruppen) 15 Min

Gruppe A	Gruppe B
Überlegen Sie sich Differenzierungsmaßnahmen für das Apfelexperiment	Finden Sie in Ihrer Gruppe alternative digitale Medien oder Tools für einzelne Phasen.

Phase 2: (Partnerarbeit AB)

- Stellen Sie sich gegenseitig Ihre Überlegungen vor.
- Diskutieren Sie die vorgestellten Ergebnisse.
- Reichern Sie die Tabelle mit Ihren Ideen an.  
<https://docs.google.com/document/d/11TBu8TSH1h0PyCPZcSWusGo4H0z3J1oC9SfwSUWmnlc/edit?usp=sharing>
- Zeit: ca. 15 Minuten.

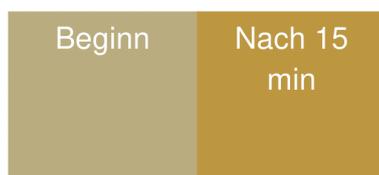
Diskussion:

- Besprechung der Ergebnisse.

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 57

## Weitere Darstellungsidee

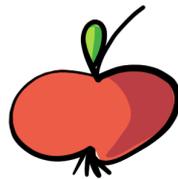
- Farbtafeln in PPP



Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 58

## Einsatzbereiche Apfelexperiment

Gentechnik / Züchtung



Enzymkinetik

## Postbefragung

[https://www.soscisurvey.de/Fragebogen\\_Digitale\\_Medien/?q=02Post](https://www.soscisurvey.de/Fragebogen_Digitale_Medien/?q=02Post)



## Das können Sie am Ende des Webinars:

- Digitale Medien gewinnbringend und differenzierend im Unterricht einsetzen
- Digitale Medien zum naturwissenschaftlichen Arbeiten nutzen
- Enzymatische Bräunung anhand des Apfelexperiments darstellen
- Differenzierte Experimentalphasen planen

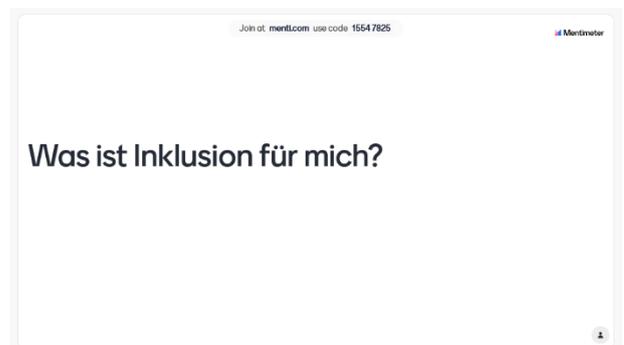
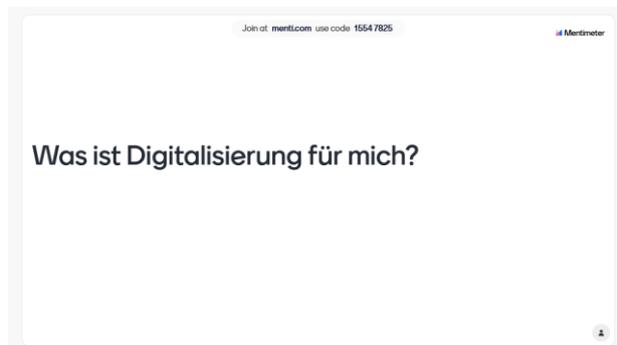
# Quellen

- AK "Lernförderliche Gestaltung digitaler Medien für den Unterrichtseinsatz" - ISB (2020), Lerntheoretische Grundlagen multimedialer Lernszenarien, in: mebis – Landesmedienzentrum Bayern, URL: <<https://www.mebis.bayern.de/p/26852>> (14. Dezember 2020).
- Baddeley, A. D. (2000). The episodic buffer: A new component of working memory. *Trends in Cognitive Science*, 4, 417-423.
- Bayerischen Staatsministerium für Unterricht und Kultus (KM) (2019): Bayerns Schritte auf dem Weg zur Inklusion. Inklusion durch eine Vielfalt schulischer Angebote Konzept – bisherige Leistungen bis zu Beginn des Schuljahres 2019/2020.
- Jank, Werner; Meyer, Hilbert (2011): Didaktische Modelle. 10. Aufl. Berlin: Cornelsen Scriptor.
- Kerres, M. (2018). Mediendidaktik: Konzeption und Entwicklung digitaler Lernangebote. (5). Oldenburg: De Gruyter.
- KMK (2016). Bildung in der digitalen Welt - Strategie der Kultusministerkonferenz. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung\\_digitale\\_Welt\\_Webversion.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/pdf/PresseUndAktuelles/2016/Bildung_digitale_Welt_Webversion.pdf).
- Koehler, M.J. & Mishra, P. (2009). What Is Technological Pedagogical Content Knowledge? *Contemporary Issues in Technology and Teacher Education*, 9(1), 60-70.
- Mayer, R. E. (2005). Cognitive Theory of Multimedia Learning. In Mayer, R. E. *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*. (S. 31-48). Cambridge, U.K.: Cambridge University Press.
- Mayer, E. (2014). *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (2. Aufl.). New York: Cambridge University Press.
- Reich, K. (2013). Inklusive Didaktik – Konstruktivistische Didaktik. In K. Zierer, D. Lamres, & C. v. Ossietzky (Eds.), *Handbuch für Allgemeine Didaktik 2013* (pp.133–149). Hohengehren: Schneider Verlag.
- Reich, K. (2014). *Inklusive Didaktik: Bausteine für eine inklusive Schule*. Weinheim: Beltz Verlag
- Stinken-Rösner, L., Rott, L., Hundertmark, S., Baumann, Th., Menthe, J., Hoffmann, Th., Nehring, A. & Abels, S. (2020). Thinking Inclusive Science Education from two Perspectives: inclusive Pedagogy and Science Education. *RISTAL*, 3, 30–45.
- Sweller, J. (2005). Implications of cognitive load theory for multimedia learning. In R. E. Mayer (Hrsg.), *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning* (S. 19-30). Cambridge, MA: Cambridge University Press.
- Toivonen, P. M.A., & Brummell, D. A. (2008). Biochemical bases of appearance and texture changes in fresh-cut fruit and vegetables. *Postharvest Biology and Technology*, 48(1), 1–14. <https://doi.org/10.1016/j.postharvbio.2007.09.004>.

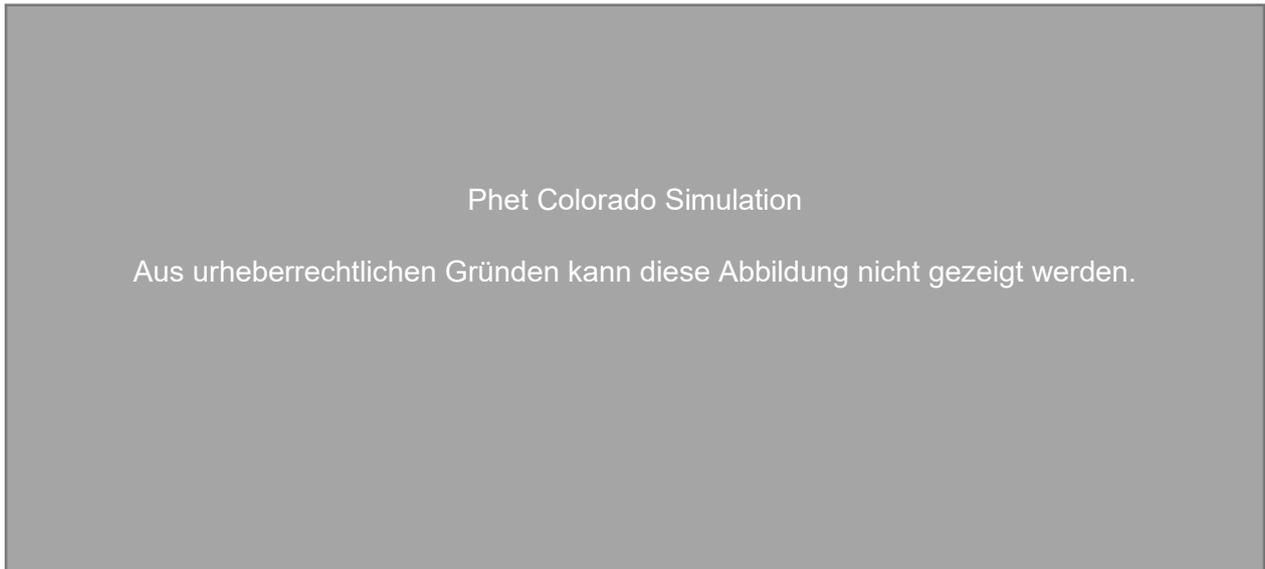
Vielen Dank für Ihre Teilnahme!

Patrizia Weidenhiller (TUM) | „Experimentieren im Biologieunterricht: Inklusiv und für alle?“ | 05.07.2021 – 25.01.2022 65

**Abbildung Anhang 2 Mentimeter 1 Einstieg**

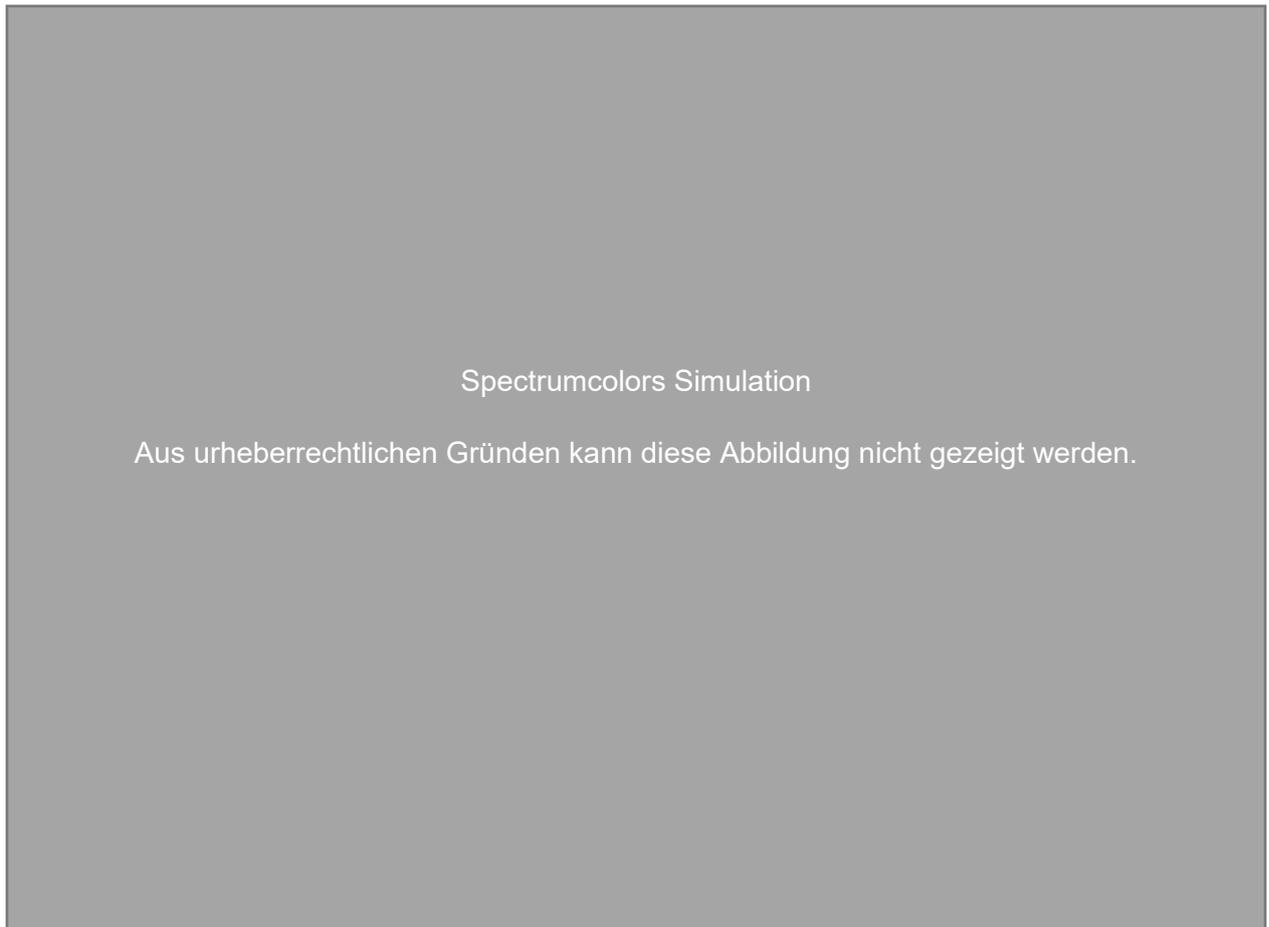


**Abbildung Anhang 3 PHET Simulation Color Vision Screenshot**



[https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision\\_en.html](https://phet.colorado.edu/sims/html/color-vision/latest/color-vision_en.html)

**Abbildung Anhang 4 Spectrumcolors Simulation Screenshot**



[http://www.spectrumcolors.de/cor\\_rgb\\_demo.php](http://www.spectrumcolors.de/cor_rgb_demo.php)

## Abbildung Anhang 5 Padlet 1 - Gestaltung

**Gestaltungsprinzipien nach Mayer**  
Gute und schlechte Umsetzungsbeispiele

Umsetzungsbeispiele <sup>i</sup> Modalitätsprinzip:	Umsetzungsbeispiele <sup>i</sup> Multimedia-Prinzip:	Umsetzungsbeispiele <sup>i</sup> Redundanzprinzip:	Umsetzungsbeispiele <sup>i</sup> Kontiguitätsprinzip:	Umsetzungsbeispiele <sup>i</sup> Kohärenzprinzip:	Weitere konkrete oder allgemeine Beispiele:
+	+	+	+	+	+

## Abbildung Anhang 6 Padlet 2 SAMR Modell

**SAMR Modell**  
Bitte sammelt hier Eure Ideen

Substitution <sup>i</sup>	Augmentation <sup>i</sup>	Modifikation <sup>i</sup>	Redefinition <sup>i</sup>
+	+	+	+

## Bestimmung der Phenoloxidase-Aktivität (enzymatische Bräunung)

<b>Geräte</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 5 kleine Schüsseln oder Gläser</li> <li>• 1 Teller, möglichst einfarbig</li> <li>• Schneidbrett und Messer</li> <li>• Pinzette, Zange oder Zahnstocher</li> <li>• Smartphone mit „ColorGrab“ für Android oder „Colorimeter“ für iOS</li> <li>• Stoppuhr (zum Beispiel am Handy, PC, Uhr,...)</li> </ul>
<b>Chemikalien</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Zitronensaft, ca. 300 mL</li> <li>• Leitungswasser</li> <li>• 2 Äpfel (alte Sorte! z.B. Boskoop, Gravensteiner, Elstar)</li> </ul>

**Lesen Sie die Anmerkungen komplett durch bevor Sie das Experiment starten.**

**Versuchsdurchführung:****Vorversuch:**

Messen Sie die Zeit, in der sich ein Stück ihres Obstes ohne Zugabe jeglicher Stoffe deutlich braun färbt. Nehmen Sie dabei Messwerte wie in Schritt 4 beschrieben auf.

**Experiment:**

1. Stellen Sie die folgende Verdünnungsreihe her:
  - a. 100 % Zitronensaft
  - b. 50 % Zitronensaft, 50 % Leitungswasser
  - c. 25 % Zitronensaft, 75 % Leitungswasser
  - d. 12,5 % Zitronensaft, 87,5 % Leitungswasser
  - e. 6,25 % Zitronensaft, 93,75 % Leitungswasser
  - f. 0 % Zitronensaft, 100 % Leitungswasser
  - Mit einer Küchenwaage oder einem Messbecher arbeiten. Halbieren der nächst größeren Konzentration bietet sich bei den niedrigen Konzentrationen an (die Hälfte mit Wasser auffüllen).
2. Eine 1 cm dicke Scheibe außerhalb des Kerngehäuses aus dem Apfel schneiden. Im Aufnahmebereich sollte kein Kerngehäuse sein.
3. Die Scheibe mit einer Pinzette oder Zahnstochern in Lösung a. für 5 Sekunden eintauchen und auf den Teller legen.
4. Mit der App für 15 min. alle 60 Sekunden RGB-Werte erfassen (Anmerkungen unten beachten).
5. Schritte 2 – 4 mit allen Lösungen wiederholen.

**Hinweis:** Die Schritte 2 & 3 sollten für jede Konzentration ungefähr gleich lange dauern, also zum Beispiel immer 10 Sekunden zwischen Anschnitt des Apfels und Erfassen des ersten Messwertes.

**Beobachtung:**


---



---



---

### Auswertung Android:

1. Die RGB-Werte aus der App exportieren (csv Semicolon) und in Excel öffnen (Export bei Android möglich)
2. Ggf. Daten mittels „Text in Spalten“ Funktion unter „Daten“ aufbereiten, Zellen trennen.
3. Datumsspalte (erste Spalte) als hh:mm:ss formatieren (entfällt je nach Office Version evtl.)
4. Blau-Anteil in neuer Spalte berechnen:  $B/(R+G+B)$
5. Aus dem B-Anteil ein Punktdiagramm mit interpolierten Linien und Datenpunkten erstellen (x: Zeit; y: B-Werte)
6. Lineare Regression (Steigung) in Excel berechnen (Regression im Diagramm anzeigen lassen, meist unter „Diagramm formatieren“, „weitere Optionen zu Trendlinie“ o.ä. zu finden)
7. Mit b, c, d, e und f wiederholen und Regressionen vergleichen

### Auswertung iOS:

1. Die RGB-Werte aus der App händisch in ein Excelsheet übertragen.
2. Eine neue Spalte mit „Messzeitpunkt“ benennen und die Messzeitpunkte als Zahlen eintragen neben den Messwerten.
3. Blau-Anteil in neuer Spalte berechnen:  $B/(R+G+B)$
4. Aus dem B-Anteil ein Punktdiagramm mit interpolierten Linien und Datenpunkten erstellen (x: Zeit; y: B-Werte)
5. Lineare Regression (Steigung) in Excel berechnen (Regression im Diagramm anzeigen lassen, meist unter „Diagramm formatieren“, „weitere Optionen zu Trendlinie“ o.ä. zu finden)
6. Mit b, c, d, e und f wiederholen und Regressionen vergleichen



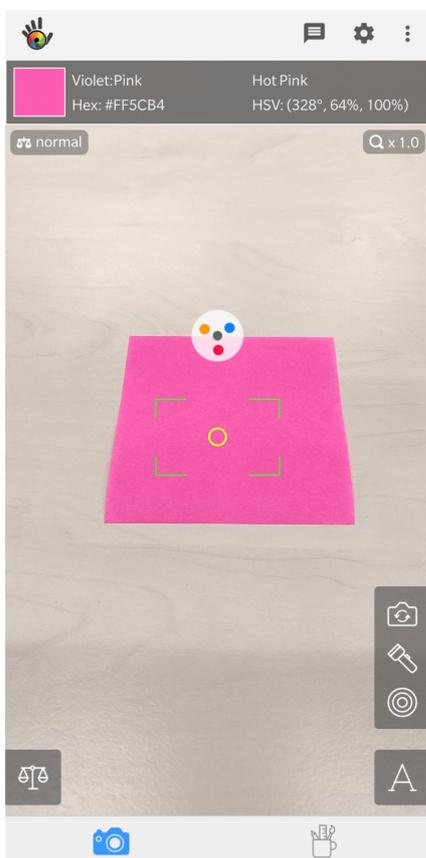
### Interpretation:

- Nennen Sie den chemischen Parameter, welcher der Regression entspricht!
- Erklären Sie die unterschiedlichen Regressionen anhand ihres Fachwissens!

### Anmerkungen für die Lehrkraft:

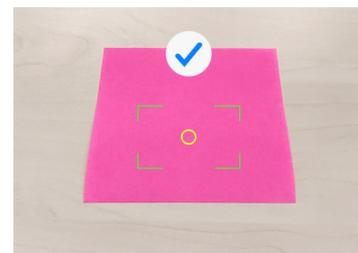
- Planen Sie für das Experiment **etwa 4 Stunden inklusive Auswertung** ein, wenn Sie es allein mit allen Konzentrationen durchführen.
- Notieren Sie sich beim Einkauf, welche Apfelsorte Sie haben. **Alte Apfelsorten** sind aufgrund des höheren Polyphenol-Anteils am besten geeignet, da sie am schnellsten braun werden. Beispiele sind: Berlepsch, Gravensteiner, Jonathan, Landsberger Renette, Minister von Hammerstein, Boskoop, Weißer Klarapfel und Wintergoldparmäne. Wir haben Boskoop verwendet, welcher nach ca. 15 min eine deutliche Färbung zeigt..
- Je nach **Apfelsorte variiert die Bräunungsgeschwindigkeit**. Daher kann es sein, dass Sie kürzer bzw. länger als 15 min. Daten aufnehmen müssen. Um dies herauszufinden, führen Sie den Vorversuch durch. Wenn sich hier die Farbe des Apfels innerhalb von 10 min. nicht mehr merklich verändert bzw. der Apfel deutlich braun ist, können Sie die Messung stoppen. Nehmen Sie die so ermittelte Zeit zur „endgültigen“ Apfelbräunung als Referenz für die Dauer der Untersuchungen mit den unterschiedlichen Lösungen, die angegebenen 15 min. (Schritt 4) sind unser Erfahrungswert mit Boskoop Äpfeln. Die Bräunung dauert je nach Verdünnung sehr lange. Sie müssen in diesem Fall nicht warten, bis der Apfel so braun geworden ist wie im Vorversuch. Vielmehr messen sie einfach genauso lange, wie die Bräunung im Vorversuch gedauert hat (bei uns 15 min. mit Boskoop).
- Wenn statt Äpfeln Auberginen verwendet werden, sollte alle 30 Sekunden ein Messwert aufgenommen werden und die Zeit zwischen Anschnitt und erster Messung sollte so gering wie möglich sein.
- Führen Sie die Messreihen unbedingt nacheinander und immer mit demselben Smartphone durch. Arbeiten Sie zügig und führen Sie alle Messungen an einem Tag durch, da sich Äpfel während der Reifung chemisch verändern.
- **Bevor Sie mit dem Experiment starten:** Bitte laden Sie die App ColorGrab (Android) oder Colorimeter (iOS) auf ihr mobile Device und machen Sie sich mit ihr vertraut. Die App kann die RGB Anteile einer Farbfläche messen. Achten Sie darauf, dass während des gesamten Versuchs die Lichtverhältnisse nicht schwanken. Z.B. einmal Sonne und einmal Wolken am Himmel. Die Abendstunden mit künstlichem Licht oder ein verdunkelter und konstant ausgeleuchteter Raum könnten hier von Vorteil sein, um die Messgenauigkeit der App nicht unnötig zu erhöhen. Außerdem ist die Position des mobile Device immer konstant zu halten, um eine genaue Messung zu ermöglichen (nicht einmal von der linken Seite des Tisches und einmal von der rechten Seite des Tisches messen, am besten ein Gestell benutzen oder selbst aus Draht bauen). Warten Sie vor der ersten Messung, bis das Gerät scharf gestellt hat, evtl. muss man das Handy dafür bewegen oder in der App die Kamera Funktion verlassen und neu starten. Wechseln Sie während der Messung nicht die Ansicht auf dem Smartphone, sondern verbleiben Sie die gesamten 15 min im Aufnahmemodus der App. Stellen Sie sicher, dass das Gerät nicht in den Ruhemodus geht und der Akku geladen ist.
- **Wir empfehlen mit einem Android Gerät** zu arbeiten, da die Datenerfassung einfacher ist mit der App ColorGrab. Bitte sehen Sie sich im Vorfeld die PDFs zu den Apps an, dann wird der Unterschied sehr schnell sichtbar.

### Arbeiten mit der App Color Grab



Als erstes wird die Kamera so positioniert, dass der Gegenstand zur Farberfassung (hier rosa Post-It) im Fokus liegt.

Dabei wird das Smartphone nach Möglichkeit nicht mehr bewegt (Halterung bauen)

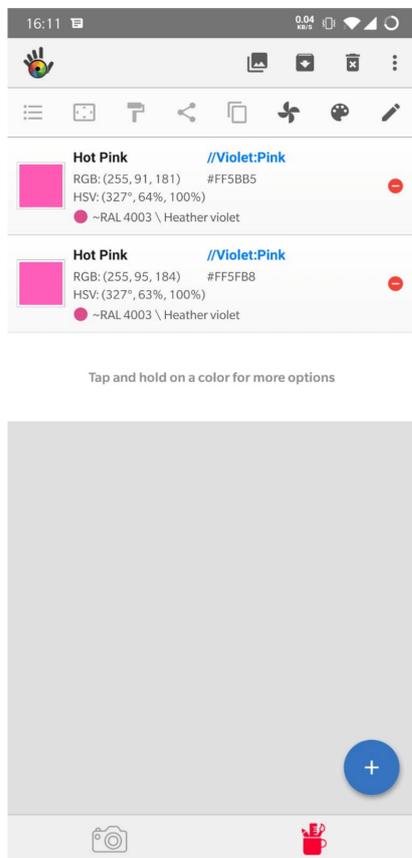


Im zweiten Schritt fokussiert die Kamera selbstständig und zeigt einen blauen Haken an, wenn sie die Farbe erfasst hat.

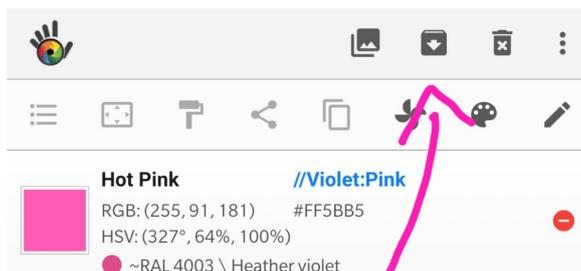


Tipt man nun auf eine beliebige Stelle auf dem Bildschirm wird die Farbe angezeigt und gespeichert.

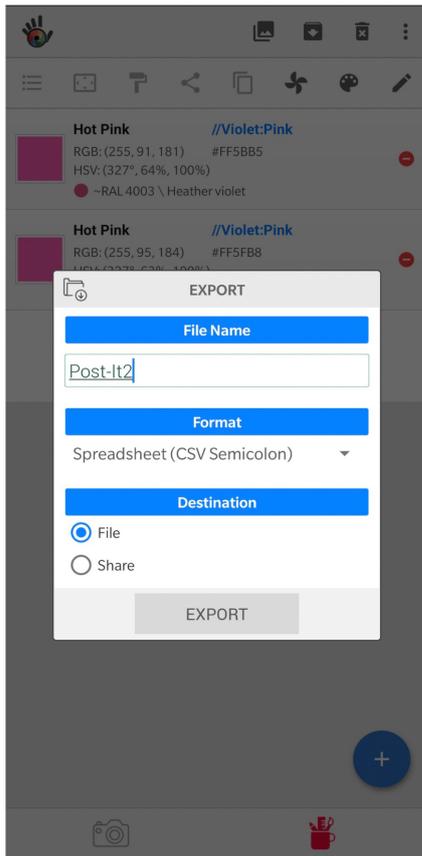
Hier in der Galerie findet man alle gespeicherten Farben.



In der Galerie werden alle Farben untereinander aufgelistet. Die neueste Erfassung erscheint dabei immer ganz oben.



Mit Klick auf den Download Pfeil können alle gespeicherten Farben gleichzeitig herunter geladen werden.



Im Dateimanager findet ihr eure exportierte Datei im Ordner Color Grab.

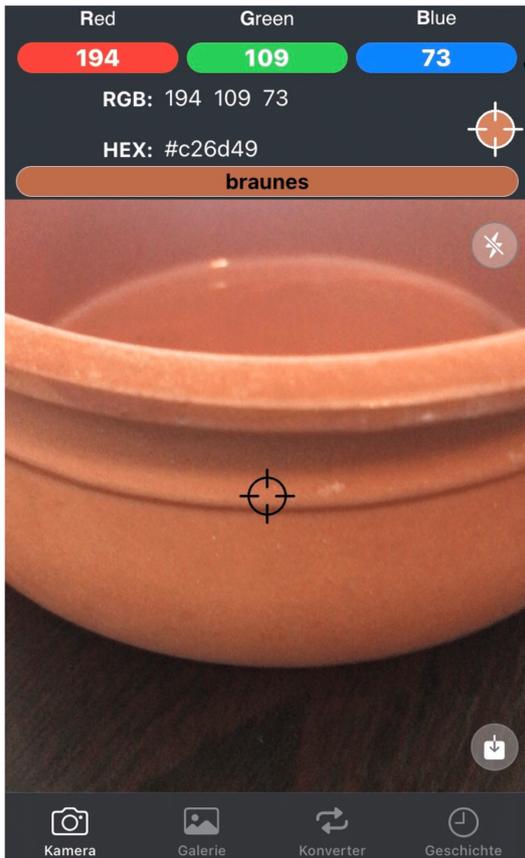


Wichtig ist das Dateiformat CSV mit Semicolon auszuwählen. Dann werden in einem Excel Sheet alle Farben in Zeilen und Spalten dargestellt und man kann gut weiterarbeiten mit den Daten.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	Date Created	Date Modified	Color Hex	Color Name	Note	RGB-R	RGB-G	RGB-B	HSV-H	HSV-S	HSV-V
2	05.05.2020 16:10	05.05.2020 16:10	#FF5BB5	Hot Pink	no note	255	91	181	32.707.318	0.6431373	1.0
3	05.05.2020 16:10	05.05.2020 16:10	#FF5FB8	Hot Pink	no note	255	95	184	326.625	0.627451	1.0
4											
5											
6											
7											
8											
9											
10											
11											

Abbildung Anhang 9 Anleitung App Colorimeter

### Arbeiten mit der App Colorimeter

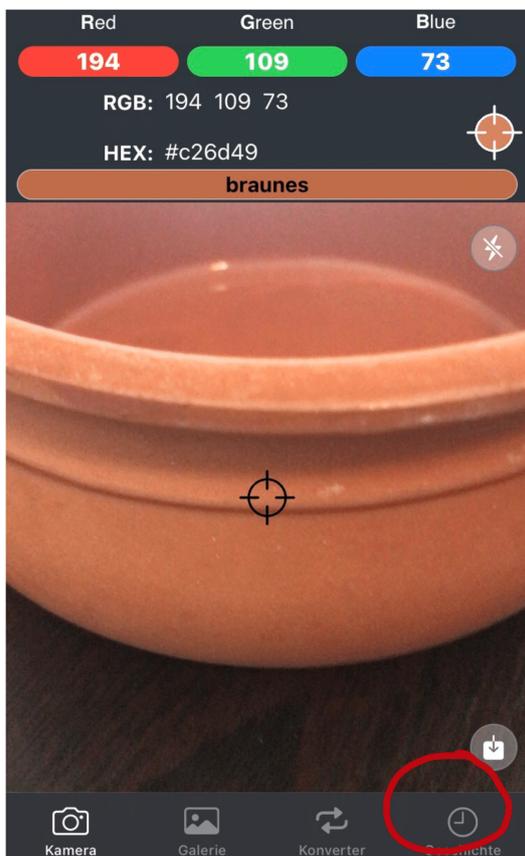


Als erstes wird die Kamera so positioniert, dass der Gegenstand zur Farberfassung (hier brauner Tontopf) im Fokus liegt.

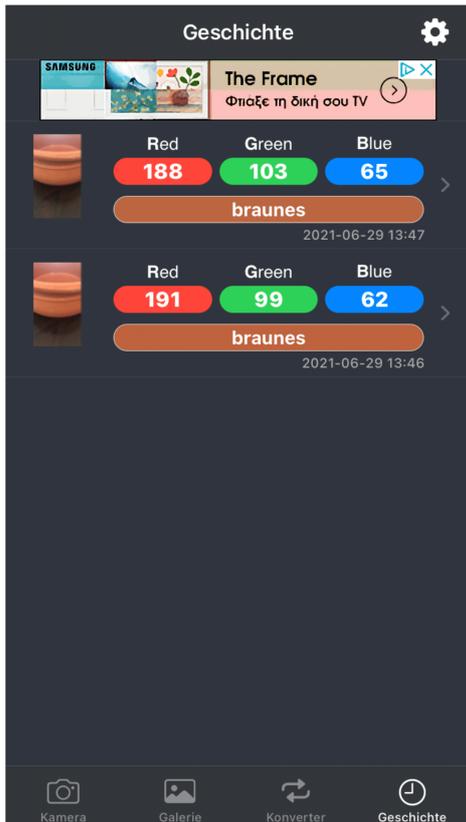
Dabei wird das Smartphone nach Möglichkeit nicht mehr bewegt (Halterung bauen).

Die RGB-Anteile werden hier angezeigt.  
Die erfasste Farbe ist hier ablesbar.

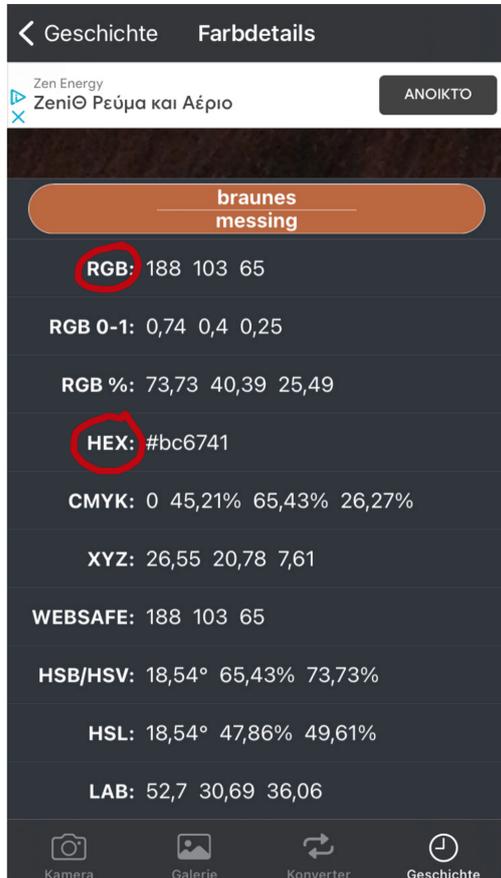
Auf diesem Button wird ein Foto aufgenommen und somit die Farbe gespeichert.



Durch das Tippen des „Geschichte“-Buttons können alle Aufnahmen und somit alle erfassten Farben eingesehen werden.



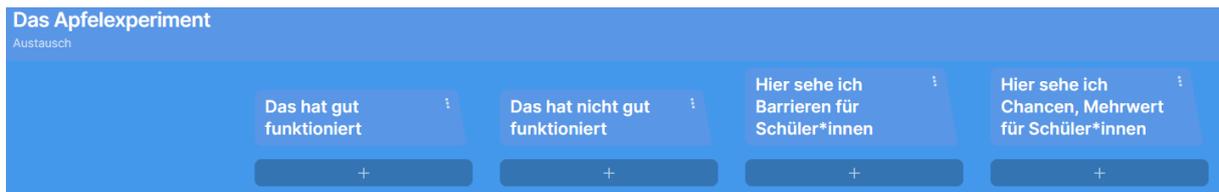
Die zuletzt aufgenommene Farbe wird ganz oben angezeigt. Datum und Uhrzeit stehen bei jeder Aufnahme dabei.



Durch das Antippen einer Farbe werden die Farbdetails angezeigt. So können sowohl die RGB-Werte, als auch die Farbbezeichnung des RGB-Verhältnisses abgelesen werden.

Es empfiehlt sich, nach jeder Messung die Farbnamen und RGB-Werte in ein Excel Sheet zu übertragen, da kein Sammeltransport aller Farben möglich ist.

## Abbildung Anhang 10 Padlet 3 - Das Apfelexperiment

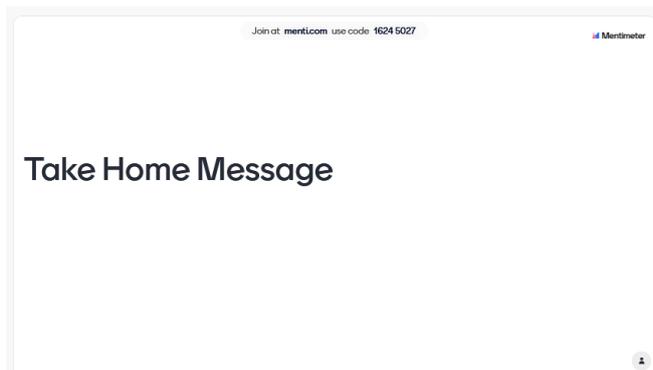


## Abbildung Anhang 11 Shared Document

schreibt gerne eure Ideen in dieses Doc

NW Arbeitsweise - Phase	Apfelexperiment	Digitales Medium/ Tool	Differenzierung
Begegnung Phänomen & Fragestellung	Apfel wird braun an Luft, mit Zitronensaft nicht	Realobjekt	Lebensweltbezug herstellen (Situationsorientierung) Offener Einstieg, an dem alle SuS beteiligt sind (Handlungsorientierung), Lernzugänge auditiv, visuell, haptisch (multisensorische Orientierung)
Hypothesenbildung	Zitronensaft verhindert die Bräunung des Apfels		
Planung Versuchsaufbau			
Durchführung	Apfelscheiben werden mit verschiedenen Zitronensaftkonzentrationen beträufelt und Bräunungsgrad wird beobachtet	App ColorGrab / Colorimeter,	
Beobachtung	Bräunung wird dokumentiert	App ColorGrab / Colorimeter,	
Auswertung	Bräunungsunterschiede auswerten	Excel	
Erklärung der Zusammenhänge	Einfluss der Zitronensaftkonzentration / des Vitamin C		

## Abbildung Anhang 12 Mentimeter 2 - Take Home Message



## 13.6 Instrument Hauptstudie



### Herzlich Willkommen

zur Studie „Digitale Medien zur Unterstützung fachspezifischer Arbeitsweisen in heterogenen Klassen“.

Die Befragung ist Teil meines Promotionsprojektes an der Technischen Universität München. Die Studie beschäftigt sich mit dem gelingenden Einsatz digitaler Medien zur Differenzierung im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Ihr Beitrag ist entscheidend für das Gelingen der Studie. Dementsprechend bitte wir Sie, im folgenden Fragebogen ALLE Fragen zu beantworten.

Der Fragebogen untergliedert sich in vier Teile:

- 1) Persönliche Angaben (pseudonymisiert)
- 2) Nutzungsverhalten fachspezifischer Arbeitsweisen und digitaler Medien im Unterricht
- 3) Inklusion und digitale Medien in der Schule
- 4) Sicherheit im Umgang mit digitalen Medien im Unterricht

Für die erfolgreiche Forschung ist Ihre Teilnahme von hoher Bedeutung - herzlichen Dank bereits im Voraus für Ihre Zeit und Ihre Bereitschaft! Dieser Fragebogen ist Teil einer durch das Kultusministerium genehmigten Studie (Aktenzeichen: IV.7-BO4106.2020/41/10). Weitere Informationen erhalten Sie auf unserer Homepage: <https://www.edu.tum.de/fdls/lehrkraeftenfortbildung-experimentieren-im-biologieunterricht-digital-und-fuer-alle/>

Patrizia Weidenhiller

### Datenschutz

Die Rechtsgrundlage zur Verarbeitung der genannten personenbezogenen Daten bildet die Einwilligung aller betroffenen Personen gemäß Art. 6 Abs. 1 UAbs. 1 Buchst. a und Art. 9 Abs. 2 Buchst. a der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) vor der Erhebung. Daten-schutzrechtlich verantwortlich ist die Technische Universität München und Ansprechpartner sind die Projektleiterinnen Prof. Dr. Claudia Nerdel und Patrizia Weidenhiller (Art. 4 Nr. 7, Art. 24 Abs. 1 DSGVO). Die Teilnahme an der jeweiligen Erhebung wird von den Lehrkräften schriftlich im Online-Tool Sosci-Survey gegeben. Die Daten werden pseudonymisiert erhoben (siehe Abschnitt Datenschutz) und liegen auf dem Server der M-net Telekommunikations GmbH (vgl. Datenschutzerklärung SosciSurvey <https://www.soscisurvey.de/de/privacy>). Die Daten werden 12 Monate in verschlüsselten Sicherheitskopien auf dem Server gespeichert und anschließend endgültig gelöscht. Die IP Adresse der Befragten wird dabei nicht gespeichert.

Im Rahmen der Studie werden auch sog. besondere Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 1 DSGVO) erhoben, die in Form von Audioaufnahmen vorliegen. Die Einwilligung zur Studie umfasst explizit auch die Verarbeitung besonderer Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 2 Buchst. a DSGVO).

Es wird ausdrücklich auf die Freiwilligkeit sowie auf die streng vertrauliche und pseudonymisierte Verarbeitung und Speicherung des Datenmaterials aller Erhebungen hingewiesen. Bei der Pseudonymisierung wird der Name einer natürlichen Person nicht festgehalten. Stattdessen erhält sie eine eindeutige Kennung die sich aus dem letzten Buchstabe des ersten Vor-namens des Vaters, dem ersten Buchstaben des Vornamens der Mutter und dem Geburtstag des Vaters zusammensetzt. Eine Zuordnung des Namens auf die Kennung wird nicht vorge-nommen. Die pseudonymisierten Daten werden streng vertraulich behandelt. Die erhobenen pseudonymisierten Daten werden 8 Wochen nach dem Ende der Erhebung und Aufbereitung der Daten zusammengeführt und anschließend anonymisiert. Das bedeutet, dass die Daten der Präterhebung bei Lehrkräften, die nicht an der Intervention teilnehmen 8 Wochen nach der Präterhebung anonymisiert werden. Die Daten der Lehrkräfte, die an der Intervention und den weiteren Befragungen teilnehmen werden 8 Wochen nach der letzten Befragung anonymisiert. Zu den pseudonymisierten Daten gehören auch die mit SosciSurvey erhobenen Daten, welche auf den Servern der M-net Telekommunikations GmbH als Sicherheitskopien für 12 Monate gespeichert werden, siehe oben. Auf den Servern der TU München werden die pseu-donymisierten Daten nach dem jeweiligen Anonymisierungsschritt gelöscht. Für die wissen-schaftliche Auswertung der Daten werden lediglich die anonymisierten Daten verwendet. Es besteht für die Teilnehmer\*innen jederzeit die Möglichkeit bei jeder Frage des Fragebogens, keine Antwort zu geben. Die Teilnehmer\*innen haben das Recht gemäß Art. 13 II b der Datenschutzgrundverordnung während der Verarbeitung der personenbezogenen Daten Aus-kunft über die zu Ihrer Person gespeicherten Daten zu erhalten (Art. 15 DSGVO). Sollten un-richtige personenbezogene Daten verarbeitet werden, steht den Teilnehmerinnen und Teil-nehmern ein Recht auf Berichtigung zu (Art. 16 DSGVO). Die Teilnehmer und Teilnehmerin-nen haben stets das Recht auf Datenübertragbarkeit (Art 20 DSGVO). Überdies kann jeder-zeit bis zum Löschen der Daten, formlos und ohne Angabe von Gründen die datenschutz-rechtliche Einwilligung rückgängig gemacht werden, Widerspruch eingelegt werden (Art. 21 DSGVO und §36 BDSG), eine Löschung (Art 17 DSGVO und §35 BDSG), eine Einschrän-kung der Verarbeitung (Art 18 DSGVO) oder auch Berichtigung (Art 16 DSGVO) veranlasst werden. Ein späterer Widerruf ist auf Grund der Anonymisierung bei der Ergebnisdarstellung nicht möglich. Die Studienteilnahme wird durch den Widerruf beendet. Der Widerruf führt zur sofortigen Vernichtung der bereits erhobenen Daten. Es entstehen durch den Widerruf keine Kosten oder anderweitige Nachteile. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wenden sich dann an folgende Adressen: Technische Universität München: Herr Prof. Dr. Uwe Baumgarten, Telefon +49 (89) 289 – 18564, TeleFax +49 89 289 18557, E-Mail: [beauftragter@datenschutz.tum.de](mailto:beauftragter@datenschutz.tum.de) Postadresse: TUINF01 Informatik 13 - Professur für Vernetzte Rechensysteme - (Prof. Baumgarten) 85748 Garching b. München, Boltzmannstr. 3/Zusatzinfo, Dienstort [TUINF01] 85748 Garching b. München, Parkring 35-39(8102)/II, Raum 8102.02.603, Internet Homepa-ge <http://www.os.in.tum.de> Darüber hinaus besteht ein Beschwerderecht beim Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz. Diesen können sie unter folgenden Kontaktdaten erreichen: Postanschrift: Postfach 22 12 19, 80502 München Adresse: Wagmüllerstraße 18, 80538 München Telefon: 089 212672-0 Telefax: 089 212672-50 E-Mail: [poststelle@datenschutz-bayern.de](mailto:poststelle@datenschutz-bayern.de) Internet: <https://www.datenschutz-bayern.de/>

Aus forschungstechnischen Gründen müssen die anonymisierten Daten 10 Jahre archiviert werden, sodass diese erst im Jahr 2031 gelöscht werden dürfen (dies steht in Abhängigkeit vom Ende der Datenerhebung). Die erhobenen Daten werden auf dem EDU Fakultätslaufwerk der Professur für Fachdidaktik Life Sciences der Technischen Universität München in einem Ordner gespeichert, auf welchen nur die Projektleitung Prodekanin Prof. Claudia Nerdel sowie die Projektmitarbeiterin Patrizia Weidenhiller der TUM durch personalisierte TUM-Kennungen Zugriff haben. Das Laufwerk per se ist ein zugriffsgeschützter Server des Leibniz-Rechenzentrums der Bayerischen Akademie der Wissenschaften (LRZ) mit folgender Adresse: \nas.ads.mwn.de\tuedis09. Als Maßnahme zur Sicherung der jederzeitigen Verfügbarkeit der gespeicherten Daten erfolgt eine Sicherheitskopie auf diesem Fakultätslaufwerk. Alle anonymisierten und pseudoanonymisierten Daten werden lediglich zur Erfüllung der Forschungsziele des Projekts verwendet. Eine Überlieferung an Dritte ist dabei ausgeschlossen, abgesehen von der Transkription der Interviewaufnahmen. Die Transkription erfolgt durch den externen Transkriptionsdienst „abtipper.de“ (<https://www.abtipper.de/> c3 =bcber-uns/datenschutz-bei-abtipper/), wobei die Datentransaktion über die LRZ Cloud (<https://www.lrz.de/datenschutzerklaerung/>) erfolgt. Die Daten werden nach Beendigung des Auftrags (mit Übermittlung der Transkripte) von den Servern des Transkriptionsdienstes gelöscht. Weitere Mitarbeiter, wie geschulte wissenschaftliche Hilfskräfte der TUM, werden über das Datengeheimnis belehrt und zur Einhaltung per Unterschrift verpflichtet.

**Ich habe die Datenschutzerklärung gelesen und ich stimme dieser zu.**

- ja  
 nein

---

**Seite 03**

**Pseudonym**

**Geben Sie ein Pseudonym nach folgendem Schema ein:**

Letzter Buchstabe des ersten Vornamens Ihres Vaters, erster Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter und erste zwei Ziffern des Geburtstages Ihres Vaters

Beispiel:

Vorname Ihres Vaters: Maximilian

Vorname Ihrer Mutter: Barbara

Geburtstag des Vaters: 01.05.1955

Code: NB01

---

**Seite 04**

**Definitionen**

**1. Bitte definieren Sie digitale Medien, wie Sie sie persönlich verstehen.**

**2. Bitte definieren Sie den Begriff Inklusion/Heterogenität, wie Sie ihn persönlich verstehen.**

---

**Persönliche Angaben**

---

**3. Bitte wählen Sie Ihr Alter aus:**

- 20-25
- 26-30
- 31-35
- 36-40
- 41-45
- 46-50
- 51-55
- 56-60
- über 60

**4. Bitte geben Sie Ihr Geschlecht an:**

- weiblich
- männlich
- divers
- Ich möchte hierzu keine Angaben machen.

**5. Wie viele Jahre unterrichten Sie schon (das Referendariat eingerechnet)?**

- weniger als 1 Jahr
- 1-3 Jahre
- 4-5 Jahre
- 6-9 Jahre
- 10-14 Jahre
- 15-19 Jahre
- 20 oder mehr Jahre
- Ich möchte hierzu keine Angaben machen.

**6. An welcher Schulart unterrichten Sie?**

- Gymnasium
- FOS
- BOS
- Andere:

**7. Hat Ihre Schule ein besonderes Schulprofil?**

- Inklusion
- Digitalisierung
- Anderes:

**8. Welche Fächer unterrichten Sie?**

- Biologie
- Chemie
- Physik
- Sport
- Andere:

**9. Wie viele Klassen unterrichten Sie aktuell im Fach Biologie? (auch NUT)**

**10. Welche Klassenstufen unterrichten Sie derzeit im Fach Biologie? (auch NUT)**

- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10
- 11
- 12
- 13

Andere:

***Der erste Frageblock ist schon geschafft!***

---

**Seite 06**

**Nutzungsverhalten fachspezifischer Arbeitsweisen**

---

Wie oft setzen Sie folgende fachspezifischen Arbeitsweisen im BIOLOGIE Unterricht insgesamt über alle Klassen hinweg ein?

**11. Experimentieren**

- Nie
- 1-3 mal pro Schuljahr
- 1-3 mal pro Halbjahr
- 1-3 mal pro Monat
- 1-2 mal pro Woche
- 5-6 mal pro Woche
- jede Unterrichtsstunde

**12. Beobachten**

- Nie
- 1-3 mal pro Schuljahr
- 1-3 mal pro Halbjahr
- 1-3 mal pro Monat
- 1-2 mal pro Woche
- 5-6 mal pro Woche
- jede Unterrichtsstunde

**13. Mikroskopieren**

- Nie
- 1-3 mal pro Schuljahr
- 1-3 mal pro Halbjahr
- 1-3 mal pro Monat
- 1-2 mal pro Woche
- 5-6 mal pro Woche
- jede Unterrichtsstunde

**Nutzungsverhalten digitaler Medien**

---

Nutzen Sie zu diesen Arbeitsweisen digitale Medien?

**14. Experimentieren**

- Nein
- Ja. Wenn ja, welche und wofür?

**15. Beobachten**

- Nein
- Ja. Wenn ja, welche und wofür?

**16. Mikroskopieren**

- Nein
- Ja. Wenn ja, welche und wofür?

**17. Seit wie vielen Jahren setzen Sie digitale Medien im Unterricht ein?**

- Ich habe noch keine digitalen Medien im Unterricht eingesetzt.
- weniger als 1 Jahr
- 1-3 Jahre
- 4-5 Jahre
- 6-9 Jahre
- 10-14 Jahre
- 15-19 Jahre
- 20 oder mehr Jahre
- Möchte ich nicht angeben.

**18. Welche digitalen Werkzeuge haben Sie bzw. Ihre Schüler\*innen in Ihrem Unterricht bereits eingesetzt?**

- Präsentationen
- Digitale Poster und Pinnwände
- Videos/Audios anschauen
- Blogs
- Videos/Audios erstellen
- Online-Lernumgebungen
- Online-Quizzes und Umfragen
- Interaktive Übungen und Apps

Sonstiges (bitte angeben):

- Ich habe noch keine digitalen Werkzeuge im Unterricht eingesetzt.
- Möchte ich nicht angeben.

**19. Welche digitalen Werkzeuge haben Sie bzw. Ihre Schüler\*innen vor der CORONA PANDEMIE in Ihrem Unterricht bereits eingesetzt?**

- Präsentationen
- Digitale Poster und Pinnwände
- Videos/Audios anschauen
- Blogs
- Videos/Audios erstellen
- Online-Lernumgebungen
- Online-Quizzes und Umfragen
- Interaktive Übungen und Apps

Sonstiges (bitte angeben):

- Ich habe noch keine digitalen Werkzeuge im Unterricht eingesetzt.
- Möchte ich nicht angeben.

**20. Haben Sie bereits Fortbildungen zum Thema Digitalisierung besucht?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie viele und zu welchem Thema?

**21. Haben Sie bereits im Studium Digitalisierung behandelt?**

Nein

Ja. Wenn ja, welche Themen?

**22. Haben Sie bereits Schüler\*innen mit diagnostiziertem sonderpädagogischem Förderbedarf unterrichtet?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie viele und welche Förderschwerpunkte?

**23. Differenzieren Sie im Unterricht, beispielsweise Arbeitsaufträge, um die verschiedenen Bedürfnisse der Schüler\*innen zu erreichen?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

**24. Nutzen Sie digitale Medien für die Differenzierung im Unterricht?**

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

25. Differenzieren Sie beim Einsatz fachspezifischer Arbeitsweisen (z.B. Experimentieren, Mikroskopieren, Beobachten)?

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

26. Nutzen Sie digitale Medien für die Differenzierung beim Einsatz fachspezifischer Arbeitsweisen (z.B. Experimentieren, Mikroskopieren, Beobachten) im Unterricht?

Nein

Ja. Wenn ja, wie?

27. Haben Sie bereits Fortbildungen zum Thema Inklusion besucht?

Nein

Ja. Wenn ja, wie viele und zu welchem Thema?

28. Haben Sie bereits im Studium Inklusion behandelt?

Nein

Ja. Wenn ja welche Themen?

**Zweiter Frageblock geschafft!**

**Digitale Medien in der Schule**

Im Folgenden geht es um Ihre persönliche Einschätzung zum Einsatz digitaler Medien in der Schule.

**29. Digitale Medien sollten generell in den Lehrplänen der Schulen ein starkes Gewicht erhalten.**



**30. Der Einsatz digitaler Medien in den Schulen führt zu einer Verflachung des Unterrichtsniveaus.**



**31. Negative Folgen digitaler Medien für das Lernen werden unterschätzt.**



**32. Der Einsatz digitaler Medien ermöglicht in hohem Maße selbstbestimmtes Lernen.**



**33. Durch den Einsatz digitaler Medien können Schüler\*innen besser zum Lernen motiviert werden.**



**34. Computer und digitale Medien eröffnen Spielräume für Kreativität beim Lernen.**



**35. Der Einsatz von digitalen Medien in der Schule sorgt dafür, dass Kinder gut auf das Berufsleben vorbereitet werden.**



**36. Das Lernen mit digitalen Medien ist eine effiziente Form des Lernens.**



37. Mit digitalen Medien kann ich Unterricht adressatengerechter planen und anpassen.

Ich stimme gar nicht zu.     Ich stimme weniger zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme völlig zu.

38. Digitale Medien erlauben eine höhere Schüleraktivierung.

Ich stimme gar nicht zu.     Ich stimme weniger zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme völlig zu.

*Schon mehr als die Hälfte geschafft!*

Seite 10

### Inklusion in der Schule

Bewerten Sie folgende Aussagen hinsichtlich Ihrer persönlichen Zustimmung!

39. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto wahrscheinlicher ist es, dass sich die Qualität ihrer schulischen Förderung verbessert.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

40. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschüler\*innen in ihrer Klasse schlecht behandelt.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

41. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie sich an der Schule alleine und ausgeschlossen fühlen.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

42. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in der Regelklasse unterrichtet werden, wiegen die Vorteile für die anderen Schüler die möglichen Schwierigkeiten dieser Praxis mehr als auf.

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**43. Es ist möglich, die meisten Lektionen und Materialien des Regelklassenunterrichts anzupassen, um besonderen pädagogischen Bedürfnissen gerecht zu werden.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**44. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen viel Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie nicht die Unterstützung erhalten, die sie eigentlich bräuchten.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**45. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie Freund\*innen unter ihren Mitschülern finden.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**46. Die Qualität des Regelklassenunterrichts wird besser, wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen integriert sind.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**47. Wenn Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen die meiste Zeit in Regelklassen verbringen würden, dann würden sie dort auch alle Unterstützung erhalten, die sie sonst in einer Kleinklasse oder Sonderschule hätten.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**48. Der Regelklassenunterricht bietet für Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen bedeutsamere Lernmöglichkeiten als eine Kleinklasse oder Sonderschule.**

Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**49. Je mehr Zeit Lernende mit besonderen pädagogischen Bedürfnissen in einer Regelklasse verbringen, desto eher werden sie von anderen Mitschüler\*innen ihrer Klasse gut behandelt.**

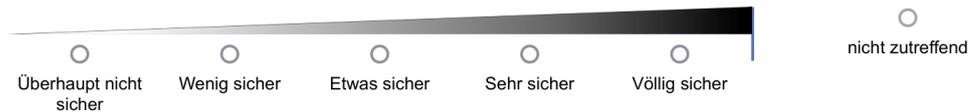
Ich stimme überhaupt nicht zu.     Ich stimme nicht zu.     Ich stimme eher nicht zu.     Ich stimme eher zu.     Ich stimme zu.     Ich stimme vollkommen zu.

**Jetzt kommt schon der letzte Frageblock!**

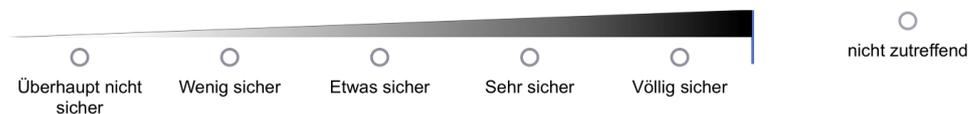
## Sicherheit in der Unterrichtsgestaltung

Bitte geben Sie an, wie sicher Sie sich bei nachstehenden Tätigkeiten fühlen!

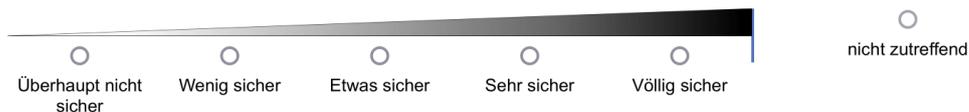
**50. Verwendung digitaler Medien um naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung im Unterricht zu ermöglichen, z.B. Experimentieren und Modellieren**



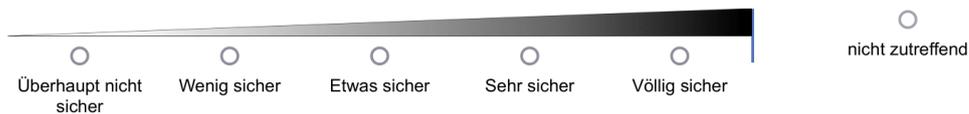
**51. Verwendung digitaler Medien um themenspezifische wissenschaftliche Aktivitäten im Unterricht zu ermöglichen (z.B. Recherche, Untersuchungen/Beobachtungen durchführen)**



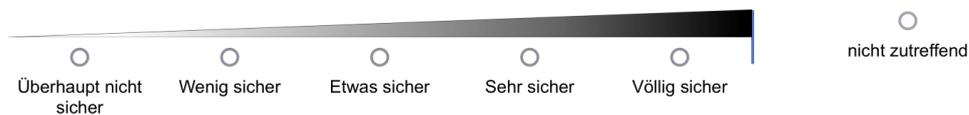
**52. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen, um wissenschaftliche Daten zu sammeln (Datenerhebung)**



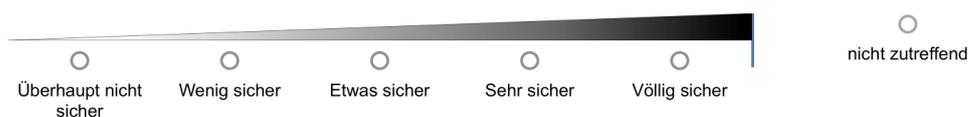
**53. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um wissenschaftliche Daten zu organisieren und Muster in diesen zu erkennen. (Datenauswertung)**



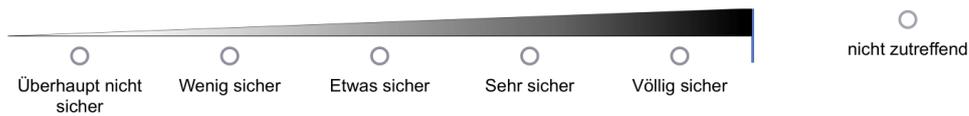
**54. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um ihre Fähigkeiten im Beobachten naturwissenschaftlicher Phänomene zu erweitern**



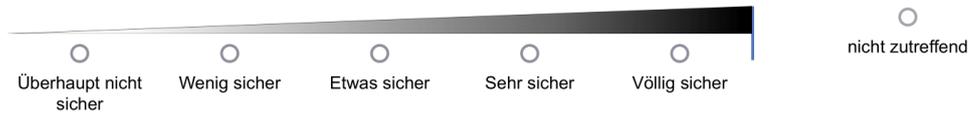
**55. Lernenden dabei helfen, digitale Technologien zu nutzen um Modelle von naturwissenschaftlichen Phänomenen zu erstellen und/oder zu ändern**



56. Digitale Technologien nutzen, um eine naturwissenschaftliche Arbeitsweise allen Schüler\*innen zugänglich zu machen



57. Verwendung digitaler Technologien, um Schüler\*innen mit besonderen Bedürfnissen das naturwissenschaftliche Arbeiten zu ermöglichen



Seite 12

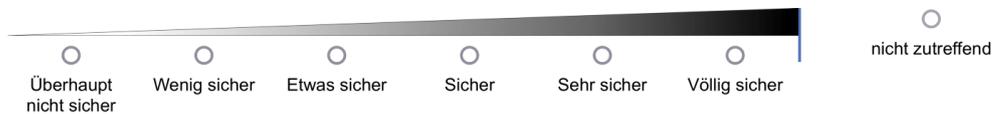
58. Bitte wählen Sie die naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen, die Sie am häufigsten im Biologieunterricht einsetzen und beantworten Sie die nachstehenden Fragen unter Bezugnahme zur gewählten Arbeitsweise (gilt für Item 59-67):

- Experimentieren/Modellieren
- Beobachten/Mikroskopieren

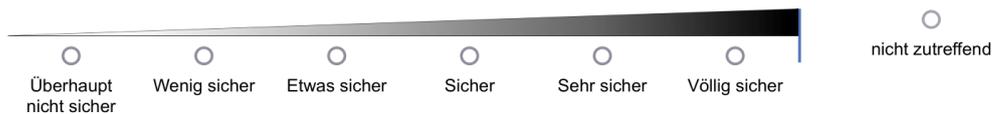
So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten, bezogen auf die oben gewählte Arbeitsweise:

Beobachten/Mikroskopieren oder Experimentieren/Modellieren...

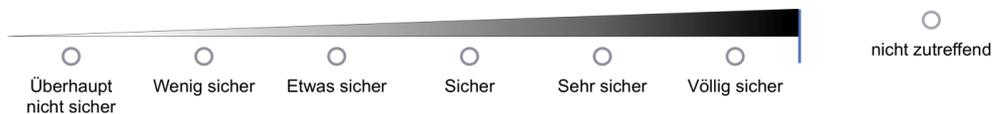
59. ... mit Hilfe digitaler Medien in homogenen Klassen (Schüler\*innen ungefähr auf gleichem Leistungsniveau)



60. ... mit Hilfe digitaler Medien in leistungsheterogenen Klassen (sehr starke und sehr schwache Schüler\*innen vertreten)



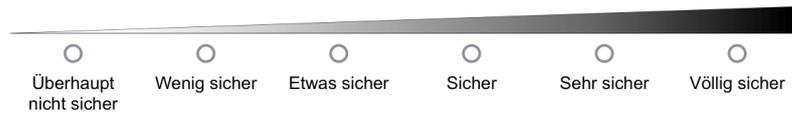
61. ...mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit Inklusionsschülern (Förderschwerpunkte Sehen, Hören, Autismus)



62. ...mit Hilfe digitaler Medien in Klassen mit verhaltensauffälligen Schüler\*innen (ADHS, Emotional-soziale Entwicklung)

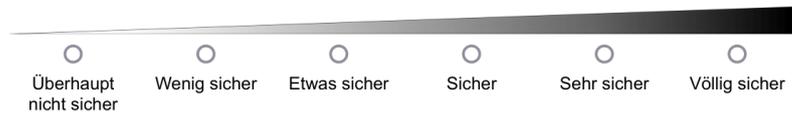


63. ... ohne digitale Medien in heterogenen Klassen



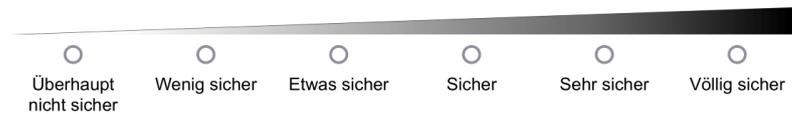
nicht zutreffend

64. ... mit Hilfe von digitalen Medien als Anleitung (Videos etc.) in heterogenen Klassen



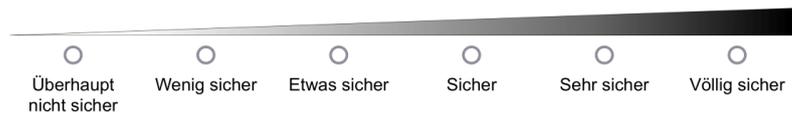
nicht zutreffend

65. ... mit Hilfe von digitalen Medien zur Erfassung der Beobachtung in heterogenen Klassen



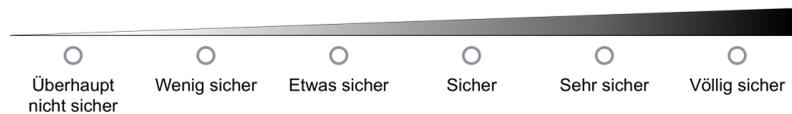
nicht zutreffend

66. ... mit Hilfe von digitaler Messwerterfassung in heterogenen Klassen



nicht zutreffend

67. ... im digitalen Raum ohne Laborpraxis in heterogenen Klassen

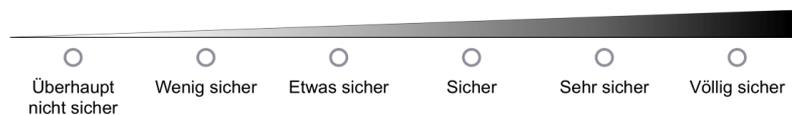


nicht zutreffend

Seite 13

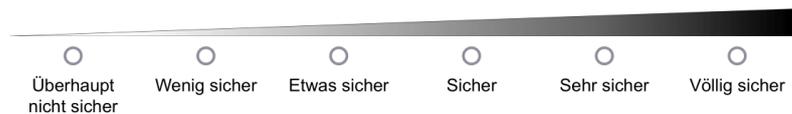
So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten:

68. Verwendung digitaler Technologien, um die Präsentation von Inhalten für die Lernenden zu verbessern.



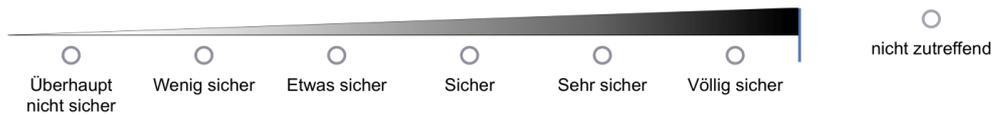
nicht zutreffend

69. Verwendung digitaler Technologien, um Lernende kognitiv zu aktivieren (Vorwissen aktivieren, problemlösender Unterricht, etc.).

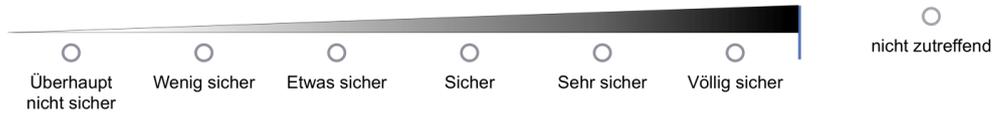


nicht zutreffend

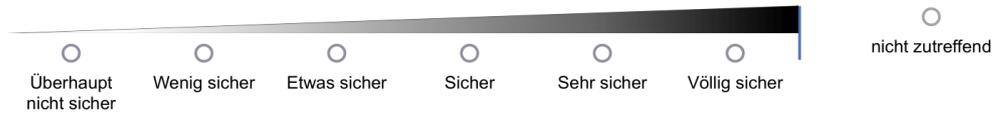
70. Verwendung digitaler Technologien, um den Lernfortschritt der Lernenden zu erfassen.



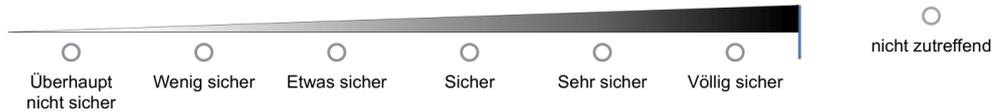
71. Verwendung digitaler Technologien, um verschiedene Schwierigkeitsgrade von Aufgaben zur Verfügung zu stellen.



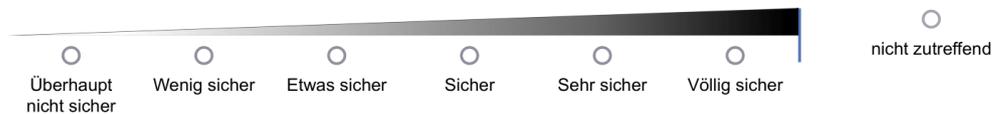
72. Verwendung digitaler Technologien für gestufte Lernhilfen.



73. Verwendung digitaler Technologien zur Differenzierung von Inhalten.



74. Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis zur Beobachtung von sonst schwierig beobachtbaren Phänomenen.



75. Verwendung digitaler Technologien, die es Wissenschaftlern erlauben, natürliche Vorgänge in Zeitlupe oder im Zeitraffer darzustellen.



76. Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis zur Aufnahme von Daten, die sich andernfalls schwer erfassen lassen.



77. Verwendung digitaler Technologien aus der Wissenschaftspraxis um Daten zu organisieren und Muster darin zu erkennen, die andernfalls schwer zu erkennen wären.

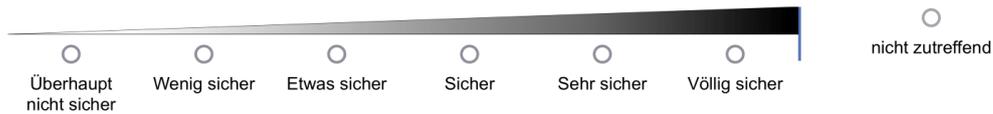


So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten:

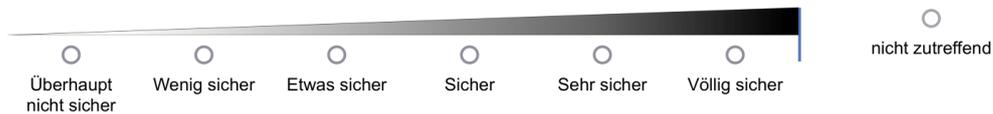
**78. Digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Experimentieren).**



**79. Digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Beobachten).**



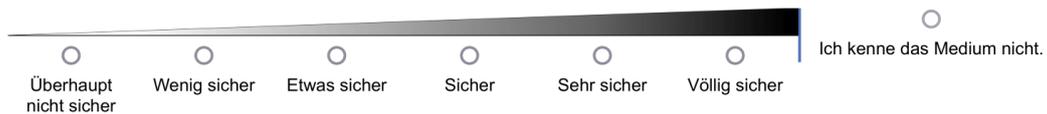
**80. Digitale Technologien als Alternativen nutzen zu praktischen naturwissenschaftlichen Arbeitsweisen (Mikroskopieren).**



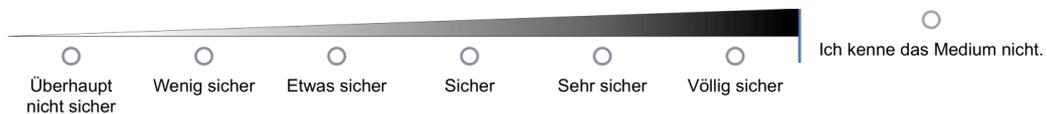
**Fast geschafft - nur noch 1 Seite!**

So sicher fühle ich mich bei folgenden Tätigkeiten:

**81. Eine einfache Präsentation mit PowerPoint oder ähnlichen Programmen erstellen.**



**82. Ein Dokument mit Text und Abbildungen in einem Textverarbeitungsprogramm erstellen.**



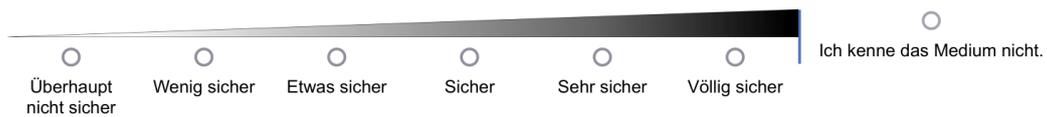
**83. Den Umgang mit einem neuen Programm selbst erlernen.**



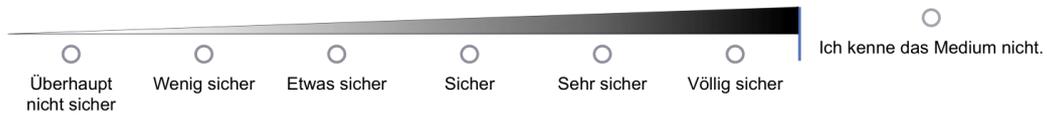
**84. Ein neues Programm installieren, das Sie verwenden wollen.**



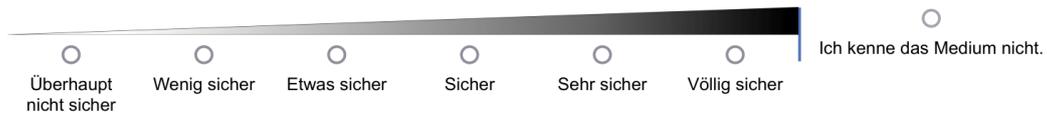
**85. Ein digitales Foto aufnehmen und anpassen.**



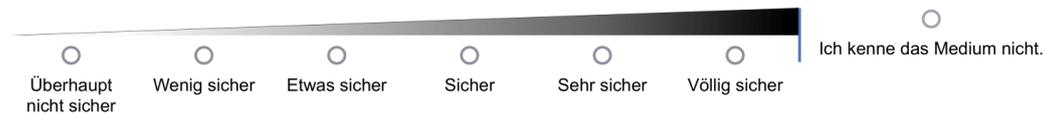
**86. Einen Videoclip erstellen und anpassen.**



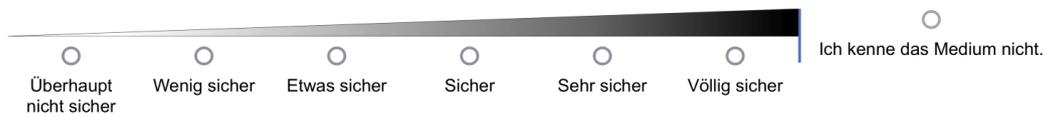
**87. Erstellen und Anpassen eines eBooks.**



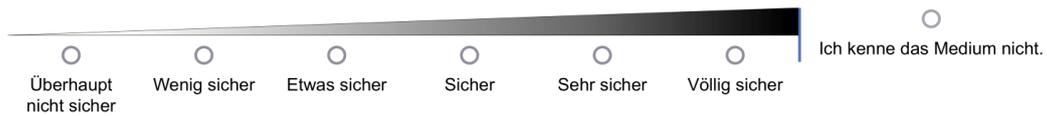
**88. Erstellen eines Shared-Documents.**



**89. Erstellen einer digitalen Feedback-Einheit.**



**90. Erkennen von Anwendungen künstlicher Intelligenz (zum Beispiel intelligente Sprachassistenten, Deep Learning bei Sprachübersetzung, Chatbot sowie personalisierte Social Media/Streaming Feeds und Werbung).**



**Letzte Seite**

**Vielen Dank für Ihre Teilnahme!**

[Hier gelangen Sie zur Homepage mit dem Fortbildungsangebot](#)

Ihre Antworten wurden gespeichert, Sie können das Browser-Fenster nun schließen.

[Patrizia Weidenhiller](#), Technische Universität München – 2021

## 13.7 Präsentation für Interview



### Interviewleitfaden

Patrizia Weidenhiller  
Technische Universität München  
TUM School of Social Sciences and Technology  
Professur für Fachdidaktik Life Sciences



### Code

Letzter Buchstabe des ersten Vornamens Ihres Vaters  
erster Buchstabe des Vornamens Ihrer Mutter  
erste zwei Ziffern des Geburtstages Ihres Vaters

Beispiel:  
Vorname Ihres Vaters: Maximilian  
Vorname Ihrer Mutter: Barbara  
Geburtstag des Vaters: 01.05.1955

Code: NB01

Fortbildungstermin  
Andere Fortbildungen Digitalisierung oder Inklusion  
Geschlecht  
Alter



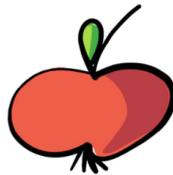
Beschreiben Sie was für Sie die grundlegende  
Idee der Fortbildung war.



Haben Sie das Apfelexperiment im Unterricht bereits eingesetzt?

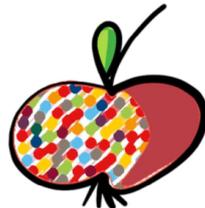


Erläutern Sie wie Sie das Experiment eingesetzt haben.



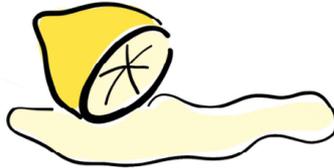
5

Beschreiben Sie welche Heterogenitätsdimensionen Sie abdecken konnten.



6

Wer oder was hat Sie unterstützt das Experiment einzusetzen?



7

Würden Sie das Apfelexperiment nochmal einsetzen?



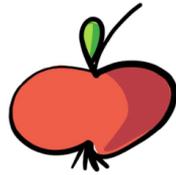
8

Erläutern Sie inwiefern das die Kernidee Ihren Unterricht beeinflusst außerhalb des Apfelexperiments.



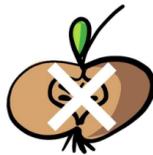
9

Erläutern Sie warum Sie das Apfelexperiment nicht eingesetzt haben.



10

Beschreiben Sie konkrete Hürden.



11

Erörtern Sie was Sie unterstützen würde das Experiment einzusetzen.



12

Erörtern Sie ob Sie die Kernidee in ihren Unterricht in anderem Themengebieten integriert haben.



13

Knobecke:

Skizzieren Sie mündlich ein Experiment zur Untersuchung der Keimungsbedingungen von Kressesamen.



14

Keimungsexperiment

Beschreiben Sie die mögliche Unterstützung durch digitale Medien bei diesem Experiment.



15

### Keimungsexperiment

Erläutern Sie inwiefern dabei differenziert werden kann.



16

Herzlichen Dank für die Teilnahme am Interview!!



### **13.8 Anschreiben Schule**

Information zur Studie „Digitale Medien zur Unterstützung fachspezifischer Arbeitsweisen in heterogenen Klassen - Interventionsstudie mit Biologie-Lehrkräften an Gymnasien und FOS/BOS“

Datum:

Sehr geehrte Damen und Herren der Schulleitung,

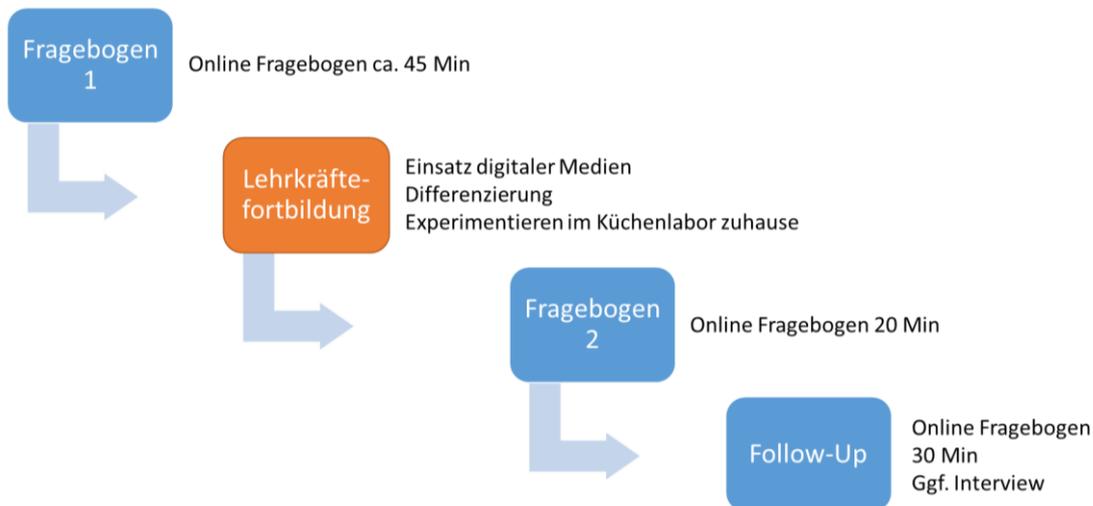
wir freuen uns über Ihr Interesse an unserem Forschungsprojekt und möchten Sie im Folgenden über die Studie informieren. Es handelt sich um eine wissenschaftliche Interventionsstudie der Technischen Universität München, die den Einsatz digitaler Medien in heterogenen Klassen im Biologieunterricht untersucht.

**Die Intervention findet als Fortbildung für Biologielehrkräfte zum Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren in Präsenzunterricht und Home Schooling statt und wird wissenschaftlich begleitet.**

Digitale Medien spielen nicht erst seit der Corona Pandemie eine wichtige Rolle im Unterricht. Sie werden für vielfältige Zwecke eingesetzt und unterstützen somit das Lernen. Umso wichtiger ist bei der Gestaltung des Unterrichts mit digitalen Medien die Beachtung der unterschiedlichen Bedürfnisse der einzelnen Schüler\*innen in der Klasse. Mit diesem Forschungsthema möchten wir Erkenntnisse darüber erhalten, wie digitale Medien an die besonderen Lernbedürfnisse der Schüler\*innen angepasst werden können und gleichzeitig fachspezifische Arbeitsweisen im Biologieunterricht unterstützen können.

Es gibt zwei Möglichkeiten an der Studie teilzunehmen. Die erste Möglichkeit beinhaltet die 4 Phasen, die Sie der Abbildung 1 entnehmen können. Die zweite Möglichkeit besteht darin nur den Fragebogen 1 zu absolvieren. Auch die alleinige Teilnahme am Fragebogen 1 liefert bereits wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse und hilft uns den Einsatz digitaler Medien besser zu verstehen. Es würde uns sehr freuen, wenn sie folgenden Link (zum Fragebogen) an die Fachschaft Biologie versenden könnten. (hier erscheint der dann gültige Link)

Die Interventionsstudie verläuft in 4 Phasen:



**Abbildung 92 Phasen der Studie**

- Der Fragebogen 1 beinhaltet Fragen zum bisherigen Einsatz digitaler Medien, der persönlichen Einstellung zu digitalen Medien und Heterogenität und der eigenen Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien in heterogenen Klassen im Biologieunterricht. (45 min)
- Die Lehrkräftefortbildung beschäftigt sich mit der konkreten Unterrichtsgestaltung mit digitalen Medien beim Experimentieren. Die Lehrkräfte führen Home-Schooling Experimente zur Thematik Enzymkinetik durch und nutzen digitale Medien hierzu in jeder Phase des Experimentierens. Dabei werden sowohl die benötigten digitalen Kompetenzen erlernt, als auch die Differenzierung mittels dieser digitalen Medien betrachtet. Die Fortbildung dauert zwei Nachmittage und findet als Webinar statt (Anmeldung unter FIBS: \_\_\_\_\_).
- Im Anschluss an die Fortbildung folgt der Fragebogen 2, welcher sich erneut mit der Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien beschäftigt. (20 min)
- Gegen Ende des Schuljahres erfolgt die letzte Erhebung. Hier werden die konkret eingesetzten digitalen Medien und digitale Kompetenzen erfasst. (30 min)
- Optional wird zusätzlich ein Interview geführt. (Tonaufnahme\*)

Die Ergebnisse der Studie werden nach Abschluss der Auswertung in einschlägigen Journalen veröffentlicht und den teilnehmenden Schulen, sowie Lehrkräften kostenlos zur Verfügung gestellt.

Die Intervention ist kostenlos. Die Teilnahme an der Studie ist stets freiwillig und kann jederzeit widerrufen werden. Die Studie ist in allen Phasen zuerst pseudonymisiert und dann anonymisiert, d.h. in der laufenden Datenerhebung werden die Pseudonyme gespeichert, jedoch niemals einem Klarnamen zugeordnet (s. dazu § 3 ABs.6a Bundesdatenschutzgesetz). Nach der Datenerhebung werden die Daten anonymisiert (voraussichtlich Oktober 2021) und eine Rückverfolgung ist in keinem Fall mehr möglich. Die Daten werden bis zur Anonymisierung streng vertraulich behandelt.

Mit freundlichen Grüßen

Patrizia Weidenhiller und Prof. Dr. Claudia Nerdel

Technische Universität München	Postanschrift	Tel.: 089 289 29103
TUM School of Education	Arcisstr. 21, 80333 München	<a href="mailto:Patrizia.weidenhiller@tum.de">Patrizia.weidenhiller@tum.de</a>
Professur für Fachdidaktik Life Sciences	Besucheranschrift	<a href="mailto:Claudia.nerdel@tum.de">Claudia.nerdel@tum.de</a>
	Marsstr. 20 80335 München	<a href="https://www.edu.tum.de/fdls/">https://www.edu.tum.de/fdls/</a>

### Datenschutz:

Die Rechtsgrundlage zur Verarbeitung der genannten personenbezogenen Daten bildet die Einwilligung aller betroffenen Personen gemäß Art. 6 Abs. 1 UAbs. 1 Buchst. a und Art. 9 Abs. 2 Buchst. a der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) vor der Erhebung. Der datenschutzrechtlich Verantwortliche ist die Technische Universität München und Ansprechpartner sind die Projektleiterinnen Prof. Dr. Claudia Nerdel und Patrizia Weidenhiller (Art. 4 Nr. 7, Art. 24 Abs. 1 DSGVO). Bei Nicht-Teilnahme an der Studie ergeben sich keine rechtlichen Nachteile. Die Teilnehmer\*innen haben das Recht gemäß Art. 13 II b der Datenschutzgrundverordnung während der Verarbeitung der personenbezogenen Daten Auskunft über die zu Ihrer Person gespeicherten Daten zu erhalten (Art. 15 DSGVO). Sollten unrichtige personenbezogene Daten verarbeitet werden, steht den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein Recht auf Berichtigung zu (Art. 16 DSGVO). Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen haben stets das Recht auf Datenübertragbarkeit (Art 20 DSGVO). Überdies kann jederzeit bis zum Löschen der Daten, formlos und ohne Angabe von Gründen die datenschutzrechtliche Einwilligung rückgängig gemacht werden, Widerspruch eingelegt werden (Art. 7 Abs. 3 DSGVO), eine Löschung (Art 17 DSGVO und §35 BDSG), eine Einschränkung der Verarbeitung (Art 18 DSGVO) oder auch Berichtigung (Art 16 DSGVO) veranlasst werden. Ein späterer Widerruf ist auf Grund der Anonymisierung bei der Ergebnisdarstellung nicht möglich. Die Studienteilnahme wird durch den Widerruf beendet. Der Widerruf führt zur sofortigen Vernichtung der bereits erhobenen Daten. Es entstehen durch den Widerruf keine Kosten oder anderweitige Nachteile. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wenden sich dann an folgende Adressen:

Technische Universität München: Datenschutzbeauftragter Herr Prof. Dr. Uwe Baumgarten, Telefon +49 (89) 289 – 18564, TeleFax +49 89 289 18557, E-Mail: [beauftragter@datenschutz.tum.de](mailto:beauftragter@datenschutz.tum.de)

Postadresse: TUINF01 Informatik 13 - Professur für Vernetzte Rechensysteme - (Prof. Baumgarten) 85748 Garching b. München, Boltzmannstr. 3/IZusatzinfo, Dienstort [TUINF01] 85748 Garching b. München, Parkring 35-39(8102)/II, Raum 8102.02.603, Internet Homepage <http://www.os.in.tum.de>

Darüber hinaus besteht ein Beschwerderecht beim Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz. Diesen können sie unter folgenden Kontaktdaten erreichen:

Postanschrift: Postfach 22 12 19, 80502 München Adresse: Wagnmüllerstraße 18, 80538 München Telefon: 089 212672-0 Telefax: 089 212672-50 E-Mail: [poststelle@datenschutz-bayern.de](mailto:poststelle@datenschutz-bayern.de) Internet: <https://www.datenschutz-bayern.de/>

Die Datenerhebung beinhaltet eine Datenübermittlung an die Fa. SoSci Survey GmbH, da die Beantwortung der Fragebögen über die Plattform dieser Firma durchgeführt wird. Die pseudonymisiert erhobenen Daten werden 12 Monate in verschlüsselten Sicherheitskopien auf dem Server der Fa. SoSci Survey GmbH gespeichert und anschließend gelöscht. Die pseudonymisierten Daten werden streng vertraulich behandelt. Die erhobenen pseudonymisierten Daten werden 8 Wochen nach dem Ende der Erhebung und Aufbereitung der Daten zusammengeführt und anschließend anonymisiert. Das bedeutet, dass die Daten der Präerhebung bei Lehrkräften, die nicht an der Intervention teilnehmen 8 Wochen nach der Präerhebung anonymisiert werden. Die Daten der Lehrkräfte, die an der Intervention und den weiteren Befragungen teilnehmen werden 8 Wochen nach der letzten Befragung anonymisiert. Auf den Servern der TU München werden die pseudonymisierten Daten nach dem jeweiligen Anonymisierungsschritt gelöscht. Aus forschungstechnischen Gründen müssen die anonymisierten Daten 10 Jahre archiviert werden, sodass diese erst im Jahr 2031 gelöscht werden dürfen (dies steht in Abhängigkeit vom Ende der Datenerhebung).

\*Hierbei handelt es sich um sog. besondere Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 1 DSGVO), die in Form von Audioaufnahmen vorliegen. Die Einwilligung zur Studie umfasst explizit auch die Verarbeitung besonde-

rer Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 2 Buchst a DSGVO). Die Tonaufnahmen werden zur Transkription an den Dienst „abtipper.de“ weitergeleitet. Die Daten werden nach Beendigung des Projekts (mit Übermittlung der Transkripte) von den Servern des Transkriptionsdienstes gelöscht.

### **13.9 Anschreiben Lehrkräfte**

Information zur Studie „Digitale Medien zur Unterstützung fachspezifischer Arbeitsweisen in heterogenen Klassen - Interventionsstudie mit Biologie-Lehrkräften an Gymnasien und FOS/BOS“

Datum:

Sehr geehrte Biologie-Lehrkräfte,

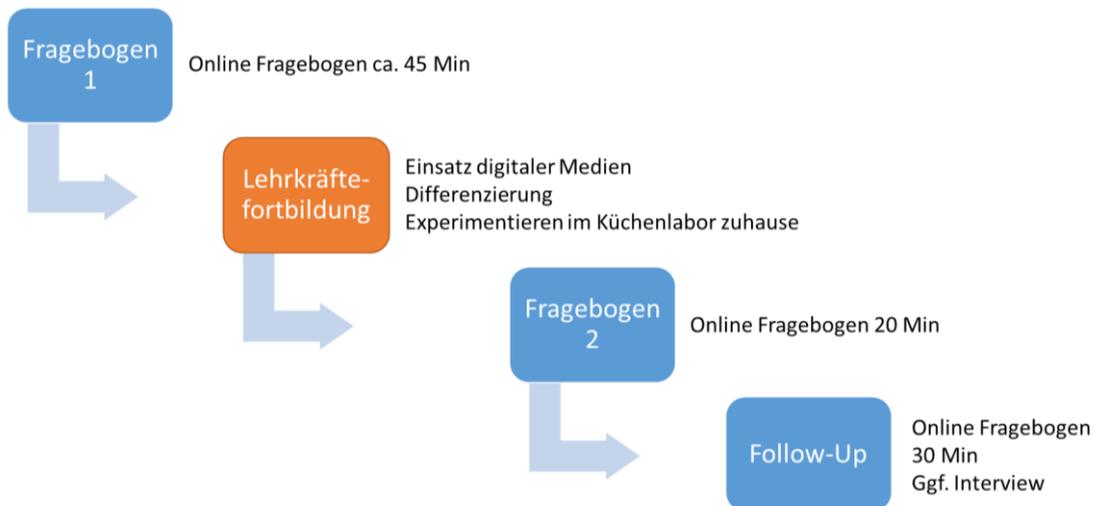
wir freuen uns über Ihr Interesse an unserem Forschungsprojekt und möchten Sie im Folgenden über die Studie informieren. Es handelt sich um eine wissenschaftliche Interventionsstudie der Technischen Universität München, die den Einsatz digitaler Medien in heterogenen Klassen im Biologieunterricht untersucht.

**Die Intervention findet als Fortbildung für Biologielehrkräfte zum Einsatz digitaler Medien beim Experimentieren in Präsenzunterricht und Home Schooling statt und wird wissenschaftlich begleitet.**

Digitale Medien spielen nicht erst seit der Corona Pandemie eine wichtige Rolle im Unterricht. Sie werden für vielfältige Zwecke eingesetzt und unterstützen somit das Lernen. Umso wichtiger ist bei der Gestaltung des Unterrichts mit digitalen Medien die Beachtung der unterschiedlichen Bedürfnisse der einzelnen Schüler\*innen in der Klasse. Mit diesem Forschungsthema möchten wir Erkenntnisse darüber erhalten, wie digitale Medien an die besonderen Lernbedürfnisse der Schüler\*innen angepasst werden können und gleichzeitig fachspezifische Arbeitsweisen im Biologieunterricht unterstützen können.

Es gibt zwei Möglichkeiten an der Studie teilzunehmen. Die erste Möglichkeit beinhaltet die 4 Phasen, die Sie der Abbildung 1 entnehmen können. Die zweite Möglichkeit besteht darin nur den Fragebogen 1 zu absolvieren. Auch die alleinige Teilnahme am Fragebogen 1 liefert bereits wichtige wissenschaftliche Erkenntnisse und hilft uns den Einsatz digitaler Medien besser zu verstehen. Hier finden Sie den Link zum Fragebogen 1: (hier erscheint der dann gültige Link)

Die Interventionsstudie verläuft in 4 Phasen:



**Abbildung 93 Phasen der Studie**

- Der Fragebogen 1 beinhaltet Fragen zum bisherigen Einsatz digitaler Medien, der persönlichen Einstellung zu digitalen Medien und Heterogenität und der eigenen Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien in heterogenen Klassen im Biologieunterricht. (45 min)
- Die Lehrkräftefortbildung beschäftigt sich mit der konkreten Unterrichtsgestaltung mit digitalen Medien beim Experimentieren. Die Lehrkräfte führen Home-Schooling Experimente zur Thematik Enzymkinetik durch und nutzen digitale Medien hierzu in jeder Phase des Experimentierens. Dabei werden sowohl die benötigten digitalen Kompetenzen erlernt, als auch die Differenzierung mittels dieser digitalen Medien betrachtet. Die Fortbildung dauert zwei Nachmittage und findet als Webinar statt (Anmeldung unter FIBS: \_\_\_\_\_).
- Im Anschluss an die Fortbildung folgt der Fragebogen 2, welcher sich erneut mit der Kompetenz im Umgang mit digitalen Medien beschäftigt. (20 min)
- Gegen Ende des Schuljahres erfolgt die letzte Erhebung. Hier werden die konkret eingesetzten digitalen Medien und digitale Kompetenzen erfasst. (30 min)
- Optional wird zusätzlich ein Interview geführt (Tonaufnahme\*)

Die Ergebnisse der Studie werden nach Abschluss der Auswertung in einschlägigen Journalen veröffentlicht und den teilnehmenden Schulen, sowie Lehrkräften kostenlos zur Verfügung gestellt.

Die Intervention ist kostenlos. Die Teilnahme an der Studie ist stets freiwillig und kann jederzeit widerrufen werden. Die Studie ist in allen Phasen zuerst pseudonymisiert und dann anonymisiert, d.h. in der laufenden Datenerhebung werden die Pseudonyme gespeichert, jedoch niemals einem Klarnamen zugeordnet (s. dazu § 3 ABs.6a Bundesdatenschutzgesetz). Nach der Datenerhebung werden die Daten anonymisiert (voraussichtlich Oktober 2021) und eine Rückverfolgung ist in keinem Fall mehr möglich. Die Daten werden bis zur Anonymisierung streng vertraulich behandelt.

Mit freundlichen Grüßen

Patrizia Weidenhiller und Prof. Dr. Claudia Nerdel

Technische Universität München	Postanschrift	Tel.: 089 289 29103
TUM School of Education	Arcisstr. 21, 80333 München	Patrizia.weidenhiller@tum.de
Professur für Fachdidaktik Life Sciences	Besucheranschrift	Claudia.nerdel@tum.de
	Marsstr. 20 80335 München	<a href="https://www.edu.tum.de/fdls/">https://www.edu.tum.de/fdls/</a>

### Datenschutz:

Die Rechtsgrundlage zur Verarbeitung der genannten personenbezogenen Daten bildet die Einwilligung aller betroffenen Personen gemäß Art. 6 Abs. 1 UAbs. 1 Buchst. a und Art. 9 Abs. 2 Buchst. a der Datenschutzgrundverordnung (DSGVO) vor der Erhebung. Der datenschutzrechtlich Verantwortliche ist die Technische Universität München und Ansprechpartner sind die Projektleiterinnen Prof. Dr. Claudia Nerdel und Patrizia Weidenhiller (Art. 4 Nr. 7, Art. 24 Abs. 1 DSGVO). Bei Nicht-Teilnahme an der Studie ergeben sich keine rechtlichen Nachteile. Die Teilnehmer\*innen haben das Recht gemäß Art. 13 II b der Datenschutzgrundverordnung während der Verarbeitung der personenbezogenen Daten Auskunft über die zu Ihrer Person gespeicherten Daten zu erhalten (Art. 15 DSGVO). Sollten unrichtige personenbezogene Daten verarbeitet werden, steht den Teilnehmerinnen und Teilnehmern ein Recht auf Berichtigung zu (Art. 16 DSGVO). Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen haben stets das Recht auf Datenübertragbarkeit (Art. 20 DSGVO). Überdies kann jederzeit bis zum Löschen der Daten, formlos und ohne Angabe von Gründen die datenschutzrechtliche Einwilligung rückgängig gemacht werden, Widerspruch eingelegt werden (Art. 7 Abs. 3 DSGVO), eine Löschung (Art 17 DSGVO und §35 BDSG), eine Einschränkung der Verarbeitung (Art 18 DSGVO) oder auch Berichtigung (Art 16 DSGVO) veranlasst werden. Ein späterer Widerruf ist auf Grund der Anonymisierung bei der Ergebnisdarstellung nicht möglich. Die Studienteilnahme wird durch den Widerruf beendet. Der Widerruf führt zur sofortigen Vernichtung der bereits erhobenen Daten. Es entstehen durch den Widerruf keine Kosten oder anderweitige Nachteile. Die Teilnehmer und Teilnehmerinnen wenden sich dann an folgende Adressen:

Technische Universität München: Datenschutzbeauftragter Herr Prof. Dr. Uwe Baumgarten, Telefon +49 (89) 289 – 18564, TeleFax +49 89 289 18557, E-Mail: [beauftragter@datenschutz.tum.de](mailto:beauftragter@datenschutz.tum.de)  
Postadresse: TUINF01 Informatik 13 - Professur für Vernetzte Rechensysteme - (Prof. Baumgarten) 85748 Garching b. München, Boltzmannstr. 3/IZusatzinfo, Dienstort [TUINF01] 85748 Garching b. München, Parkring 35-39(8102)/II, Raum 8102.02.603, Internet Homepage <http://www.os.in.tum.de>  
Darüber hinaus besteht ein Beschwerderecht beim Bayerischen Landesbeauftragten für den Datenschutz. Diesen können sie unter folgenden Kontaktdaten erreichen:  
Postanschrift: Postfach 22 12 19, 80502 München Adresse: Wagnmüllerstraße 18, 80538 München Telefon: 089 212672-0 Telefax: 089 212672-50 E-Mail: [poststelle@datenschutz-bayern.de](mailto:poststelle@datenschutz-bayern.de) Internet: <https://www.datenschutz-bayern.de/>

Die Datenerhebung beinhaltet eine Datenübermittlung an die Fa. SoSci Survey GmbH, da die Beantwortung der Fragebögen über die Plattform dieser Firma durchgeführt wird. Die pseudonymisiert erhobenen Daten werden 12 Monate in verschlüsselten Sicherheitskopien auf dem Server gespeichert und anschließend gelöscht. Die pseudonymisierten Daten werden streng vertraulich behandelt. Die erhobenen pseudonymisierten Daten werden 8 Wochen nach dem Ende der Erhebung und Aufbereitung der Daten zusammengeführt und anschließend anonymisiert. Das bedeutet, dass die Daten der Präerhebung bei Lehrkräften, die nicht an der Intervention teilnehmen 8 Wochen nach der Präerhebung anonymisiert werden. Die Daten der Lehrkräfte, die an der Intervention und den weiteren Befragungen teilnehmen werden 8 Wochen nach der letzten Befragung anonymisiert. Auf den Servern der TU München werden die pseudonymisierten Daten nach dem jeweiligen Anonymisierungsschritt gelöscht. Aus forschungstechnischen Gründen müssen die anonymisierten Daten 10 Jahre archiviert werden, sodass diese erst im Jahr 2031 gelöscht werden dürfen (dies steht in Abhängigkeit vom Ende der Datenerhebung).

\*Hierbei handelt es sich um sog. besondere Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 1 DSGVO), die in Form von Audioaufnahmen vorliegen. Die Einwilligung zur Studie umfasst explizit auch die Verarbeitung besonderer Kategorien personenbezogener Daten (Art. 9 Abs. 2 Buchst a DSGVO). Die Tonaufnahmen werden zur Transkription an den Dienst „abtipper.de“ weitergeleitet. Die Daten werden nach Beendigung des Projekts (mit Übermittlung der Transkripte) von den Servern des Transkriptionsdienstes gelöscht.

## 13.10 Skalendokumentation, Winsteps Datentabellen

### 13.10.1 Skala Einstellung zu Inklusion

Tabelle Anhang 3 Korrelationen EI

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORREL- ATION	ENTRY NUMBER ITEM	ENTRY NUMBER ITEM
.51	2 EI03_UMC	3 EI04_UMC
.30	7 EI08	11 EI12
.29	1 EI02	11 EI12
.23	8 EI09	9 EI10
-.51	8 EI09	11 EI12
-.46	1 EI02	9 EI10
-.37	3 EI04_UMC	5 EI06
-.35	2 EI03_UMC	8 EI09
-.34	2 EI03_UMC	9 EI10
-.32	9 EI10	11 EI12
-.29	7 EI08	9 EI10
-.29	1 EI02	8 EI09
-.28	3 EI04_UMC	9 EI10
-.27	6 EI07_UMC	10 EI11
-.26	3 EI04_UMC	8 EI09
-.26	4 EI05	10 EI11
-.25	2 EI03_UMC	5 EI06
-.25	7 EI08	8 EI09
-.23	2 EI03_UMC	6 EI07_UMC
-.22	6 EI07_UMC	7 EI08

Tabelle Anhang 4 Itemfit EI Prätest

PERSON: REAL SEP.: 2.47 REL.: .86 ... ITEM: REAL SEP.: 5.23 REL.: .96

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR- CORR.	AL EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
2	181	54	-1.27	.18	1.53	2.40	1.58	2.62	A .58	.68	46.3	49.6	EI03_UMC
3	168	53	-.95	.18	1.40	1.88	1.49	2.26	B .66	.68	43.4	48.4	EI04_UMC
8	116	51	.44	.17	1.16	.84	1.33	1.56	C .58	.68	49.0	44.4	EI09
9	67	52	1.87	.17	1.21	1.09	1.14	.63	D .63	.62	46.2	46.0	EI10
10	107	53	.78	.16	1.09	.56	1.07	.43	E .69	.66	30.2	44.7	EI11
5	133	53	.08	.17	.86	-.71	1.00	.07	F .66	.68	50.9	45.5	EI06
6	97	53	1.05	.16	.84	-.85	.83	-.81	e .71	.66	47.2	44.8	EI07_UMC
7	179	52	-1.42	.19	.83	-.86	.76	-1.24	d .76	.68	51.9	50.4	EI08
1	145	54	-.18	.17	.75	-1.40	.80	-1.05	c .71	.68	53.7	46.5	EI02
4	128	54	.28	.16	.66	-2.03	.64	-2.07	b .72	.67	61.1	44.7	EI05
11	152	50	-.69	.18	.59	-2.34	.59	-2.33	a .76	.69	74.0	48.1	EI12
MEAN	133.9	52.6	.00	.17	.99	-.13	1.02	.01			50.4	46.7	
P.SD	34.1	1.2	.98	.01	.29	1.50	.32	1.60			10.4	2.0	

Tabelle Anhang 5 Schlecht fittende Antworten EI Prätest

TABLE OF POORLY FITTING ITEM (PERSON IN ENTRY ORDER)  
 NUMBER - NAME -- ----- MEASURE - INFIT (MNSQ) OUTFIT

2 EI03\_UMC -1.27 1.5 A 1.6  
 OBSERVED: 1: 3 4 2 4 5 4 2 4 4 4 5 2 1 3 3 4 3 4 4 5  
 Z-RESIDUAL: -3

OBSERVED: 21: 4 4 3 4 4 2 4 3 4 4 5 0 4 3 4 2 2 3 4 5  
 Z-RESIDUAL: -5

OBSERVED: 41: 4 4 3 2 3 4 3 3 5 3 0 3 3 3  
 Z-RESIDUAL:

3 EI04\_UMC -.95 1.4 B 1.5  
 OBSERVED: 1: 3 4 3 4 5 4 1 3 4 4 0 2 3 3 3 3 3 5 5 5  
 Z-RESIDUAL: -5

OBSERVED: 21: 3 1 2 4 4 3 4 4 4 3 4 4 M 2 4 2 2 3 3 5  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 41: 4 4 3 1 1 4 3 3 5 3 0 3 3 3  
 Z-RESIDUAL:

8 EI09 .44 1.2 C 1.3  
 OBSERVED: 1: M M 2 2 2 4 1 1 4 4 3 3 2 3 2 2 2 3 5 4  
 Z-RESIDUAL: 2

OBSERVED: 21: 1 1 1 1 2 2 4 2 2 4 1 3 2 2 2 4 M 2 2 2  
 Z-RESIDUAL: 2

OBSERVED: 41: 2 2 3 4 1 3 2 0 2 2 1 2 3 0  
 Z-RESIDUAL: 2 3

9 EI10 1.87 1.2 D 1.1  
 OBSERVED: 1: M 1 1 1 1 2 0 1 1 2 3 2 2 2 0 1 0 0 5 4  
 Z-RESIDUAL: -2 3

OBSERVED: 21: 0 1 0 1 2 2 2 2 3 3 0 2 0 0 1 1 M 1 2 0  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 41: 0 1 1 2 1 0 2 0 4 2 0 2 0 0  
 Z-RESIDUAL:

**Tabelle Anhang 6 Itemfit EI nach Bereinigung Prätest**

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.63 REL.: .87 ... ITEM: REAL SEP.: 5.74 REL.: .97

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	-AL EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
8	116	51	.51	.18	1.26	1.32	1.46	2.06	A .58	.70	49.0	46.2	EI09
9	67	52	2.07	.18	1.28	1.42	1.21	.88	B .64	.64	44.2	47.9	EI10
2	181	53	-1.50	.19	1.17	.89	1.17	.92	C .67	.70	49.1	51.5	EI03_UMC
10	107	53	.88	.17	1.16	.87	1.14	.71	D .70	.69	32.1	46.7	EI11
5	133	53	.11	.17	.93	-.33	1.08	.44	E .67	.70	52.8	47.2	EI06
3	168	52	-1.15	.19	1.05	.31	1.04	.29	F .76	.70	42.3	50.6	EI04_UMC
6	97	53	1.17	.17	.98	-.05	.99	.00	e .69	.68	49.1	46.8	EI07_UMC
7	179	52	-1.51	.20	.89	-.53	.82	-.93	d .75	.70	51.9	51.8	EI08
1	145	54	-.18	.17	.77	-1.27	.82	-.92	c .73	.70	53.7	48.3	EI02
4	128	54	.33	.17	.72	-1.56	.70	-1.63	b .72	.69	61.1	46.3	EI05
11	152	50	-.73	.19	.65	-1.94	.65	-1.94	a .76	.71	72.0	50.2	EI12
MEAN	133.9	52.5	.00	.18	.99	-.08	1.01	-.01			50.7	48.5	
P.SD	34.1	1.2	1.10	.01	.21	1.11	.23	1.16			9.7	2.0	

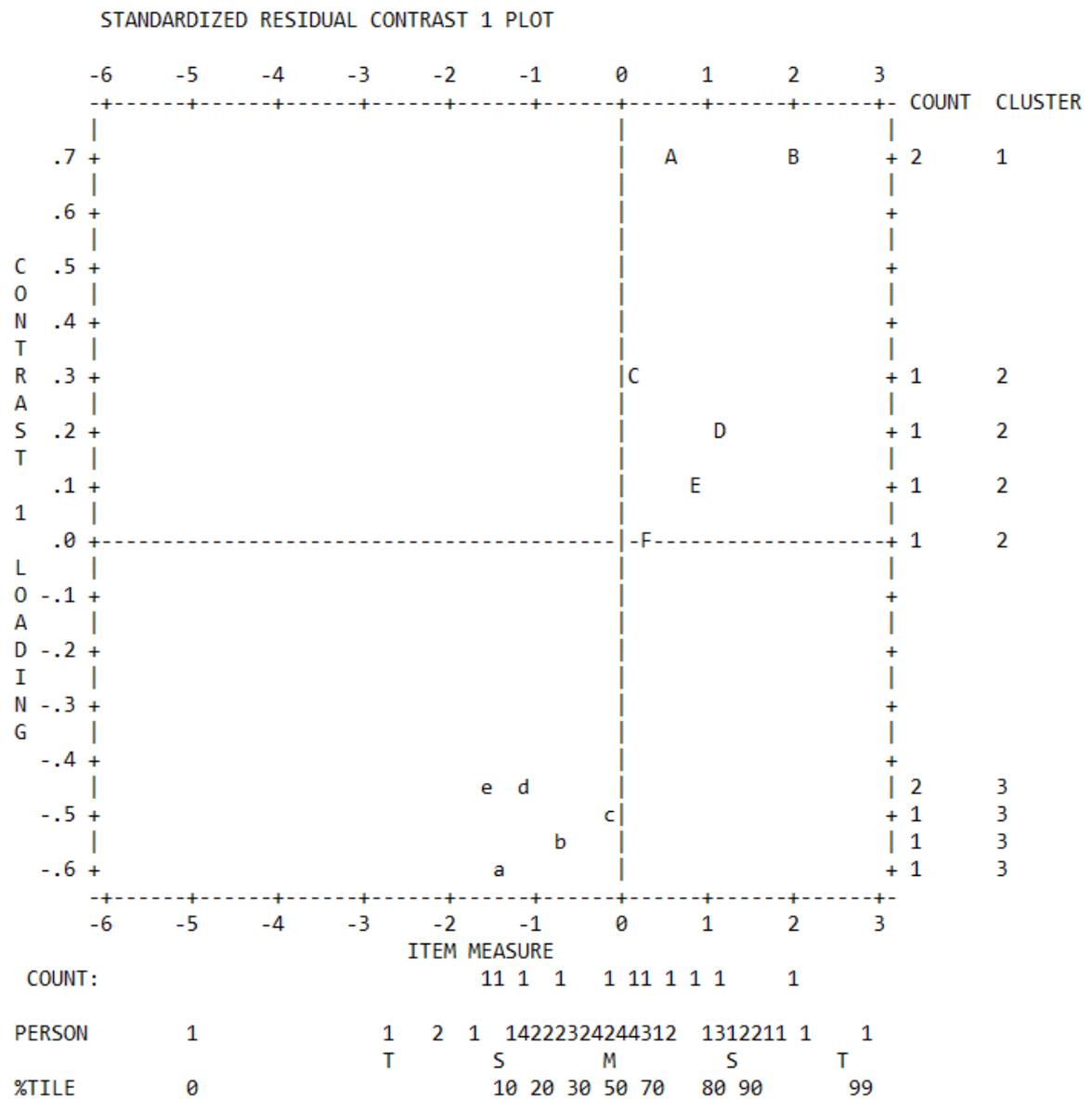
**Tabelle Anhang 7 Dimensionen EI**

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	30.1024	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	19.1024	63.5%	63.0%
Raw variance explained by persons =	8.4774	28.2%	28.0%
Raw Variance explained by items =	10.6250	35.3%	35.1%
Raw unexplained variance (total) =	11.0000	36.5%	100.0%
Unexplned variance in 1st contrast =	2.4742	8.2%	22.5%
Unexplned variance in 2nd contrast =	1.7366	5.8%	15.8%
Unexplned variance in 3rd contrast =	1.4111	4.7%	12.8%
Unexplned variance in 4th contrast =	1.2798	4.3%	11.6%
Unexplned variance in 5th contrast =	1.1026	3.7%	10.0%

Tabelle Anhang 8 Cluster Plot EI



Approximate relationships between the PERSON measures

PCA Contrast	ITEM Clusters	Pearson Correlation	Disattenuated Correlation	Pearson+Extr Correlation	Disattenuated+Extr Correlation	Cluster Sizes
1	1 - 3	0.3493	0.4644			2 5
1	1 - 2	0.6781	0.9391			2 4
1	2 - 3	0.7249	0.9198			4 5

Tabelle Anhang 9 Personen EI Prätest

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.63 REL.: .87 ... ITEM: REAL SEP.: 5.74 REL.: .97

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT		PTMEASUR-AL		EXACT MATCH		PERSON
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD	CORR.	EXP.	OBS%	EXP%	
20	45	11	2.85	.48	.71	-.61	.68	-.74	.67	.58	72.7	58.2	NE07 3
27	42	11	2.20	.45	.43	-1.55	.41	-1.69	.76	.60	72.7	52.2	OG25 3
29	40	11	1.81	.43	1.51	1.17	1.46	1.10	.51	.61	45.5	51.8	RE28 3
11	35	10	1.65	.44	2.50	2.52	2.24	2.23	.59	.61	50.0	51.0	GJ11 2
5	39	11	1.63	.43	1.71	1.51	1.58	1.31	.69	.62	45.5	52.0	EG14 1
49	39	11	1.63	.43	2.23	2.27	2.18	2.24	.21	.62	18.2	52.0	TV31 2
6	38	11	1.45	.42	.48	-1.35	.44	-1.56	.67	.62	72.7	52.0	FA15 1
19	38	11	1.45	.42	4.12	4.33	3.91	4.18	-.01	.62	36.4	52.0	NB27 1
30	37	11	1.28	.41	.52	-1.21	.52	-1.23	.56	.63	63.6	52.3	RG03 2
32	32	10	1.12	.42	.20	-2.63	.21	-2.54	.84	.61	80.0	50.9	RI23 3
14	36	11	1.11	.41	.77	-.43	.82	-.29	.52	.63	45.5	51.8	HK12 3
18	36	11	1.11	.41	1.53	1.21	1.45	1.07	.88	.63	36.4	51.8	NB21 1
40	35	11	.95	.40	1.71	1.50	1.65	1.42	.85	.64	27.3	51.4	SJ25 1
10	33	11	.63	.39	.78	-.41	.72	-.60	.71	.65	63.6	48.9	GF06 1
39	33	11	.63	.39	.50	-1.32	.48	-1.37	.71	.65	63.6	48.9	SI24 2
25	32	11	.47	.39	.31	-2.16	.30	-2.23	.86	.65	72.7	48.5	NM20 1
31	31	11	.32	.39	2.41	2.56	2.36	2.51	.81	.66	27.3	47.8	RI19 3
47	31	11	.32	.39	.33	-2.06	.34	-2.00	.76	.66	54.5	47.8	TR05_a 3
52	31	11	.32	.39	.44	-1.57	.45	-1.51	.73	.66	36.4	47.8	ZE21 1
9	30	11	.18	.38	1.47	1.12	1.35	.90	.62	.66	45.5	46.6	GE16 1
13	30	11	.18	.38	1.39	.97	1.65	1.45	.29	.66	63.6	46.6	HC04 3
16	30	11	.18	.38	1.15	.47	1.10	.36	.72	.66	45.5	46.6	LA03 2
42	30	11	.18	.38	.80	-.37	.77	-.46	.82	.66	45.5	46.6	TB07 2
35	29	11	.03	.38	.27	-2.43	.28	-2.33	.89	.66	63.6	46.2	SA09 3
46	29	11	.03	.38	.83	-.30	.79	-.39	.85	.66	27.3	46.2	TR05 3
50	29	11	.03	.38	.29	-2.32	.30	-2.25	.80	.66	63.6	46.2	ZB26 2
1	12	4	-.04	.65	.33	-1.09	.33	-1.09	.00	.50	50.0	45.7	AE14 2
24	28	11	-.11	.38	.70	-.67	.68	-.75	.90	.67	36.4	44.8	NK30 3
43	28	11	-.11	.38	.84	-.28	.80	-.39	.73	.67	36.4	44.8	TH25 1
26	27	11	-.26	.38	.54	-1.22	.60	-.99	.64	.67	72.7	45.3	oa25 1
28	27	11	-.26	.38	.44	-1.59	.46	-1.52	.81	.67	54.5	45.3	RB26 3
36	27	11	-.26	.38	1.45	1.10	1.47	1.14	.16	.67	45.5	45.3	SE18 2
38	27	11	-.26	.38	.55	-1.18	.52	-1.30	.69	.67	72.7	45.3	SH16 1
2	24	10	-.39	.40	.40	-1.71	.40	-1.67	.89	.69	60.0	45.5	DB16 2
4	26	11	-.40	.38	.73	-.58	.71	-.64	.78	.67	45.5	45.6	DI16 3
12	25	11	-.54	.37	1.24	.67	1.31	.83	-.12	.67	18.2	45.8	GT21 3
23	25	11	-.54	.37	1.02	.19	1.03	.21	.75	.67	18.2	45.8	NI30 1
33	19	9	-.57	.41	.62	-.83	.65	-.74	.95	.67	44.4	45.1	RK23 3
22	24	11	-.68	.37	1.25	.71	1.29	.79	.71	.67	36.4	46.0	NG27 2
41	24	11	-.68	.37	.98	.09	1.01	.15	.81	.67	36.4	46.0	SM22 3
3	23	11	-.82	.37	.56	-1.14	.59	-1.05	.62	.67	63.6	45.9	DG22 1
15	23	11	-.82	.37	.56	-1.15	.55	-1.21	.84	.67	63.6	45.9	HW14 3
17	22	11	-.95	.37	.42	-1.71	.45	-1.60	.76	.67	54.5	45.7	LC30 3
34	22	11	-.95	.37	.48	-1.47	.50	-1.39	.86	.67	54.5	45.7	RM23 1
44	21	11	-1.09	.37	2.06	2.15	2.12	2.23	.13	.67	36.4	45.1	TI12 1
53	21	11	-1.09	.37	1.25	.71	1.20	.61	.69	.67	45.5	45.1	ZM02 3
8	18	10	-1.18	.39	1.44	1.05	1.40	.98	.56	.68	50.0	45.0	FD02 2
37	13	7	-1.20	.46	1.43	.92	1.51	1.05	.12	.61	42.9	45.7	SG13 3
21	20	11	-1.23	.37	.85	-.26	.85	-.26	.81	.67	54.5	44.6	NE13 2
54	17	11	-1.66	.38	1.02	.18	1.01	.15	.93	.66	45.5	46.3	ZR24 2
45	14	11	-2.11	.39	.65	-.82	.71	-.61	.50	.65	63.6	47.5	TM29 1
48	14	11	-2.11	.39	1.19	.56	1.10	.38	.89	.65	36.4	47.5	TS02 2
7	10	11	-2.77	.43	.34	-1.92	.35	-1.71	.76	.60	72.7	51.6	FB31 2
51	2	11	-5.02	.76	1.31	.63	1.98	1.05	-.13	.34	81.8	83.3	ZC31 2
MEAN	27.3	10.7	-.08	.41	1.00	-.18	1.00	-.18			50.6	48.4	
P.SD	8.6	1.1	1.31	.06	.71	1.47	.69	1.44			16.1	5.6	

Tabelle Anhang 10 Score Fähigkeiten Beziehung EI

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 11 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-7.05E	1.85	19	-1.38	.38	38	1.45	.42
1	-5.79	1.04	20	-1.23	.37	39	1.63	.43
2	-5.02	.76	21	-1.09	.37	40	1.82	.43
3	-4.54	.64	22	-.96	.37	41	2.01	.44
4	-4.17	.57	23	-.82	.37	42	2.21	.45
5	-3.87	.53	24	-.68	.37	43	2.41	.46
6	-3.61	.50	25	-.54	.37	44	2.63	.47
7	-3.37	.47	26	-.40	.38	45	2.85	.48
8	-3.16	.45	27	-.26	.38	46	3.09	.50
9	-2.96	.44	28	-.11	.38	47	3.34	.51
10	-2.77	.43	29	.03	.38	48	3.61	.53
11	-2.60	.42	30	.18	.38	49	3.91	.56
12	-2.43	.41	31	.32	.39	50	4.24	.59
13	-2.27	.40	32	.48	.39	51	4.61	.63
14	-2.11	.39	33	.63	.39	52	5.05	.70
15	-1.96	.39	34	.79	.40	53	5.61	.81
16	-1.81	.38	35	.95	.40	54	6.47	1.08
17	-1.66	.38	36	1.11	.41	55	7.79E	1.87
18	-1.52	.38	37	1.28	.41			

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=47.5070 USCALE=6.7353

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=26.1288 USCALE=3.7044

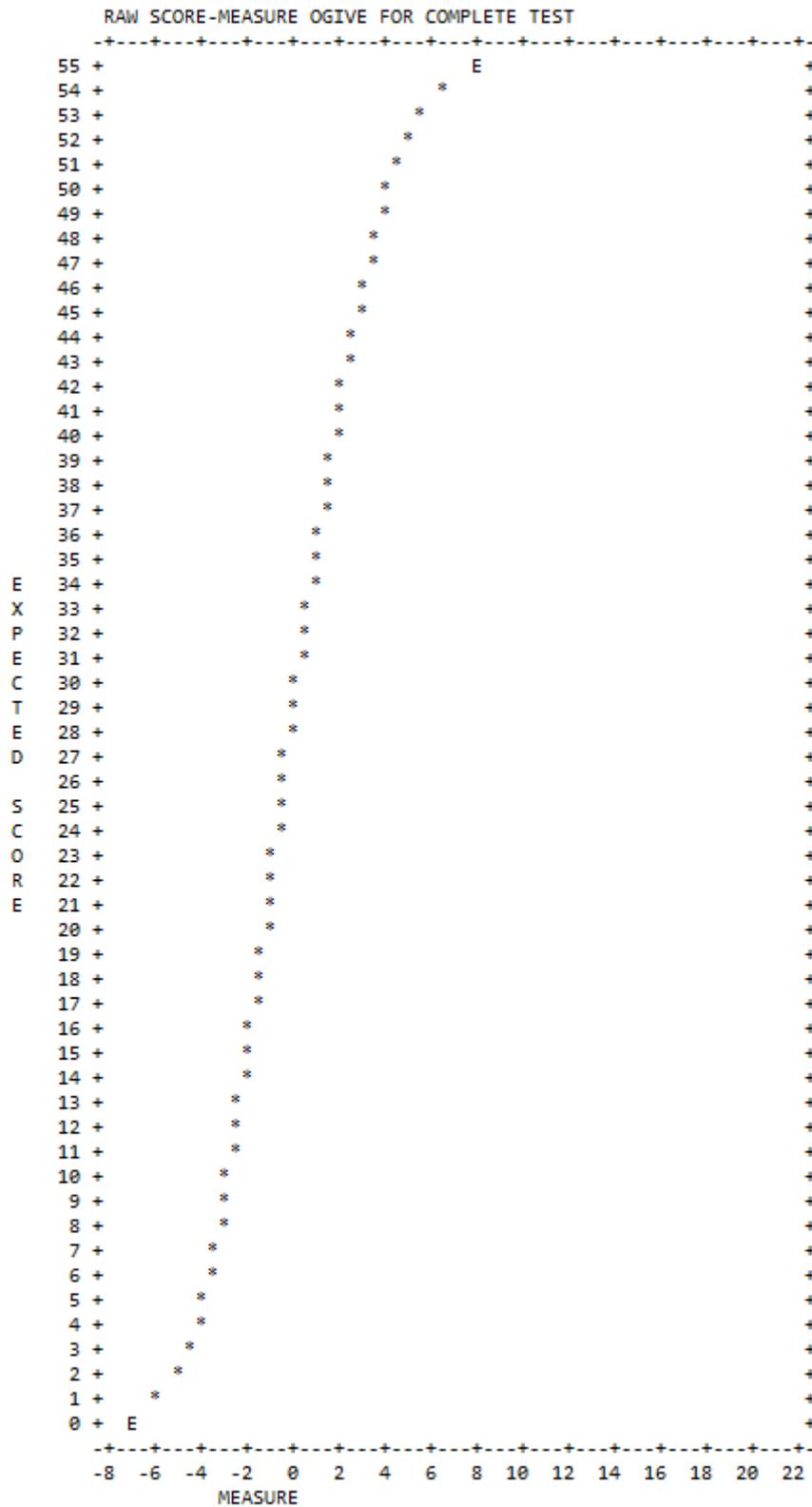
Predicting Score from Measure:  $Score = Measure * 5.0825 + 27.4670$

Predicting Measure from Score:  $Measure = Score * .1892 + -5.1955$

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 7.7

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .98

Tabelle Anhang 11 Ogive EI



11  
PERSON 1 1 219106462 1  
T S M S T  
%TILE 0 20 70 90 99

Tabelle Anhang 12 Step Ordering EI

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA		ABILITY		S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
			COUNT	%	MEAN	P.SD					
1	0	0	1	2	-5.02	.00		.0	.1	-.52	EI02
	1	1	6	11	-1.30	1.36	.61	1.2	1.4	-.33	
	2	2	13	24	-.63	.52	.15	.5	.5	-.24	
	3	3	25	46	.14	.74	.15	.8	.8	.16	
	4	4	7	13	1.59	.67	.27	.3	.3	.49	
	5	5	2	4	.99*	.66	.66	1.4	1.4	.16	
2	.	***	1	2	1.12	.00				.13	EI03_UMC
	0	0	1	2	-5.02	.00		.3	.4	-.52	
	1	1	1	2	.18	.00		4.6	4.6	.03	
	2	2	7	13	-.99*	.80	.33	1.1	1.0	-.26	
	3	3	16	30	-.57*	.87	.22	1.0	.9	-.23	
	4	4	22	42	.29	.93	.20	1.1	1.1	.25	
	5	5	6	11	1.51	.77	.34	.8	.8	.44	
3	.	***	2	4	.54	1.11	1.11			.09	EI04_UMC
	0	0	1	2	-5.02	.00		.2	.3	-.52	
	1	1	4	8	-1.66	.82	.48	1.0	1.1	-.34	
	2	2	5	10	-.70	.34	.17	1.1	1.0	-.15	
	3	3	20	38	-.32	.87	.20	1.1	1.0	-.13	
	4	4	16	31	.41	.81	.21	.9	1.0	.26	
	5	5	6	12	1.60	.61	.27	.8	.8	.47	
4	0	0	3	6	-2.43	1.83	1.29	1.2	1.2	-.44	EI05
	1	1	7	13	-1.48	.86	.35	.6	.5	-.41	
	2	2	15	28	-.28	.85	.23	1.1	1.2	-.10	
	3	3	25	46	.46	.74	.15	.7	.7	.38	
	4	4	4	7	1.54	1.04	.60	.8	.8	.35	
5	.	***	1	2	-.04	.00				.00	EI06
	0	0	1	2	-2.11	.00		.6	.9	-.21	
	1	1	7	13	-1.78	1.64	.67	1.1	1.5	-.50	
	2	2	20	38	-.30	.74	.17	1.0	1.0	-.13	
	3	3	15	28	.30	1.00	.27	1.2	1.2	.18	
	4	4	9	17	1.09	.71	.25	.9	.9	.40	
	5	5	1	2	1.81	.00		.9	1.0	.20	
6	.	***	1	2	-.04	.00				.00	EI07_UMC
	0	0	6	11	-1.83	1.99	.89	1.9	1.7	-.47	
	1	1	16	30	-.50	.66	.17	.9	.8	-.21	
	2	2	16	30	-.16	.56	.14	.7	.6	-.04	
	3	3	11	21	.92	.97	.31	1.0	1.0	.39	
	4	4	4	8	1.77	.28	.16	.6	.7	.40	
7	.	***	2	4	-.62	.58	.58			-.08	EI08
	0	0	1	2	-5.02	.00		.3	.4	-.52	
	1	1	2	4	-2.44	.33	.33	.5	.5	-.36	
	2	2	5	10	-.94	.25	.13	.9	.8	-.22	
	3	3	13	25	-.23	.68	.20	.9	.9	-.07	
	4	4	27	52	.24	.94	.18	1.3	1.2	.23	
	5	5	4	8	1.99	.63	.36	.5	.6	.45	
8	.	***	3	6	-.55	.49	.34			-.09	EI09
	0	0	2	4	-1.88	.22	.22	.6	.8	-.28	
	1	1	9	18	-1.48	1.54	.54	1.1	1.8	-.49	
	2	2	23	45	.10	.79	.17	1.3	1.3	.11	
	3	3	8	16	.41	.91	.34	1.2	1.2	.15	
	4	4	8	16	.90	1.22	.46	1.7	1.7	.31	
	5	5	1	2	1.45	.00		1.1	1.2	.16	
9	.	***	2	4	-.62	.58	.58			-.08	EI10
	0	0	16	31	-1.00	1.43	.37	1.3	1.3	-.47	
	1	1	15	29	-.28	.78	.21	.8	.8	-.10	
	2	2	15	29	.42	.80	.21	1.0	1.0	.23	
	3	3	3	6	1.58	.22	.16	.4	.4	.31	
	4	4	2	4	2.24	.61	.61	.7	.7	.35	
	5	5	1	2	1.45*	.00		1.4	1.4	.16	
10	.	***	1	2	-.04	.00				.00	EI11
	0	0	7	13	-1.73	1.49	.61	1.1	1.2	-.49	
	1	1	12	23	-.72	.85	.26	1.0	.9	-.26	
	2	2	13	25	-.03	.80	.23	1.0	.9	.02	
	3	3	16	30	.50	.86	.22	1.2	1.2	.29	
	4	4	4	8	1.81	.64	.37	.6	.6	.41	
	5	5	1	2	1.63*	.00		1.1	1.2	.18	
11	.	***	4	7	-.75	.48	.28			-.14	EI12
	0	0	1	2	-5.02	.00		.1	.2	-.53	
	1	1	2	4	-1.72	1.05	1.05	.9	.9	-.26	
	2	2	9	18	-.88	1.01	.36	.9	1.0	-.30	
	3	3	20	40	-.13	.62	.14	.6	.5	-.06	
	4	4	18	36	.98	.92	.22	.8	.8	.56	

\* Average ability does not ascend with category score  
# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 13 Kategorienstruktur EI

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	OBSERVED SCORE	OBSVD COUNT	SAMPLE %	AVRGE	SAMPLE EXPECT	INFIT MNSQ	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	40	7	-3.02	-3.11	1.09	1.11	NONE	( -4.22)
1	1	81	14	-1.68	-1.60	1.05	1.21	-2.96	-2.42
2	2	141	24	-.59	-.61	.96	.94	-1.65	-.96
3	3	172	30	.37	.39	.88	.87	-.31	.54
4	4	121	21	1.47	1.43	.93	.93	1.26	2.51
5	5	22	4	2.44	2.48	1.17	1.09	3.66	( 4.82)
MISSING		17	3	-.19					

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABLTY	COHERENCE M->C	ESTIM DISCR
0	NONE		( -4.22) -INF	-3.40	76% 33%	1.0802
1	-2.96	.21	-2.42 -3.40	-1.66	-3.16 50% 48%	.8913
2	-1.65	.14	-.96 -1.66	-.24	-1.65 46% 53%	.6772
3	-.31	.12	.54 -.24	1.43	-.27 48% 59%	.5916
4	1.26	.12	2.51 1.43	3.86	1.35 59% 50%	.7396
5	3.66	.24	( 4.82) 3.86	+INF	3.74 100% 14%	1.2363

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 14 Summary Statistik EI Prätest

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 54 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 54 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	27.3	10.7	-.08	.41	1.00	-.18	1.00	-.18
SEM	1.2	.2	.18	.01	.10	.20	.09	.20
P.SD	8.6	1.1	1.31	.06	.71	1.47	.69	1.44
S.SD	8.7	1.1	1.32	.06	.72	1.48	.70	1.45
MAX.	45.0	11.0	2.85	.76	4.12	4.33	3.91	4.18
MIN.	2.0	4.0	-5.02	.37	.20	-2.63	.21	-2.54
REAL RMSE	.47	TRUE SD	1.22	SEPARATION	2.63	PERSON	RELIABILITY	.87
MODEL RMSE	.41	TRUE SD	1.24	SEPARATION	3.02	PERSON	RELIABILITY	.90
S.E. OF PERSON MEAN = .18								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .95

CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .91 SEM = 2.57

STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 11 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	133.9	52.5	.00	.18	.99	-.08	1.01	-.01
SEM	10.8	.4	.35	.00	.07	.35	.07	.37
P.SD	34.1	1.2	1.10	.01	.21	1.11	.23	1.16
S.SD	35.8	1.2	1.15	.01	.22	1.16	.24	1.22
MAX.	181.0	54.0	2.07	.20	1.28	1.42	1.46	2.06
MIN.	67.0	50.0	-1.51	.17	.65	-1.94	.65	-1.94
REAL RMSE	.19	TRUE SD	1.08	SEPARATION	5.74	ITEM	RELIABILITY	.97
MODEL RMSE	.18	TRUE SD	1.08	SEPARATION	5.98	ITEM	RELIABILITY	.97
S.E. OF ITEM MEAN = .35								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -1.00

Tabelle Anhang 15 DIF EI

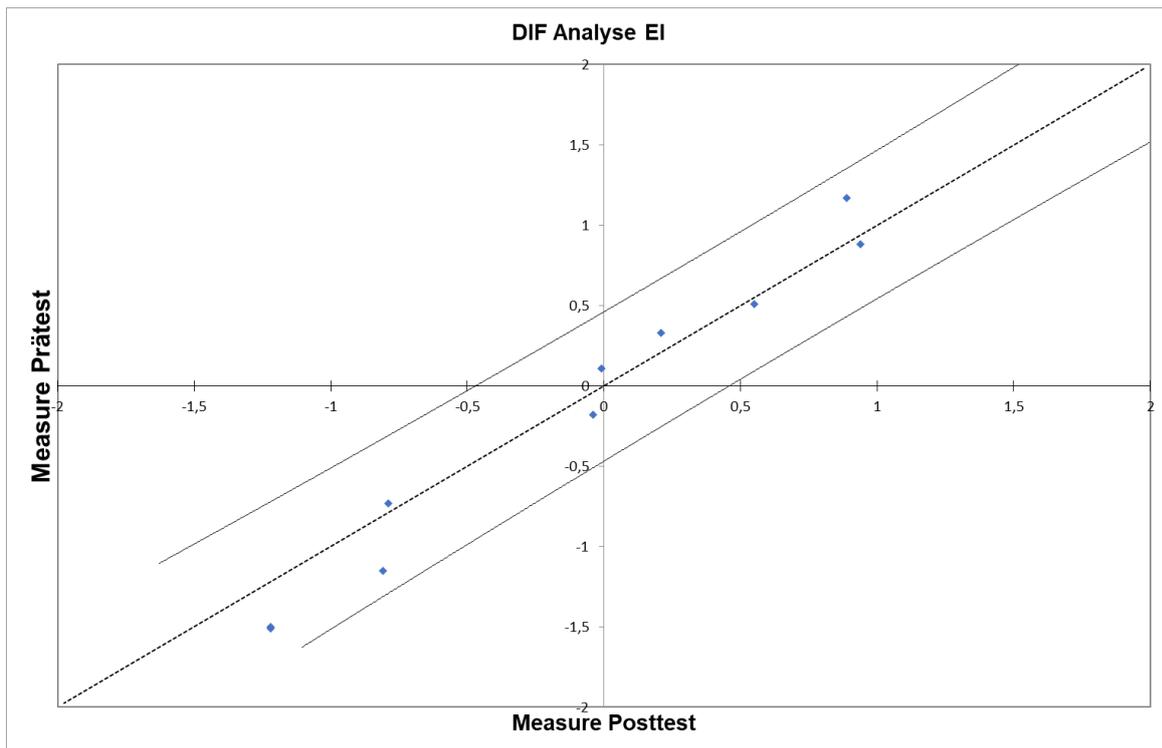


Tabelle Anhang 16 Itemfit EI Posttest

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 53 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 1.93 REL.: .79 ... ITEM: REAL SEP.: 5.44 REL.: .97

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT MATCH OBS%	EXP%	DISPLACE	ITEM
2	186	53	-1.50A	.19	1.66	2.82	1.83	3.43	A .46	.56	50.9	53.0	.08	EI03_UMC_POS
9	84	52	2.07A	.18	1.57	2.67	1.73	3.24	B .51	.61	46.2	46.5	-.37	EI10_POS
10	104	52	.88A	.17	1.36	1.76	1.41	1.99	C .49	.62	38.5	44.1	.19	EI11_POS
8	121	53	.51A	.17	1.36	1.80	1.37	1.84	D .48	.62	47.2	45.8	.14	EI09_POS
3	172	53	-1.15A	.19	1.28	1.35	1.30	1.47	E .68	.58	50.9	51.0	.23	EI04_UMC_POS
5	143	53	.11A	.17	1.16	.85	1.13	.71	F .46	.61	50.9	47.2	-.10	EI06_POS
6	104	51	1.17A	.17	.97	-.07	.95	-.19	e .61	.63	43.1	45.3	-.13	EI07_UMC_POS
1	144	53	-.18A	.18	.94	-.28	.96	-.14	d .66	.60	56.6	47.4	.15	EI02_POS
7	186	53	-1.51A	.20	.92	-.34	.90	-.43	c .67	.56	50.9	53.0	.09	EI08_POS
11	169	52	-.73A	.18	.90	-.44	.87	-.62	b .62	.59	48.1	48.3	-.16	EI12_POS
4	132	52	.33A	.17	.75	-1.40	.74	-1.44	a .73	.62	50.0	46.6	-.06	EI05_POS
MEAN	140.5	52.5	.00	.18	1.17	.79	1.20	.90			48.5	48.0	.00	
P.SD	33.4	.7	1.10	.01	.28	1.33	.34	1.54			4.6	2.9	.00	

Tabelle Anhang 17 Schlecht fittende Antworten EI Posttest

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 53 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF POORLY FITTING ITEM (PERSON IN ENTRY ORDER)  
 NUMBER - NAME ----- MEASURE - INFIT (MNSQ) OUTFIT

2\* V108\_A -1.50 1.7 A 1.8  
 OBSERVED: 1: 3 3 0 4 5 4 3 3 4 4 2 3 3 2 3 4 3 4 4 5  
 Z-RESIDUAL: -6 -2 -2

OBSERVED: 21: 3 4 4 4 4 5 5 4 4 4 5 4 4 4 2 3 2 3 4 5  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 41: 3 4 3 2 3 3 M 3 4 4 2 5 2 5  
 Z-RESIDUAL:

9\* EI10\_POS 2.07 1.6 B 1.7  
 OBSERVED: 1: M 2 4 1 2 2 2 0 1 1 3 2 0 4 0 1 1 1 2 4  
 Z-RESIDUAL: 2 2

OBSERVED: 21: 2 1 1 1 1 1 1 1 1 2 3 0 2 1 0 2 2 1 2 1 1  
 Z-RESIDUAL:

OBSERVED: 41: 1 1 1 2 2 1 M 5 4 2 2 2 0 2  
 Z-RESIDUAL: 4 3

10\* EI11\_POS .88 1.4 C 1.4  
 OBSERVED: 1: M 3 4 1 5 2 2 3 0 2 4 2 1 3 2 2 2 3 2 4  
 Z-RESIDUAL: 2 2 -2

OBSERVED: 21: 2 1 3 2 2 2 1 1 2 2 0 2 1 2 2 3 2 3 2 1  
 Z-RESIDUAL: -2 -2 -2

OBSERVED: 41: 1 1 2 1 1 2 M 1 4 3 2 2 0 1  
 Z-RESIDUAL: 2

8\* EI09\_POS .51 1.4 D 1.4  
 OBSERVED: 1: 3 3 4 1 1 3 4 0 4 3 4 2 2 2 2 3 2 3 3 4  
 Z-RESIDUAL: -3 2

OBSERVED: 21: 2 1 2 1 1 2 3 2 2 4 2 3 2 2 2 2 1 1 2 2  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 41: 1 2 3 5 2 3 M 0 3 3 1 3 1 2  
 Z-RESIDUAL: 3 -2

3\* V109\_A -1.15 1.3 E 1.3  
 OBSERVED: 1: 3 3 2 4 5 4 4 1 3 4 2 3 3 2 3 3 3 4 4 5  
 Z-RESIDUAL: -2 -2 -2

OBSERVED: 21: 2 2 2 4 4 4 5 4 4 4 4 4 4 2 3 2 2 3 4 5  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 41: 3 3 3 1 2 4 M 3 4 3 1 5 2 5  
 Z-RESIDUAL: -2 2

**Tabelle Anhang 18 Itemfit nach Bereinigung EI Posttest**

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 53 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.08 REL.: .81 ... ITEM: REAL SEP.: 5.70 REL.: .97

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM
3	172	53	-1.15A	.19	1.32	1.54	1.38	1.82	A .65	.59	50.9	51.0	.23	EI04_UMC_POS
10	104	52	.88A	.17	1.32	1.59	1.37	1.82	B .51	.63	40.4	44.0	.19	EI11_POS
8	121	53	.51A	.17	1.30	1.52	1.31	1.56	C .52	.63	47.2	45.6	.14	EI09_POS
9	79	51	2.07A	.18	1.05	.34	1.23	1.18	D .61	.62	47.1	46.4	-.26	EI10_POS
5	143	53	.11A	.17	1.14	.76	1.11	.64	E .48	.62	49.1	47.5	-.10	EI06_POS
2	186	52	-1.50A	.20	1.04	.28	1.09	.50	F .60	.57	51.9	52.9	-.08	EI03_UMC_POS
6	104	51	1.17A	.17	1.06	.40	1.05	.34	e .58	.64	43.1	45.4	-.13	EI07_UMC_POS
1	144	53	-.18A	.18	.90	-.50	.92	-.34	d .68	.61	58.5	47.7	.15	EI02_POS
7	186	53	-1.51A	.20	.92	-.36	.90	-.43	c .66	.57	50.9	53.0	.09	EI08_POS
11	169	52	-.73A	.18	.91	-.42	.87	-.62	b .62	.59	48.1	48.3	-.16	EI12_POS
4	132	52	.33A	.17	.73	-1.51	.72	-1.55	a .74	.63	51.9	46.6	-.06	EI05_POS
MEAN	140.0	52.3	.00	.18	1.06	.33	1.09	.45			49.0	48.0	.00	
P.SD	34.2	.7	1.10	.01	.19	.94	.21	1.05			4.6	2.9	.00	

Tabelle Anhang 19 Personen EI Posttest

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 53 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.08 REL.: .81 ... ITEM: REAL SEP.: 5.70 REL.: .97

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
20	48	11	3.61	.53	.47	-1.35	.49	-1.29	.66	.54	81.8	62.1	NE07 3
49	42	11	2.21	.45	.82	-.30	.73	-.58	.13	.60	54.5	52.2	TV31 2
3	36	10	1.88	.45	2.28	2.24	2.43	2.46	-.03	.59	30.0	51.8	DG22 1
5	40	11	1.82	.43	2.47	2.58	2.41	2.56	.67	.61	18.2	51.8	EG14 1
52	40	11	1.82	.43	1.15	.48	1.17	.53	.94	.61	36.4	51.8	ZE21 1
27	35	11	.95	.40	1.63	1.37	1.68	1.47	.90	.64	27.3	51.4	OG25 3
29	35	11	.95	.40	.89	-.11	.86	-.21	.66	.64	63.6	51.4	RE28 3
30	35	11	.95	.40	.75	-.49	.74	-.54	.44	.64	54.5	51.4	RG03 2
40	35	11	.95	.40	1.66	1.43	1.68	1.46	.88	.64	36.4	51.4	SJ25 1
7	34	11	.79	.40	.58	-1.00	.60	-.95	.67	.64	54.5	50.6	FB31 2
11	33	11	.63	.39	2.56	2.73	2.69	2.89	-.16	.65	18.2	48.9	GJ11 2
16	33	11	.63	.39	.73	-.57	.74	-.52	.69	.65	45.5	48.9	LA03 2
18	33	11	.63	.39	.71	-.61	.66	-.77	.86	.65	45.5	48.9	NB21 1
19	33	11	.63	.39	1.13	.44	1.11	.40	.56	.65	72.7	48.9	NB27 1
32	33	11	.63	.39	.32	-2.11	.34	-2.00	.77	.65	81.8	48.9	RI23 3
50	33	11	.63	.39	.20	-2.77	.21	-2.70	.86	.65	81.8	48.9	ZB26 2
6	32	11	.48	.39	.58	-1.05	.63	-.86	.85	.65	72.7	48.5	FA15 1
14	32	11	.48	.39	1.98	1.96	2.06	2.07	-.08	.65	45.5	48.5	HK12 3
25	32	11	.48	.39	.69	-.68	.64	-.83	.84	.65	63.6	48.5	NM20 1
26	32	11	.48	.39	.91	-.08	.96	.05	.88	.65	36.4	48.5	oa25 1
39	32	11	.48	.39	.31	-2.16	.29	-2.27	.89	.65	72.7	48.5	SI24 2
24	31	11	.33	.39	.62	-.90	.58	-1.05	.82	.66	81.8	47.8	NK30 3
36	31	11	.33	.39	.98	.09	1.05	.26	.23	.66	27.3	47.8	SE18 2
54	31	11	.33	.39	2.23	2.32	2.36	2.50	.78	.66	9.1	47.8	ZR24 2
2	30	11	.18	.38	.52	-1.26	.53	-1.23	.57	.66	45.5	46.6	DB16 2
31	30	11	.18	.38	1.71	1.55	1.69	1.51	.89	.66	36.4	46.6	RI19 3
43	30	11	.18	.38	.42	-1.66	.43	-1.64	.67	.66	63.6	46.6	th25 1
9	29	11	.03	.38	1.37	.94	1.28	.76	.72	.66	63.6	46.2	GE16 1
10	29	11	.03	.38	.99	.12	.97	.07	.81	.66	54.5	46.2	GF06 1
35	29	11	.03	.38	.77	-.45	.84	-.27	.34	.66	54.5	46.2	SA09 3
38	29	11	.03	.38	1.57	1.31	1.45	1.09	.24	.66	36.4	46.2	SH16 1
42	29	11	.03	.38	.49	-1.40	.48	-1.42	.89	.66	63.6	46.2	TB07 2
1	21	7	-.05	.49	.34	-1.53	.34	-1.54	.00	.50	57.1	46.7	AE14 2
33	26	10	-.15	.40	.51	-1.26	.50	-1.27	.85	.66	40.0	44.8	RK23 3
13	27	11	-.26	.38	.71	-.64	.71	-.64	.88	.67	36.4	45.3	HC04 3
28	27	11	-.26	.38	.63	-.89	.63	-.90	.88	.67	54.5	45.3	RB26 3
12	26	11	-.40	.38	.70	-.67	.75	-.52	.43	.67	63.6	45.6	GT21 3
23	26	11	-.40	.38	1.05	.25	1.03	.21	.70	.67	54.5	45.6	NI30 1
45	26	11	-.40	.38	1.44	1.07	1.47	1.14	.38	.67	18.2	45.6	TM29 1
46	26	11	-.40	.38	.59	-1.04	.57	-1.10	.73	.67	63.6	45.6	TR05 3
17	25	11	-.54	.37	.84	-.28	.84	-.27	.50	.67	63.6	45.8	LC30 3
15	24	11	-.68	.37	.44	-1.64	.43	-1.65	.83	.67	63.6	46.1	HW14 3
21	24	11	-.68	.37	.50	-1.37	.54	-1.21	.65	.67	63.6	46.1	NE13 2
41	24	11	-.68	.37	1.01	.15	.96	.03	.69	.67	36.4	46.1	SM22 3
4	23	11	-.82	.37	1.27	.74	1.25	.71	.84	.67	27.3	46.0	DI16 3
22	23	11	-.82	.37	.85	-.26	.86	-.23	.83	.67	45.5	46.0	NG27 2
34	23	11	-.82	.37	1.05	.25	1.05	.25	.77	.67	36.4	46.0	RM23 1
48	22	10	-.86	.39	1.79	1.64	1.75	1.58	.39	.61	70.0	46.1	TS02 2
44	22	11	-.95	.37	3.07	3.47	3.02	3.42	.17	.67	27.3	45.7	TI12 1
37	17	10	-1.34	.40	.88	-.16	.88	-.16	.52	.68	20.0	46.2	SG13 3
8	16	11	-1.81	.38	1.75	1.63	1.74	1.62	.40	.66	27.3	46.2	FD02 2
51	13	11	-2.26	.40	1.78	1.65	2.62	2.79	.02	.64	45.5	49.4	ZC31 2
53	13	11	-2.26	.40	.82	-.31	.78	-.42	.62	.64	54.5	49.4	ZM02 3
MEAN	29.1	10.8	.13	.40	1.07	.03	1.09	.05			49.0	48.0	
P. SD	6.7	.6	1.03	.03	.65	1.38	.68	1.42			18.6	2.9	

Tabelle Anhang 20 Summary Statistik EI Posttest

INPUT: 54 PERSON 11 ITEM REPORTED: 53 PERSON 11 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 53 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	29.1	10.8	.13	.40	1.07	.03	1.09	.05
SEM	.9	.1	.14	.00	.09	.19	.09	.20
P.SD	6.7	.6	1.03	.03	.65	1.38	.68	1.42
S.SD	6.8	.6	1.04	.03	.65	1.39	.69	1.44
MAX.	48.0	11.0	3.61	.53	3.07	3.47	3.02	3.42
MIN.	13.0	7.0	-2.26	.37	.20	-2.77	.21	-2.70
REAL RMSE	.45	TRUE SD	.93	SEPARATION	2.08	PERSON	RELIABILITY	.81
MODEL RMSE	.40	TRUE SD	.96	SEPARATION	2.41	PERSON	RELIABILITY	.85
S.E. OF PERSON MEAN = .14								

LACKING RESPONSES: 1 PERSON

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .98 (approximate due to missing data)

CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .83 SEM = 2.74

(approximate due to missing data)

STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .96

SUMMARY OF 11 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	140.0	52.3	.00	.18	1.06	.33	1.09	.45
SEM	10.8	.2	.35	.00	.06	.30	.07	.33
P.SD	34.2	.7	1.10	.01	.19	.94	.21	1.05
S.SD	35.9	.8	1.15	.01	.19	.99	.22	1.10
MAX.	186.0	53.0	2.07	.20	1.32	1.59	1.38	1.82
MIN.	79.0	51.0	-1.51	.17	.73	-1.51	.72	-1.55
REAL RMSE	.19	TRUE SD	1.08	SEPARATION	5.70	ITEM	RELIABILITY	.97
MODEL RMSE	.18	TRUE SD	1.08	SEPARATION	6.02	ITEM	RELIABILITY	.97
S.E. OF ITEM MEAN = .35								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.99 (approximate due to missing data)

Global statistics: please see Table 44.

UMEAN=.0000 USCALE=1.0000

### 13.10.2 Skala Einstellung Digitale Medien

Tabelle Anhang 21 Korrelationen ED

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORREL- ATION	ENTRY NUMBER ITEM	ENTRY NUMBER ITEM
.21	3 ED03_UMC	7 ED07
.16	2 ED02_UMC	8 ED08
-.41	7 ED07	10 ED10
-.35	3 ED03_UMC	10 ED10
-.34	1 ED01	3 ED03_UMC
-.33	5 ED05	8 ED08
-.32	2 ED02_UMC	10 ED10
-.31	3 ED03_UMC	8 ED08
-.31	5 ED05	9 ED09
-.31	3 ED03_UMC	4 ED04
-.24	4 ED04	10 ED10
-.24	6 ED06	8 ED08
-.24	6 ED06	9 ED09
-.24	7 ED07	8 ED08
-.20	1 ED01	2 ED02_UMC
-.19	1 ED01	9 ED09
-.19	2 ED02_UMC	5 ED05
-.19	6 ED06	7 ED07
-.18	4 ED04	5 ED05
-.16	1 ED01	7 ED07

Tabelle Anhang 22 Itemfit ED Prätest

PERSON: REAL SEP.: 1.99 REL.: .80 ... ITEM: REAL SEP.: 2.11 REL.: .82

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ ZSTD	OUTFIT MNSQ ZSTD	PTMEASUR-AL CORR. EXP.	EXACT MATCH OBS% EXP%	ITEM
3	98	54	.37	.26	1.38 1.77	1.47 2.06	A .63 .60	50.9 65.1	ED03_UMC
10	111	54	-.53	.27	1.42 1.84	1.32 1.35	B .52 .57	64.2 69.0	ED10
5	102	53	-.02	.26	1.34 1.57	1.29 1.30	C .66 .59	55.8 67.2	ED05
2	119	54	-1.13	.28	.76 -1.20	.92 -.27	D .56 .55	71.7 69.9	ED02_UMC
8	82	53	1.25	.24	.91 -.41	.87 -.62	E .57 .63	65.4 61.6	ED08
9	87	51	.74	.26	.91 -.41	.88 -.56	e .64 .62	72.0 62.9	ED09
7	112	54	-.60	.27	.89 -.47	.84 -.66	d .61 .57	77.4 69.6	ED07
4	99	52	.10	.27	.87 -.57	.83 -.74	c .58 .59	68.6 66.1	ED04
1	102	53	-.02	.26	.76 -1.19	.73 -1.33	b .59 .59	75.0 67.2	ED01
6	106	54	-.17	.26	.75 -1.25	.71 -1.39	a .61 .59	79.2 68.1	ED06
MEAN	101.8	53.2	.00	.26	1.00 -.03	.99 -.09		68.0 66.7	
P.SD	10.7	1.0	.65	.01	.26 1.19	.26 1.15		8.7 2.6	

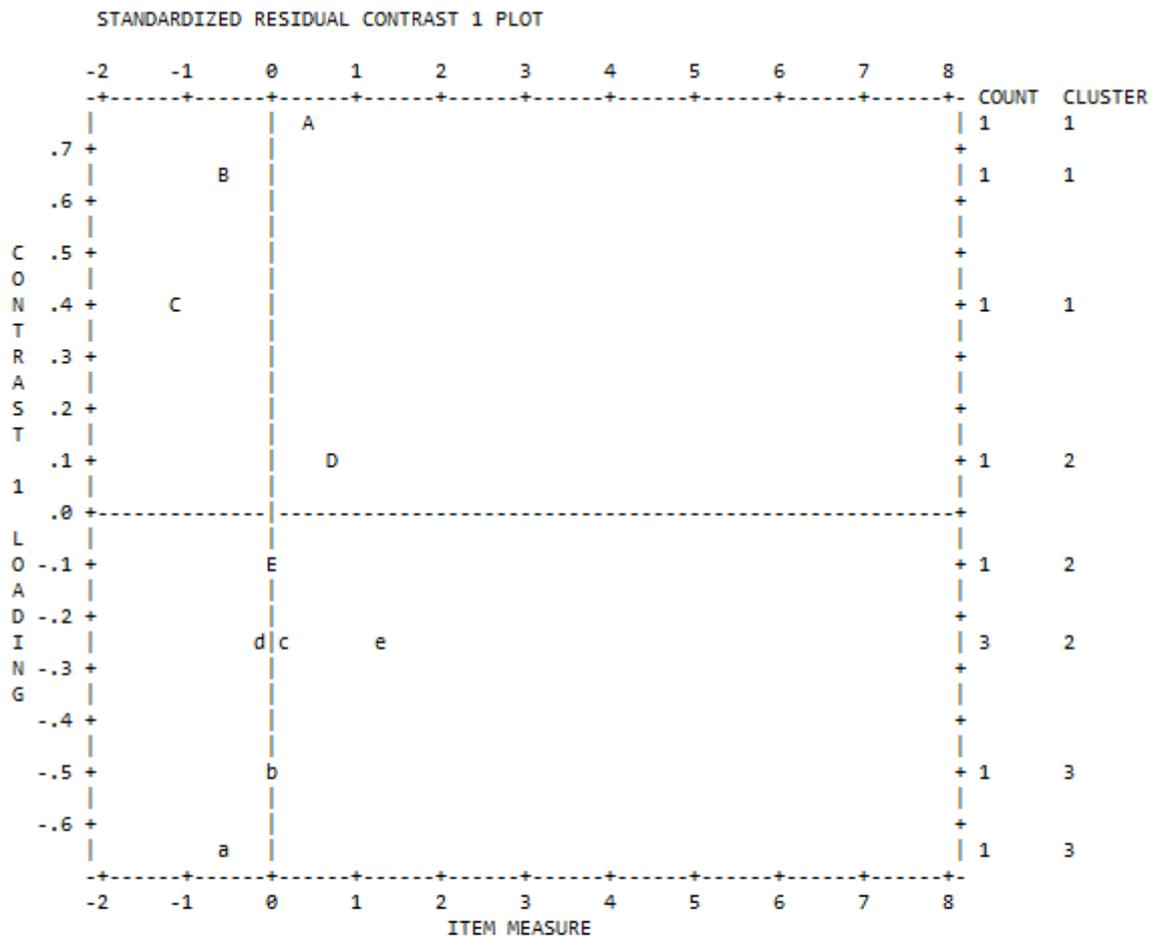
Tabelle Anhang 23 Dimensionen ED

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	16.0013	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	6.0013	37.5%	37.7%
Raw variance explained by persons =	3.3757	21.1%	21.2%
Raw Variance explained by items =	2.6256	16.4%	16.5%
Raw unexplained variance (total) =	10.0000	62.5%	100.0%
Unexplned variance in 1st contrast =	2.0107	12.6%	20.1%
Unexplned variance in 2nd contrast =	1.7518	10.9%	17.5%
Unexplned variance in 3rd contrast =	1.3286	8.3%	13.3%
Unexplned variance in 4th contrast =	1.1851	7.4%	11.9%
Unexplned variance in 5th contrast =	1.0985	6.9%	11.0%

Tabelle Anhang 24 Cluster Plot ED



COUNT:	1	2	121	1	1	1									
PERSON	1	3	6	217	5	10	5	5	1	2	1	1	1	1	1
%TILE	0	10	20	30	40	60	70	80	90					99	

Approximate relationships between the PERSON measures

PCA Contrast	ITEM Clusters	Pearson Correlation	Disattenuated Correlation	Pearson+Extr Correlation	Disattenuated+Extr Correlation	Cluster Sizes
1	1 - 3	0.1598	0.3337	0.2224	0.4456	3 2
1	1 - 2	0.5116	0.8101	0.5622	0.8525	3 5
1	2 - 3	0.5603	1.0000	0.6041	1.0000	5 2

Tabelle Anhang 25 Personen ED Prätest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 1.99 REL.: .80 ... ITEM: REAL SEP.: 2.11 REL.: .82

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
36	30	10	7.02	1.86	MAXIMUM MEASURE				.00	.00	100.0	100.0	SE18 2
48	29	10	5.71	1.07	1.03	.31	.83	.18	.19	.20	90.0	90.0	TS02 2
11	28	10	4.86	.81	.98	.13	1.71	1.13	.05	.26	80.0	80.1	GJ11 2
16	26	10	3.83	.66	.86	-.35	.86	-.29	.41	.31	80.0	65.5	LA03 2
6	25	10	3.42	.63	.88	-.28	.85	-.38	.35	.31	50.0	61.0	FA15 1
31	24	10	3.03	.62	1.04	.22	1.05	.27	-.01	.32	50.0	61.6	RI19 3
50	24	10	3.03	.62	.65	-1.05	.64	-1.07	.59	.32	90.0	61.6	ZB26 2
38	23	10	2.65	.62	.78	-.49	.76	-.53	.24	.31	60.0	64.5	SH16 1
5	20	9	2.27	.66	1.36	.85	1.38	.88	.38	.30	55.6	66.9	EG14 1
12	22	10	2.26	.63	.63	-.80	.61	-.83	.21	.31	80.0	68.0	GT21 3
13	22	10	2.26	.63	.76	-.44	.76	-.43	-.03	.31	80.0	68.0	HC04 3
21	22	10	2.26	.63	.38	-1.68	.36	-1.72	.67	.31	80.0	68.0	NE13 2
49	22	10	2.26	.63	.58	-.97	.58	-.91	.29	.31	80.0	68.0	TV31 2
19	21	10	1.87	.63	1.74	1.38	1.74	1.36	.35	.31	50.0	71.8	NB27 1
20	21	10	1.87	.63	.54	-.95	.55	-.88	-.19	.31	90.0	71.8	NE07 3
24	21	10	1.87	.63	1.01	.19	1.02	.22	.37	.31	70.0	71.8	NK30 3
26	21	10	1.87	.63	1.53	1.07	1.54	1.08	.58	.31	50.0	71.8	oa25 1
42	21	10	1.87	.63	.78	-.31	.76	-.34	.69	.31	70.0	71.8	TB07 2
33	12	6	1.14	.82	.06	-2.33	.06	-2.33	.00	.23	100.0	74.6	RK23 3
2	19	10	1.08	.62	1.01	.20	1.03	.23	.35	.32	70.0	71.9	DB16 2
4	19	10	1.08	.62	.59	-.72	.56	-.80	.89	.32	70.0	71.9	DI16 3
8	19	10	1.08	.62	1.79	1.39	1.84	1.44	.21	.32	50.0	71.9	FD02 2
10	19	10	1.08	.62	.50	-1.00	.50	-.96	-.09	.32	90.0	71.9	GF06 1
23	19	10	1.08	.62	1.19	.51	1.22	.55	.05	.32	70.0	71.9	NI30 1
25	19	10	1.08	.62	.19	-2.25	.16	-2.37	.64	.32	90.0	71.9	NM20 1
29	19	10	1.08	.62	.93	.04	.95	.10	.40	.32	70.0	71.9	RE28 3
44	19	10	1.08	.62	1.04	.26	1.06	.30	.29	.32	70.0	71.9	TI12 1
47	19	10	1.08	.62	.90	-.02	.89	-.04	.49	.32	70.0	71.9	TR05_a 3
1	17	9	1.03	.65	.43	-1.16	.39	-1.23	.20	.33	88.9	71.3	AE14 2
9	18	10	.70	.60	2.03	1.76	2.11	1.81	.15	.33	30.0	68.9	GE16 1
15	18	10	.70	.60	.83	-.19	.84	-.15	.74	.33	70.0	68.9	HW14 3
27	18	10	.70	.60	.36	-1.56	.32	-1.64	.63	.33	90.0	68.9	OG25 3
37	18	10	.70	.60	1.11	.38	1.12	.39	.38	.33	70.0	68.9	SG13 3
52	18	10	.70	.60	1.11	.37	1.14	.44	.44	.33	50.0	68.9	ZE21 1
3	17	10	.35	.58	1.48	1.04	1.48	1.03	.06	.34	50.0	65.1	DG22 1
7	17	10	.35	.58	2.23	2.12	2.18	2.00	.50	.34	50.0	65.1	FB31 2
14	17	10	.35	.58	.40	-1.52	.38	-1.55	.71	.34	90.0	65.1	HK12 3
34	17	10	.35	.58	.69	-.59	.70	-.52	.24	.34	70.0	65.1	RM23 1
39	17	10	.35	.58	1.33	.79	1.26	.65	.23	.34	50.0	65.1	SI24 2
46	17	10	.35	.58	.34	-1.75	.32	-1.80	.80	.34	90.0	65.1	TR05 3
51	17	10	.35	.58	.34	-1.75	.32	-1.80	.80	.34	90.0	65.1	ZC31 2
43	15	9	.16	.61	.44	-1.33	.42	-1.35	.69	.34	77.8	64.8	th25 1
30	16	10	.03	.56	.39	-1.68	.38	-1.69	.78	.35	90.0	61.3	RG03 2
35	16	10	.03	.56	.90	-.09	.88	-.13	.03	.35	50.0	61.3	SA09 3
17	15	10	-.28	.55	1.34	.87	1.27	.73	.20	.36	50.0	58.1	LC30 3
22	15	10	-.28	.55	.58	-1.04	.58	-1.01	.48	.36	70.0	58.1	NG27 2
28	15	10	-.28	.55	.46	-1.50	.45	-1.49	.67	.36	70.0	58.1	RB26 3
32	15	10	-.28	.55	1.41	1.00	1.37	.92	.12	.36	60.0	58.1	RI23 3
45	15	10	-.28	.55	1.45	1.08	1.52	1.19	.57	.36	50.0	58.1	TM29 1
54	15	10	-.28	.55	2.17	2.25	2.06	2.06	-.05	.36	30.0	58.1	ZR24 2
40	13	10	-.86	.53	.82	-.33	.81	-.36	.57	.36	70.0	56.5	SJ25 1
41	13	10	-.86	.53	.90	-.13	.91	-.10	-.26	.36	70.0	56.5	SM22 3
53	13	10	-.86	.53	2.07	2.17	2.06	2.16	-.19	.36	50.0	56.5	ZM02 3
18	11	9	-1.09	.55	2.47	2.63	2.48	2.64	.01	.38	33.3	57.0	NB21 1
MEAN	18.9	9.9	1.24	.64	.98	-.10	.98	-.09			68.2	66.7	
P.SD	4.1	.6	1.60	.19	.55	1.19	.57	1.20			17.3	6.5	

Tabelle Anhang 26 Score Fähigkeiten Beziehung ED

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 10 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-6.56E	1.86	11	-1.41	.52	22	2.27	.63
1	-5.28	1.06	12	-1.14	.52	23	2.65	.62
2	-4.46	.79	13	-.86	.53	24	3.04	.62
3	-3.93	.68	14	-.58	.54	25	3.43	.63
4	-3.51	.62	15	-.28	.55	26	3.84	.66
5	-3.15	.58	16	.03	.56	27	4.30	.71
6	-2.83	.56	17	.35	.58	28	4.87	.81
7	-2.53	.54	18	.70	.60	29	5.71	1.07
8	-2.24	.53	19	1.08	.62	30	7.02E	1.87
9	-1.96	.53	20	1.47	.63			
10	-1.68	.52	21	1.87	.63			

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=48.3037 USCALE=7.3614

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=14.4911 USCALE=2.2084

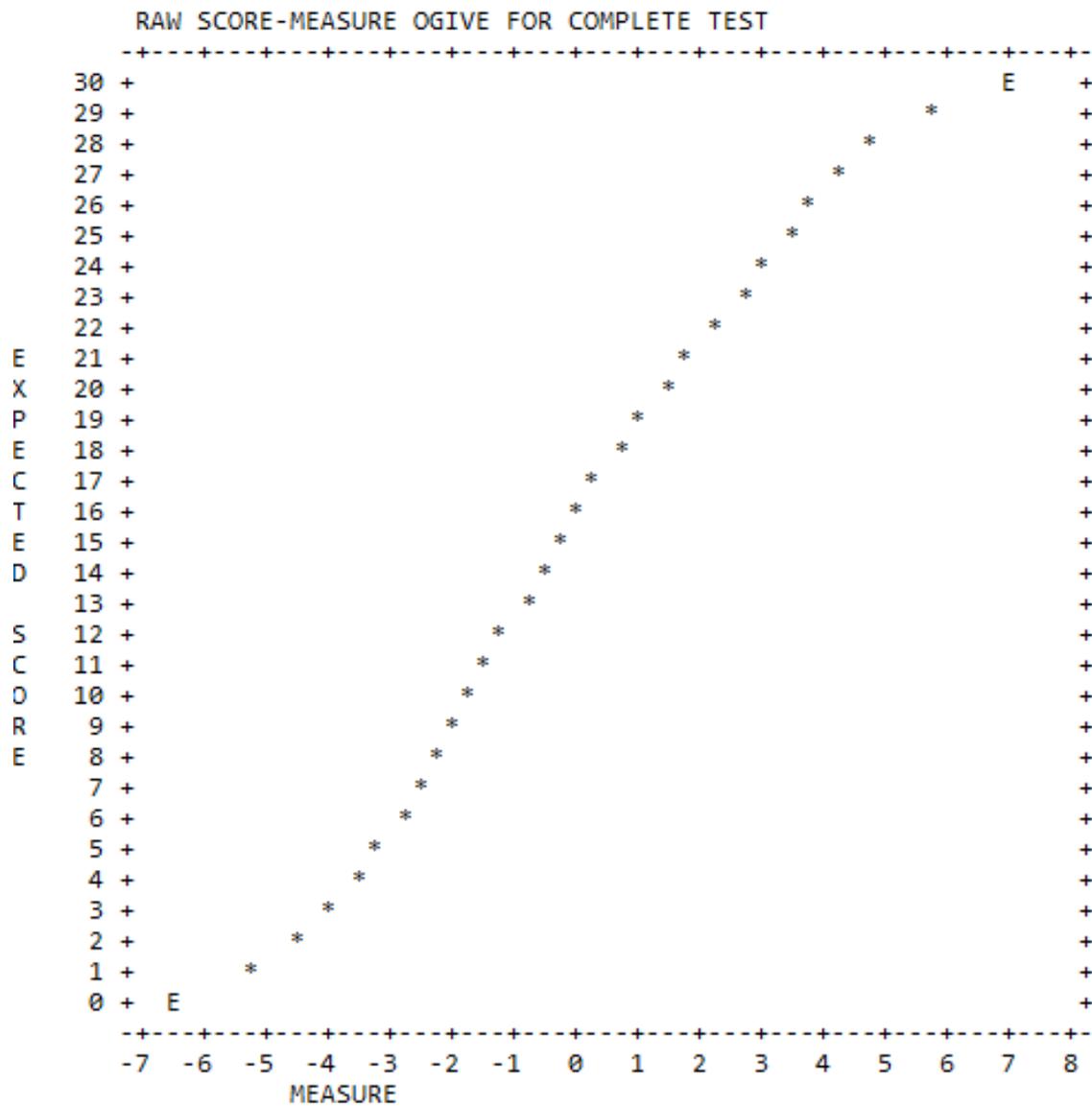
Predicting Score from Measure:  $\text{Score} = \text{Measure} * 2.6806 + 14.9802$

Predicting Measure from Score:  $\text{Measure} = \text{Score} * .3658 + -5.4804$

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 5.3

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .97

Tabelle Anhang 27 Ogive ED



PERSON				1							
		13	628	501	5	5	12	11	1	1	1
%TILE	T		S	M		S			T		
		0	10	30	60	70	80	90			99
ITEM		1	2131	1	1						
		T	S	M	S	T					
%TILE		0	30	80	90	99					

Tabelle Anhang 28 Kategorienstruktur ED Prätest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	SCORE	OBSERVED COUNT	%	OBSVD AVRGE	SAMPLE EXPECT	INFINIT MNSQ	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	10	2	-.75	-.84	1.02	.96	NONE	( -4.05)
1	1	117	22	-.08	.00	.90	.88	-2.89	-1.68
2	2	314	59	1.19	1.14	1.01	1.05	-.45	1.46
3	3	91	17	2.95	3.05	1.11	1.07	3.34	( 4.46)
MISSING		8	1	.41					

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABLTY	COHERENCE M->C C->M	RMSR	ESTIM DISCR
0	NONE		( -4.05)	-INF -3.09	0% 0%	1.3517	0
1	-2.89	.33	-1.68	-3.09 -.32	57% 40%	.6213	.98
2	-.45	.12	1.46	-.32 3.40	70% 89%	.3314	1.09
3	3.34	.15	( 4.46)	3.40 +INF	73% 37%	.7623	.94

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 29 Step Ordering ED

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA COUNT	%	ABILITY MEAN	P.SD	S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
1	.	***	1	2#	1.14	.00				-.01	ED01
	1	1	10	19	.17	.66	.22	1.0	1.0	-.32	
	2	2	37	70	1.08	1.11	.19	1.0	.9	-.15	
	3	3	6	11	4.01	2.20	.99	1.0	.8	.61	
2	1	1	3	6	-.74	.34	.24	.5	.5	-.30	ED02_UMC
	2	2	37	69	.88	1.15	.19	1.3	1.8	-.34	
	3	3	14	26	2.62	1.80	.50	.9	.9	.51	
3	0	0	2	4	-.68	.40	.40	.8	.7	-.24	ED03_UMC
	1	1	18	33	.23	.65	.16	.9	.9	-.45	
	2	2	22	41	1.38	1.32	.29	1.1	1.5	.07	
	3	3	12	22	2.81	1.72	.52	1.2	1.3	.53	
4	.	***	2	4#	-.03	1.06	1.06			-.16	ED04
	0	0	1	2	-.86	.00		.7	.6	-.19	
	1	1	9	17	.44	.76	.27	1.2	1.2	-.24	
	2	2	36	69	1.10	1.07	.18	1.0	.9	-.18	
5	.	***	1	2#	1.14	.00				-.01	ED05
	0	0	2	4	-.28	.00	.00	1.0	1.0	-.19	
	1	1	13	25	-.08	.62	.18	.7	.7	-.47	
	2	2	25	47	1.20	.95	.19	.7	.7	-.03	
6	0	0	1	2	-.86	.00		.7	.7	-.18	ED06
	1	1	7	13	-.23	.77	.31	.7	.7	-.35	
	2	2	39	72	1.15	1.03	.17	.9	.8	-.09	
	3	3	7	13	3.53	2.26	.92	1.1	1.0	.55	
7	0	0	1	2	-1.09	.00		.7	.6	-.20	ED07
	1	1	5	9	.38	.48	.24	1.3	1.2	-.17	
	2	2	37	69	.80	.99	.17	.9	.8	-.40	
	3	3	11	20	3.31	1.82	.58	.8	.8	.66	
8	.	***	1	2#	1.14	.00				-.01	ED08
	0	0	2	4	.04	.32	.32	1.1	1.1	-.15	
	1	1	22	42	.53	.82	.18	1.0	1.0	-.37	
	2	2	27	51	1.53	1.39	.27	1.2	1.2	.18	
9	.	***	3	6#	1.19	.86	.61			-.01	ED09
	1	1	21	41	.34	.74	.17	.9	.9	-.47	
	2	2	24	47	1.36	1.11	.23	1.0	.9	.07	
	3	3	6	12	3.96	2.32	1.04	1.2	1.1	.61	
10	0	0	1	2	-.86	.00		.8	.7	-.18	ED10
	1	1	9	17	.29	.79	.28	1.2	1.1	-.26	
	2	2	30	56	.97	.96	.18	.8	.8	-.19	
	3	3	14	26	2.58	2.14	.59	1.3	1.2	.50	

# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 30 Summary Statistik ED Prätest

SUMMARY OF 54 MEASURED (EXTREME AND NON-EXTREME) PERSON								
	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	18.9	9.9	1.24	.64				
SEM	.6	.1	.22	.03				
P.SD	4.1	.6	1.60	.19				
S.SD	4.1	.6	1.61	.19				
MAX.	30.0	10.0	7.02	1.86				
MIN.	11.0	6.0	-1.09	.53				
REAL RMSE	.72	TRUE SD	1.43	SEPARATION	1.99	PERSON RELIABILITY	.80	
MODEL RMSE	.67	TRUE SD	1.45	SEPARATION	2.18	PERSON RELIABILITY	.83	
S.E. OF PERSON MEAN = .22								
PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .96 (approximate due to missing data)								
CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .83 SEM = 1.70								
(approximate due to missing data)								
STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .96								
SUMMARY OF 10 MEASURED (NON-EXTREME) ITEM								
	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	101.8	53.2	.00	.26	1.00	-.03	.99	-.09
SEM	3.6	.3	.22	.00	.09	.40	.09	.38
P.SD	10.7	1.0	.65	.01	.26	1.19	.26	1.15
S.SD	11.2	1.0	.68	.01	.27	1.26	.27	1.21
MAX.	119.0	54.0	1.25	.28	1.42	1.84	1.47	2.06
MIN.	82.0	51.0	-1.13	.24	.75	-1.25	.71	-1.39
REAL RMSE	.28	TRUE SD	.59	SEPARATION	2.11	ITEM RELIABILITY	.82	
MODEL RMSE	.26	TRUE SD	.59	SEPARATION	2.25	ITEM RELIABILITY	.84	
S.E. OF ITEM MEAN = .22								
ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.99 (approximate due to missing data)								
Global statistics: please see Table 44.								

Tabelle Anhang 31 DIF ED

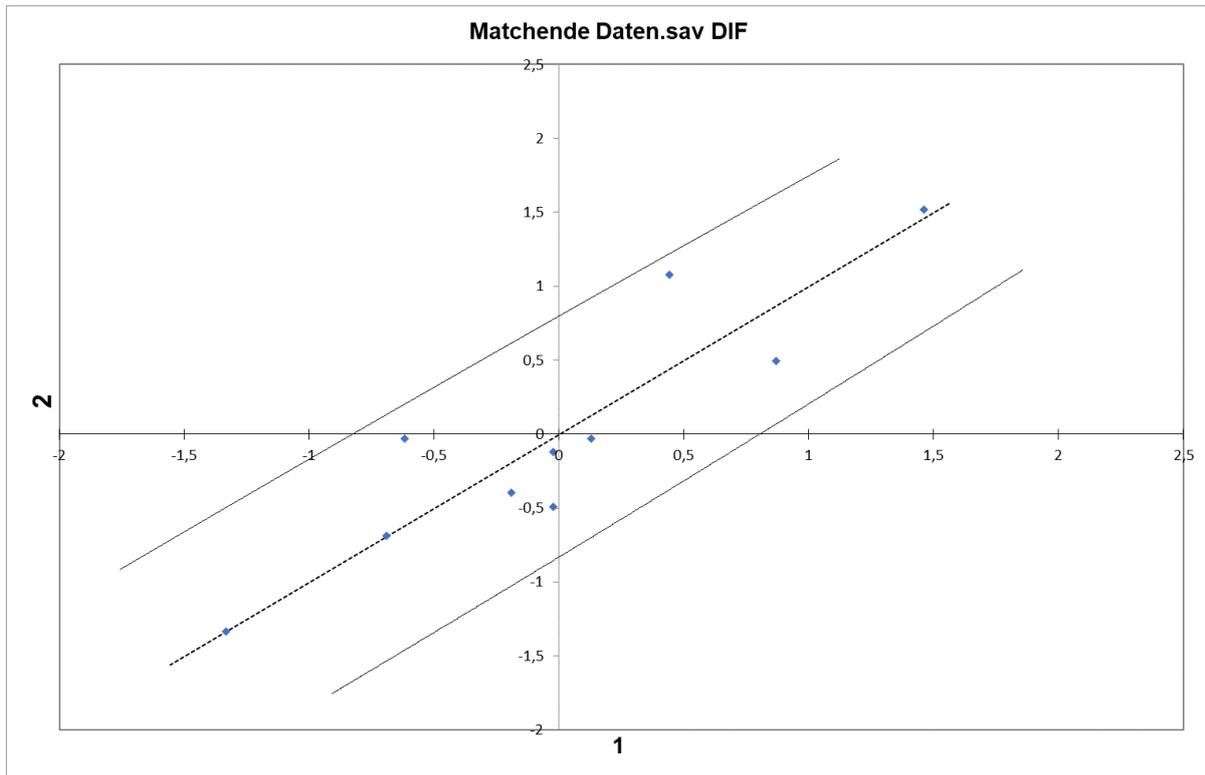


Tabelle Anhang 32 Itemfit ED Posttest

PERSON: REAL SEP.: 1.77 REL.: .76 ... ITEM: REAL SEP.: 2.08 REL.: .81

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM
3	96	53	.37A	.27	1.69	2.77	1.77	2.94	A .44	.55	50.0	68.5	.51	ED03_UMC_POS
5	114	53	-.02A	.27	.81	-.89	.80	-.89	B .61	.54	76.9	70.0	-.40	ED05_POS
9	103	53	.74A	.26	.80	-.98	.81	-.91	C .47	.56	71.2	66.2	-.32	ED09_POS
2	123	53	-1.13A	.28	.80	-1.03	.77	-.99	D .63	.49	67.3	68.4	.01	ED02_UMC_POS
10	109	53	-.53A	.28	.68	-1.65	.66	-1.66	E .62	.52	78.8	70.1	.50	ED10_POS
1	110	53	-.02A	.27	.67	-1.66	.66	-1.65	e .53	.54	84.6	70.0	-.09	ED01_POS
8	90	53	1.25A	.25	.66	-1.92	.62	-2.09	d .76	.58	75.0	63.3	.02	ED08_POS
6	113	53	-.17A	.28	.63	-1.90	.62	-1.89	c .58	.53	75.0	70.1	-.17	ED06_POS
4	109	53	.10A	.27	.54	-2.51	.52	-2.54	b .70	.54	82.7	69.7	-.14	ED04_POS
7	116	53	-.60A	.28	.52	-2.73	.50	-2.68	a .66	.52	84.6	69.9	.03	ED07_POS
MEAN	108.3	53.0	.00	.27	.78	-1.25	.77	-1.24			74.6	68.6	.00	
P.SD	9.2	.0	.65	.01	.32	1.46	.35	1.52			9.8	2.1	.00	



Tabelle Anhang 35 Personen ED Posttest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 53 PERSON 10 ITEM 4 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 1.79 REL.: .76 ... ITEM: REAL SEP.: 2.11 REL.: .82

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
3	30	10	6.97	1.82	MAXIMUM MEASURE				.00	.00	100.0	100.0	DG22 1
48	29	10	5.70	1.07	1.02	.30	.82	.18	.19	.20	90.0	89.9	TS02 2
11	28	10	4.86	.81	.91	-.02	.70	-.30	.43	.26	80.0	80.1	GJ11 2
50	26	10	3.83	.66	.97	.01	.91	-.14	.29	.31	60.0	65.5	ZB26 2
16	25	10	3.42	.63	1.24	.81	1.31	.98	-.22	.31	50.0	61.0	LA03 2
7	24	10	3.03	.62	.91	-.17	.88	-.23	.21	.32	50.0	61.6	FB31 2
20	24	10	3.03	.62	.73	-.77	.71	-.80	.48	.32	70.0	61.6	NE07 3
45	24	10	3.03	.62	.54	-1.52	.53	-1.53	.76	.32	90.0	61.6	TM29 1
5	23	10	2.65	.62	.53	-1.32	.52	-1.35	.64	.31	80.0	64.4	EG14 1
18	23	10	2.65	.62	1.65	1.52	1.67	1.53	.05	.31	40.0	64.4	NB21 1
26	23	10	2.65	.62	.73	-.63	.72	-.63	.31	.31	80.0	64.4	oa25 1
31	23	10	2.65	.62	1.06	.29	1.07	.31	-.24	.31	60.0	64.4	RI19 3
10	22	10	2.26	.63	.38	-1.68	.36	-1.72	.67	.31	80.0	68.0	GF06 1
33	22	10	2.26	.63	.64	-.76	.66	-.68	.15	.31	80.0	68.0	RK23 3
42	22	10	2.26	.63	.50	-1.22	.49	-1.22	.44	.31	80.0	68.0	TB07 2
49	22	10	2.26	.63	.57	-.97	.58	-.91	.29	.31	80.0	68.0	TV31 2
52	22	10	2.26	.63	1.11	.39	1.13	.42	.51	.31	60.0	68.0	ZE21 1
53	22	10	2.26	.63	1.28	.71	1.30	.75	.32	.31	60.0	68.0	ZM02 3
17	19	9	1.86	.66	.51	-.98	.52	-.94	-.01	.32	88.9	71.2	LC30 3
4	21	10	1.86	.63	.23	-2.12	.22	-2.17	.58	.31	90.0	71.8	DI16 3
12	21	10	1.86	.63	.43	-1.28	.43	-1.26	.09	.31	90.0	71.8	GT21 3
13	21	10	1.86	.63	.36	-1.54	.35	-1.57	.27	.31	90.0	71.8	HC04 3
6	20	10	1.46	.63	.11	-2.79	.10	-2.83	.00	.31	100.0	73.1	FA15 1
15	20	10	1.46	.63	.71	-.43	.69	-.47	.30	.31	80.0	73.1	HW14 3
19	20	10	1.46	.63	2.00	1.64	2.00	1.62	.48	.31	40.0	73.1	NB27 1
23	20	10	1.46	.63	1.30	.70	1.31	.70	.47	.31	60.0	73.1	NI30 1
29	20	10	1.46	.63	.87	-.07	.91	.01	.05	.31	80.0	73.1	RE28 3
30	20	10	1.46	.63	.53	-.89	.50	-.96	.64	.31	80.0	73.1	RG03 2
34	20	10	1.46	.63	.42	-1.24	.38	-1.37	.82	.31	80.0	73.1	RM23 1
36	20	10	1.46	.63	.11	-2.79	.10	-2.83	.00	.31	100.0	73.1	SE18 2
38	20	10	1.46	.63	.83	-.17	.85	-.11	.13	.31	80.0	73.1	SH16 1
2	19	10	1.07	.62	.39	-1.35	.36	-1.41	.19	.32	90.0	71.8	DB16 2
9	19	10	1.07	.62	.75	-.34	.75	-.33	.68	.32	70.0	71.8	GE16 1
21	19	10	1.07	.62	.50	-1.01	.50	-.96	-.09	.32	90.0	71.8	NE13 2
28	19	10	1.07	.62	.19	-2.25	.16	-2.37	.64	.32	90.0	71.8	RB26 3
39	19	10	1.07	.62	.39	-1.35	.36	-1.41	.19	.32	90.0	71.8	SI24 2
54	17	9	.99	.65	.81	-.18	.81	-.16	.70	.33	66.7	71.4	ZR24 2
8	18	10	.70	.60	1.23	.60	1.27	.66	.22	.33	70.0	68.8	FD02 2
25	18	10	.70	.60	.99	.15	1.02	.22	.55	.33	70.0	68.8	NM20 1
27	18	10	.70	.60	.98	.12	1.01	.20	.57	.33	70.0	68.8	OG25 3
32	18	10	.70	.60	.56	-.87	.53	-.95	.28	.33	70.0	68.8	RI23 3
37	18	10	.70	.60	1.19	.52	1.22	.58	.27	.33	70.0	68.8	SG13 3
44	18	10	.70	.60	.62	-.70	.58	-.80	.18	.33	70.0	68.8	TI12 1
46	18	10	.70	.60	.36	-1.56	.32	-1.64	.63	.33	90.0	68.8	TR05 3
1	17	10	.35	.58	.35	-1.75	.32	-1.80	.80	.34	90.0	65.1	AE14 2
14	17	10	.35	.58	1.11	.38	1.01	.19	.48	.34	80.0	65.1	HK12 3
24	17	10	.35	.58	.40	-1.52	.38	-1.55	.70	.34	90.0	65.1	NK30 3
43	17	10	.35	.58	.70	-.55	.76	-.38	.17	.34	70.0	65.1	TH25 1
51	17	10	.35	.58	1.07	.31	.98	.12	.48	.34	70.0	65.1	ZC31 2
40	16	10	.03	.56	.59	-.96	.57	-1.00	.49	.35	70.0	61.3	SJ25 1
41	16	10	.03	.56	.72	-.55	.80	-.34	.22	.35	70.0	61.3	SM22 3
35	15	10	-.28	.55	1.06	.27	1.03	.21	-.21	.35	50.0	58.1	SA09 3
22	14	10	-.57	.54	.90	-.10	.93	-.05	-.11	.36	50.0	56.4	NG27 2
MEAN	20.4	10.0	1.71	.65	.75	-.57	.74	-.59			74.9	68.6	
P.SD	3.3	.2	1.41	.18	.38	.98	.39	1.00			14.5	5.5	

Tabelle Anhang 36 Summary Statistik ED Posttest

SUMMARY OF 53 MEASURED (EXTREME AND NON-EXTREME) PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	20.4	10.0	1.71	.65				
SEM	.5	.0	.20	.02				
P.SD	3.3	.2	1.41	.18				
S.SD	3.4	.2	1.43	.18				
MAX.	30.0	10.0	6.97	1.82				
MIN.	14.0	9.0	-.57	.54				
REAL RMSE	.69	TRUE SD	1.23	SEPARATION	1.79	PERSON	RELIABILITY	.76
MODEL RMSE	.67	TRUE SD	1.24	SEPARATION	1.85	PERSON	RELIABILITY	.77
S.E. OF PERSON MEAN = .20								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .98 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .81 SEM = 1.44  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .94

SUMMARY OF 10 MEASURED (NON-EXTREME) ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	108.0	52.8	.00	.27	.75	-1.37	.74	-1.35
SEM	3.2	.2	.22	.00	.08	.41	.09	.43
P.SD	9.6	.6	.65	.01	.25	1.22	.27	1.28
S.SD	10.2	.6	.68	.01	.26	1.28	.29	1.35
MAX.	123.0	53.0	1.25	.28	1.43	1.81	1.50	2.02
MIN.	90.0	51.0	-1.13	.25	.52	-2.72	.50	-2.67
REAL RMSE	.28	TRUE SD	.59	SEPARATION	2.11	ITEM	RELIABILITY	.82
MODEL RMSE	.27	TRUE SD	.59	SEPARATION	2.16	ITEM	RELIABILITY	.82
S.E. OF ITEM MEAN = .22								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.88 (approximate due to missing data)

### 13.10.3 Skala TK

**Tabelle Anhang 37 Itemfit TK Prätest**

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.65 REL.: .88 ... ITEM: REAL SEP.: 8.98 REL.: .99

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT		PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD					
7	51	50	2.39	.17	1.51	2.02	2.05	2.94	A .52	.69	34.0	49.0	TP39
10	48	44	2.33	.18	1.47	1.83	1.37	1.21	B .67	.71	40.9	48.9	TP42
8	104	47	1.05	.15	1.19	.98	1.37	1.63	C .69	.75	36.2	38.7	TP40
9	99	48	1.11	.15	.84	-.75	1.17	.80	D .76	.76	35.4	40.9	TP41
6	131	52	.62	.14	.92	-.34	.88	-.56	E .81	.76	38.5	38.5	TP38
1	252	54	-2.71	.26	.85	-.42	.79	-.28	e .58	.52	79.6	75.0	TP33
5	214	54	-1.14	.17	.84	-.74	.77	-.83	d .74	.68	53.7	51.2	TP37
4	199	54	-.74	.16	.77	-1.17	.76	-1.03	c .75	.71	46.3	45.5	TP36
2	252	54	-2.71	.26	.74	-.83	.69	-.51	b .62	.52	83.3	75.0	TP34
3	175	54	-.19	.15	.53	-2.83	.66	-1.76	a .78	.74	48.1	40.8	TP35
MEAN	152.5	51.1	.00	.18	.97	-.22	1.05	.16			49.6	50.3	
P.SD	72.9	3.5	1.74	.04	.30	1.39	.42	1.37			17.0	13.1	

**Tabelle Anhang 38 Schlecht fittende Antworten TK Prätest**

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF POORLY FITTING ITEM (PERSON IN ENTRY ORDER)

NUMBER - NAME -- MEASURE - INFIT (MNSQ) OUTFIT

7	TP39	2.39	1.5	A	2.1
OBSERVED:	1: 0 0 3 1 4 3 1 1 0 1 4 0 3 0 M 0 0 3 1 1				
Z-RESIDUAL:	2 2 2 -2				
OBSERVED:	21: 2 M 1 0 0 0 0 0 0 M 0 1 0 1 2 2 M 0 3 0				
Z-RESIDUAL:					
OBSERVED:	41: 0 1 3 1 1 3 2 0 1 0 1 0 0 0				
Z-RESIDUAL:	3 4 2				
10	TP42	2.33	1.5	B	1.4
OBSERVED:	1: 0 2 3 0 0 3 0 M 0 0 M 0 3 0 M 0 0 5 5 0				
Z-RESIDUAL:	2 -2				
OBSERVED:	21: 2 4 2 2 2 0 M M 0 M M 2 2 0 M 2 M 0 1 0				
Z-RESIDUAL:	2 2				
OBSERVED:	41: 0 0 3 0 0 M 0 3 1 0 0 0 1 0				
Z-RESIDUAL:					
8	TP40	1.05	1.2	C	1.4
OBSERVED:	1: 1 3 3 3 5 3 M M 4 0 4 1 3 2 3 0 4 5 4 0				
Z-RESIDUAL:	2				
OBSERVED:	21: 3 4 1 1 1 2 M 0 1 2 M 2 1 4 2 2 M 0 2 2				
Z-RESIDUAL:	-2 3				
OBSERVED:	41: 0 2 4 1 4 M 1 5 3 2 0 M 0 4				
Z-RESIDUAL:	2				

**Tabelle Anhang 39 Itemfit nach Bereinigung TK Prätest**

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 3.08 REL.: .90 ... ITEM: REAL SEP.: 9.90 REL.: .99

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

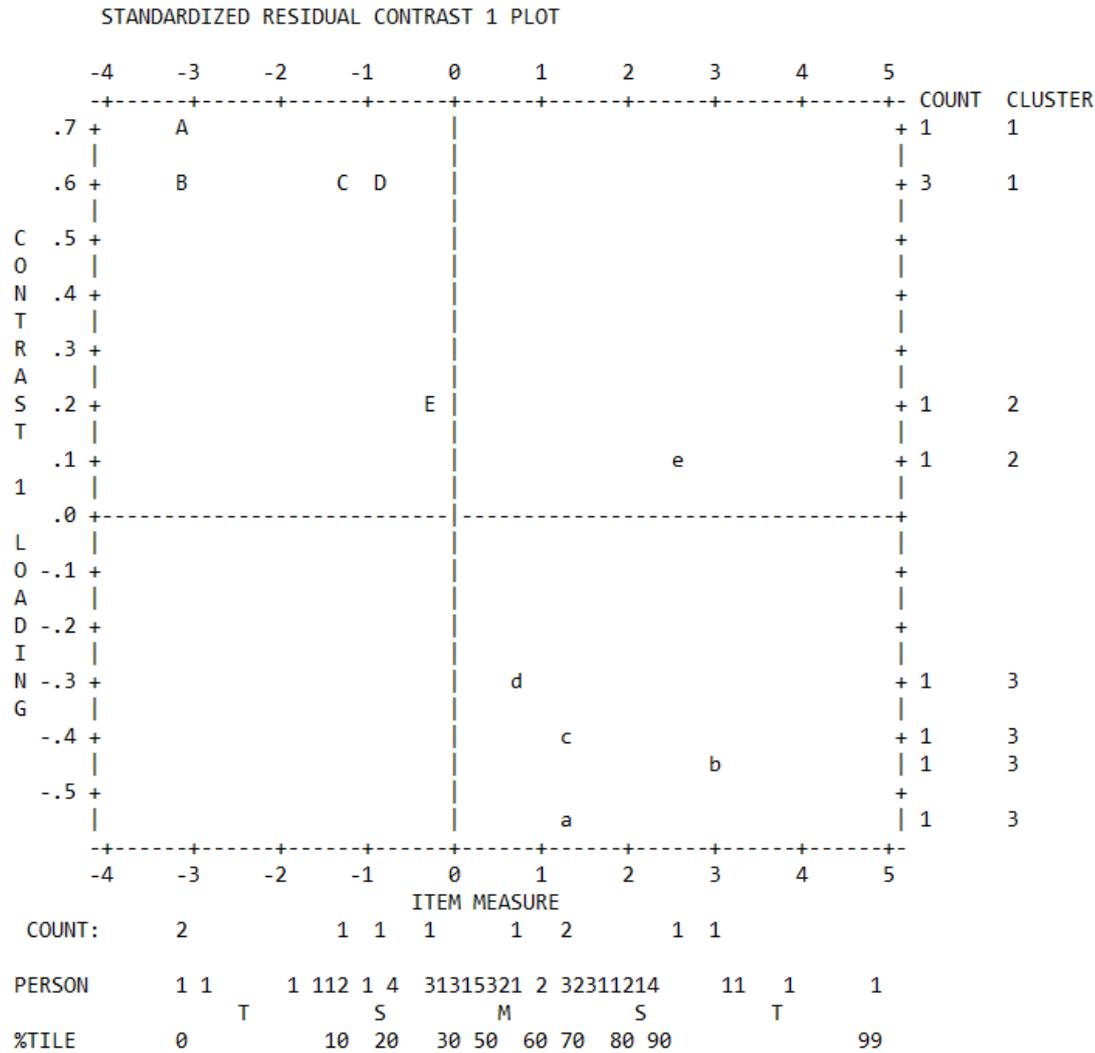
ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
7	42	46	2.99	.20	1.26	1.07	1.38	1.13	A .66	.72	54.3	57.2	TP39
8	102	46	1.23	.16	1.33	1.53	1.24	1.13	B .72	.77	37.0	41.4	TP40
10	45	42	2.59	.20	1.24	1.01	1.22	.75	C .72	.73	45.2	51.8	TP42
6	131	52	.66	.15	1.11	.61	1.02	.17	D .80	.79	38.5	42.0	TP38
4	199	54	-.89	.17	.87	-.57	1.08	.39	E .75	.75	48.1	48.5	TP36
9	97	47	1.29	.16	.92	-.35	1.02	.17	e .79	.79	36.2	43.5	TP41
3	175	54	-.26	.16	.65	-1.92	.93	-.27	d .78	.78	46.3	44.5	TP35
5	214	54	-1.35	.18	.80	-.90	.78	-.71	c .76	.72	51.9	55.1	TP37
1	252	54	-3.13	.28	.75	-.80	.59	-.61	b .63	.56	79.6	76.7	TP33
2	252	54	-3.13	.28	.63	-1.29	.47	-.93	a .67	.56	83.3	76.7	TP34
MEAN	150.9	50.3	.00	.19	.96	-.16	.97	.12			52.0	53.7	
P.SD	74.9	4.3	2.04	.04	.25	1.09	.28	.71			15.8	12.6	

**Tabelle Anhang 40 Korrelation TK**

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORRELATION	ENTRY NUMBER	ENTRY ITEM	ENTRY NUMBER	ENTRY ITEM
.70	1	TP33	2	TP34
.38	3	TP35	4	TP36
.24	4	TP36	5	TP37
.20	7	TP39	9	TP41
.19	2	TP34	5	TP37
-.42	4	TP36	7	TP39
-.34	2	TP34	9	TP41
-.33	5	TP37	7	TP39
-.32	2	TP34	6	TP38
-.32	4	TP36	8	TP40
-.28	5	TP37	9	TP41
-.28	5	TP37	8	TP40
-.27	3	TP35	7	TP39
-.23	1	TP33	6	TP38
-.23	1	TP33	8	TP40
-.21	4	TP36	9	TP41
-.21	9	TP41	10	TP42
-.21	3	TP35	8	TP40
-.20	6	TP38	10	TP42
-.19	1	TP33	3	TP35

Tabelle Anhang 41 Cluster Plot TK



Approximate relationships between the PERSON measures

PCA Contrast	ITEM Clusters	Pearson Correlation	Disattenuated Correlation	Pearson+Extr Correlation	Disattenuated+Extr Correlation	Cluster Sizes
1	1 - 3	0.5718	0.8838			4 4
1	1 - 2	0.6745	1.0000			4 2
1	2 - 3	0.6762	0.9810			2 4

Tabelle Anhang 42 Dimensionen TK

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	53.8459	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	43.8459	81.4%	81.1%
Raw variance explained by persons =	16.7554	31.1%	31.0%
Raw Variance explained by items =	27.0906	50.3%	50.1%
Raw unexplained variance (total) =	10.0000	18.6%	18.9%
Unexplned variance in 1st contrast =	2.2788	4.2%	22.8%
Unexplned variance in 2nd contrast =	1.9118	3.6%	19.1%
Unexplned variance in 3rd contrast =	1.2967	2.4%	13.0%
Unexplned variance in 4th contrast =	1.1211	2.1%	11.2%
Unexplned variance in 5th contrast =	1.0061	1.9%	10.1%

Tabelle Anhang 43 Personen TK Prätest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 3.08 REL.: .90 ... ITEM: REAL SEP.: 9.90 REL.: .99

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
18	48	10	4.85	.78	1.11	.40	.36	-.14	.49	.46	80.0	82.7	NB21 1
5	42	9	3.85	.69	1.18	.47	2.59	1.26	.33	.57	66.7	79.1	EG14 1
19	44	10	3.32	.52	2.17	1.61	1.25	.63	.53	.66	60.0	69.0	NB27 1
13	39	9	3.10	.54	.53	-.63	.39	-.10	.81	.71	77.8	68.5	HC04 3
11	37	9	2.29	.48	2.00	1.54	1.84	1.00	.58	.73	55.6	62.9	GJ11 2
6	39	10	2.24	.43	.92	.02	.86	.13	.85	.76	50.0	57.0	FA15 1
43	39	10	2.24	.43	.91	-.01	1.02	.32	.88	.76	50.0	57.0	TH25 1
48	39	10	2.24	.43	1.73	1.32	1.13	.44	.71	.76	50.0	57.0	TS02 2
8	33	8	2.18	.53	1.14	.42	.72	.07	.79	.76	50.0	62.1	FD02 2
23	38	10	2.06	.42	1.46	.96	1.06	.35	.77	.78	50.0	56.5	NI30 1
22	36	9	1.97	.46	1.38	.79	1.06	.36	.73	.74	44.4	59.2	NG27 2
32	37	10	1.89	.41	.63	-.65	.51	-.51	.85	.79	80.0	56.8	RI23 3
45	36	10	1.72	.41	1.59	1.16	1.16	.45	.76	.80	50.0	56.1	TM29 1
21	35	10	1.56	.40	.71	-.47	.57	-.51	.89	.82	50.0	53.4	NE13 2
34	35	10	1.56	.40	1.05	.27	.81	-.07	.80	.82	50.0	53.4	RM23 1
36	35	10	1.56	.40	.42	-1.33	.35	-1.05	.94	.82	70.0	53.4	SE18 2
14	34	10	1.40	.40	1.27	.66	1.00	.22	.84	.83	30.0	53.4	HK12 3
39	34	10	1.40	.40	1.11	.37	.97	.18	.84	.83	50.0	53.4	SI24 2
40	30	9	1.28	.43	.82	-.18	.70	-.26	.89	.85	44.4	54.3	SJ25 1
42	33	10	1.25	.39	.53	-.99	.46	-.87	.88	.84	50.0	52.8	TB07 2
49	33	10	1.25	.39	.33	-1.69	.28	-1.43	.93	.84	90.0	52.8	TV31 2
4	31	10	.94	.39	.48	-1.18	.39	-1.22	.92	.85	60.0	48.6	DI16 3
17	31	10	.94	.39	1.25	.64	.95	.10	.85	.85	30.0	48.6	LC30 3
2	29	10	.64	.38	.77	-.37	.71	-.42	.91	.86	50.0	47.1	DB16 2
35	28	9	.60	.40	.90	-.03	1.47	.90	.83	.85	44.4	50.9	SA09 3
31	24	7	.53	.50	.23	-1.69	.23	-1.48	.96	.87	85.7	55.0	RI19 3
20	28	10	.50	.38	.88	-.09	.73	-.39	.90	.87	30.0	48.8	NE07 3
33	28	10	.50	.38	.79	-.33	.73	-.38	.90	.87	60.0	48.8	RK23 3
28	27	9	.44	.40	1.26	.65	1.01	.20	.88	.85	44.4	50.1	RB26 3
29	27	10	.35	.38	.52	-1.07	.50	-1.02	.94	.87	50.0	48.5	RE28 3
50	27	10	.35	.38	.35	-1.70	.39	-1.36	.96	.87	70.0	48.5	ZB26 2
53	27	10	.35	.38	1.08	.33	.88	-.06	.90	.87	60.0	48.5	ZM02 3
15	26	8	.34	.41	.86	-.11	.96	.12	.78	.80	37.5	47.8	HW14 3
26	25	9	.28	.42	.55	-.89	.49	-.93	.95	.89	66.7	50.2	oa25 1
9	26	10	.20	.38	1.61	1.25	1.22	.57	.84	.88	50.0	52.0	GE16 1
44	25	10	.06	.38	.33	-1.79	.57	-.82	.95	.88	60.0	52.3	TI12 1
54	25	10	.06	.38	2.13	1.96	1.58	1.14	.83	.88	50.0	52.3	ZR24 2
3	24	8	.01	.40	2.31	2.07	3.93	3.42	.00	.82	25.0	48.0	DG22 1
25	24	10	-.09	.39	1.06	.29	1.35	.79	.88	.88	50.0	52.5	NM20 1
1	22	9	-.24	.41	1.14	.42	.86	-.08	.91	.89	66.7	53.5	AE14 2
24	23	10	-.24	.39	.77	-.35	1.27	.65	.90	.88	60.0	52.2	NK30 3
46	20	6	-.33	.47	.77	-.21	.83	-.09	.90	.78	33.3	46.9	TR05 3
12	20	10	-.70	.40	.74	-.42	.68	-.46	.93	.88	70.0	47.3	GT21 3
16	20	10	-.70	.40	.40	-1.42	.41	-1.20	.96	.88	50.0	47.3	LA03 2
38	20	10	-.70	.40	1.70	1.33	1.34	.74	.83	.88	50.0	47.3	SH16 1
41	20	10	-.70	.40	.77	-.33	.65	-.54	.93	.88	30.0	47.3	SM22 3
37	16	5	-.97	.49	1.18	.49	.98	.17	.59	.74	40.0	38.6	SG13 3
7	16	9	-1.28	.42	1.27	.65	2.02	1.40	.80	.87	33.3	53.4	FB31 2
10	16	10	-1.35	.41	.68	-.55	1.61	1.02	.85	.86	50.0	54.9	GF06 1
27	15	8	-1.44	.43	.89	-.04	1.33	.66	.84	.85	37.5	49.7	OG25 3
47	15	9	-1.51	.42	.78	-.30	.71	-.33	.87	.86	44.4	51.0	TR05_a 3
51	13	9	-1.87	.43	.54	-.88	.51	-.66	.96	.84	55.6	55.8	ZC31 2
52	8	9	-2.90	.50	.88	.02	.63	.11	.89	.76	55.6	66.9	ZE21 1
30	7	6	-3.13	.52	1.07	.32	1.27	.58	.68	.77	16.7	52.3	RG03 2
MEAN	27.9	9.3	.63	.43	1.00	.01	.97	.03			52.1	54.0	
P.SD	9.0	1.1	1.55	.07	.48	.93	.62	.85			15.1	7.7	

Tabelle Anhang 44 Score Fähigkeiten Beziehung TK

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 10 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-6.96E	1.85	17	-1.19	.41	34	1.40	.40
1	-5.70	1.04	18	-1.02	.40	35	1.56	.40
2	-4.93	.76	19	-.86	.40	36	1.73	.41
3	-4.44	.65	20	-.70	.40	37	1.89	.41
4	-4.07	.59	21	-.55	.39	38	2.07	.42
5	-3.74	.55	22	-.39	.39	39	2.24	.43
6	-3.45	.53	23	-.24	.39	40	2.43	.44
7	-3.18	.51	24	-.09	.39	41	2.63	.45
8	-2.93	.49	25	.06	.38	42	2.84	.47
9	-2.70	.48	26	.20	.38	43	3.07	.49
10	-2.47	.46	27	.35	.38	44	3.32	.52
11	-2.27	.45	28	.50	.38	45	3.61	.55
12	-2.07	.44	29	.65	.38	46	3.94	.60
13	-1.88	.43	30	.79	.39	47	4.34	.67
14	-1.70	.42	31	.94	.39	48	4.86	.78
15	-1.52	.42	32	1.09	.39	49	5.66	1.05
16	-1.35	.41	33	1.25	.39	50	6.94E	1.85

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=50.0710 USCALE=7.1928

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=25.0355 USCALE=3.5964

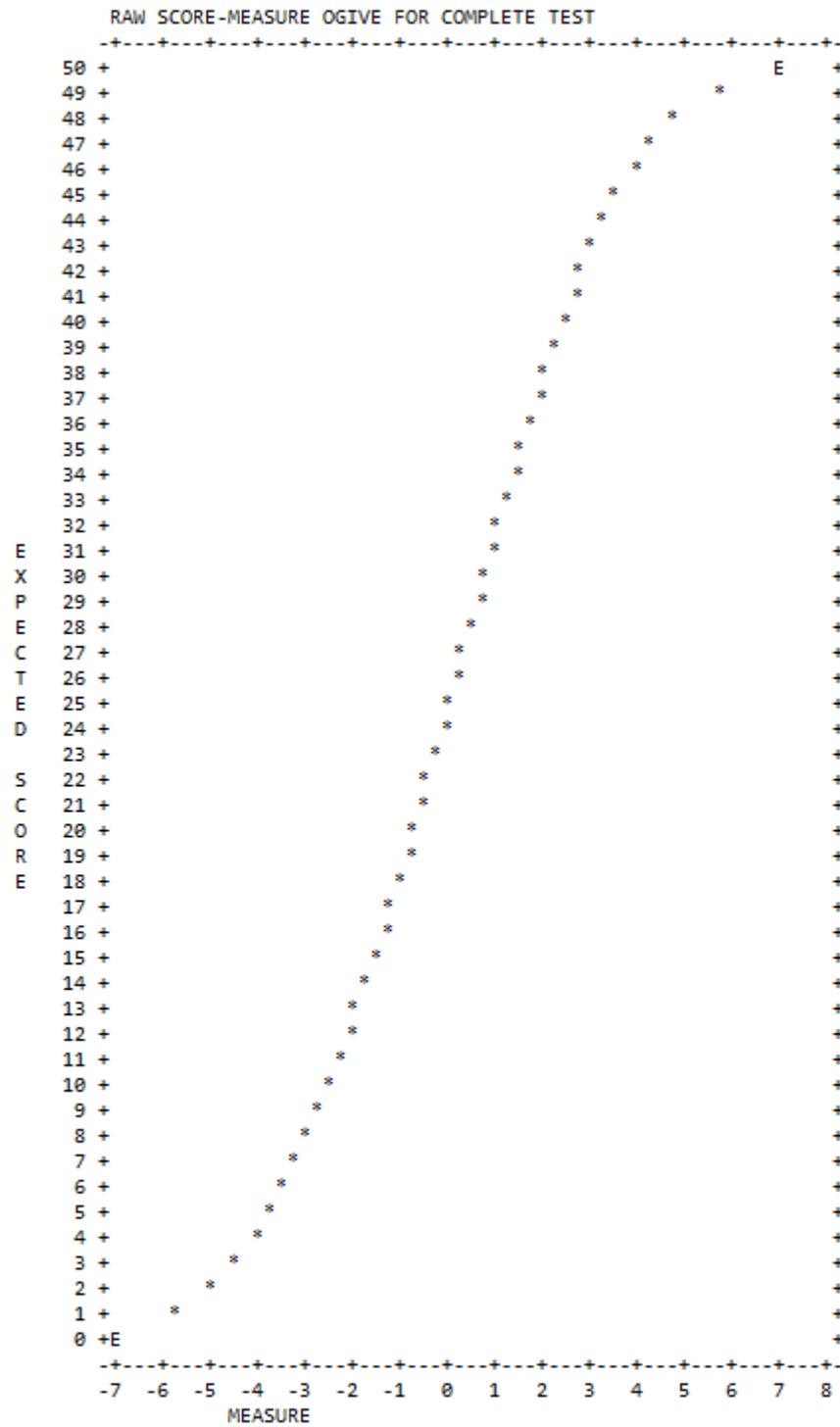
Predicting Score from Measure:  $Score = Measure * 4.9095 + 25.0011$

Predicting Measure from Score:  $Measure = Score * .1963 + -4.9081$

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 6.8

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .98

Tabelle Anhang 45 Ogive TK



PERSON	11	12214	34651235135	11 1 1
		T	S M S	T
%TILE	0	10 20 40 60 70 90		99
ITEM	2	11 1 1 2 1 1		
	T	S M S	T	
%TILE	0 20	30 40 50 60 80 90 99		

Tabelle Anhang 46 Step Ordering TK

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA		ABILITY		S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
			COUNT	%	MEAN	P.SD					
1	2	2	2	4	-3.02	.11	.11	.3	.2	-.46	TP33
	3	3	2	4	-.93	.94	.94	1.9	1.6	-.20	
	4	4	8	15	-.59	.71	.27	.6	.4	-.33	
	5	5	42	78	1.11	1.30	.20	.9	.9	.58	
2	2	2	2	4	-3.02	.11	.11	.3	.2	-.46	TP34
	3	3	2	4	-.93	.94	.94	1.9	1.6	-.20	
	4	4	8	15	-.87	.52	.20	.3	.2	-.40	
	5	5	42	78	1.17	1.24	.19	.7	.8	.64	
3	1	1	5	9	-1.87	.96	.48	.5	.6	-.52	TP35
	2	2	6	11	-.97	.67	.30	.6	.5	-.37	
	3	3	20	37	.49	.92	.21	1.2	1.3	-.07	
	4	4	17	31	1.46	1.01	.25	.7	1.3	.36	
	5	5	6	11	2.48	1.22	.54	.7	.7	.42	
4	1	1	5	9	-1.31	.19	.09	.7	.7	-.40	TP36
	2	2	4	7	-2.15*	.96	.56	1.2	1.3	-.51	
	3	3	12	22	-.01	.42	.13	.5	.4	-.22	
	4	4	15	28	1.23	1.06	.28	1.0	2.0	.24	
	5	5	18	33	1.72	1.19	.29	1.1	1.1	.50	
5	0	0	1	2	-3.13	.00		.4	.5	-.33	TP37
	1	1	3	6	-1.90	.72	.51	.9	.8	-.40	
	2	2	4	7	-1.34	.42	.24	.3	.3	-.36	
	3	3	5	9	-.21	.31	.15	.7	.5	-.17	
	4	4	17	31	.64	.96	.24	1.0	1.0	.00	
6	.	***	2	4#	.16	1.12	1.12			-.06	TP38
	0	0	5	10	-1.53	1.32	.66	1.2	1.1	-.46	
	1	1	14	27	-.47	.78	.22	.8	.7	-.43	
	2	2	7	13	.72	.50	.21	1.0	.9	.02	
	3	3	10	19	.91	.85	.28	1.1	.9	.08	
	4	4	7	13	1.28	.93	.38	1.9	1.9	.16	
7	.	***	8	15#	-.68	1.45	.55			-.35	TP39
	0	0	23	50	.08	1.01	.22	.9	1.0	-.54	
	1	1	13	28	1.08	1.28	.37	1.5	2.0	.10	
	2	2	3	7	1.24	.45	.32	1.8	1.3	.07	
	3	3	5	11	2.77	1.17	.59	1.1	1.0	.46	
8	.	***	8	15#	-.92	1.63	.62			-.42	TP40
	0	0	8	17	-.50	.82	.31	1.0	1.0	-.47	
	1	1	9	20	.02	.91	.32	1.3	1.4	-.32	
	2	2	9	20	1.11	.53	.19	.8	.7	.08	
	3	3	8	17	1.26	.96	.36	1.4	1.3	.12	
9	.	***	7	13#	-.11	1.72	.70			-.18	TP41
	0	0	9	19	-.77	.95	.34	.8	1.0	-.49	
	1	1	9	19	-.08	.93	.33	.9	.9	-.27	
	2	2	11	23	.63	1.09	.34	1.7	1.9	-.04	
	3	3	10	21	1.38	.59	.20	.7	.6	.22	
10	.	***	12	22#	.37	1.76	.53			-.09	TP42
	0	0	24	57	-.04	1.17	.24	1.1	1.2	-.59	
	1	1	3	7	1.00	.46	.33	.3	.2	.05	
	2	2	8	19	-.99*	.84	.32	2.1	2.2	.09	
	3	3	4	10	2.46	.37	.21	.3	.2	.38	
4	4	1	2	1.97*	.00		1.7	2.0	.13		
5	5	2	5	4.09	.77	.77	.9	1.1	.51		

\* Average ability does not ascend with category score

# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 47 Kategorienstruktur TK Prätest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	OBSERVED SCORE	OBSERVED COUNT	OBSERVED %	OBSVD AVRG	SAMPLE EXPECT	INFIT MNSQ	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	70	14	-2.51	-2.53	.93	.94	NONE	( -3.11)
1	1	61	12	-1.32	-1.37	1.00	1.08	-1.78	-1.55
2	2	56	11	-.62	-.44	1.01	1.12	-.81	-.54
3	3	78	16	.54	.48	.92	.91	-.32	.40
4	4	88	17	1.63	1.68	1.17	.86	.92	1.60
5	5	150	30	3.54	3.51	.89	.93	1.99	( 3.29)
MISSING		37	7	-2.27					

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABLTY	COHERENCE M->C C->M	ESTIM DISCR
0	NONE		( -3.11) -INF -2.36		71% 53% .8106	0
1	-1.78	.18	-1.55 -2.36 -1.01	-2.07	34% 38% .8557	.92
2	-.81	.17	-.54 -1.01 -.09	-.94	25% 29% .9078	.78
3	-.32	.16	.40 -.09 .95	-.16	39% 41% .8530	1.17
4	.92	.16	1.60 .95 2.51	.92	43% 52% .8309	1.02
5	1.99	.15	( 3.29) 2.51 +INF	2.24	85% 74% .5548	1.08

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 48 Summary Statistik TK Prätest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 54 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 54 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	27.9	9.3	.63	.43	1.00	.01	.97	.03
SEM	1.2	.2	.21	.01	.07	.13	.08	.12
P.SD	9.0	1.1	1.55	.07	.48	.93	.62	.85
S.SD	9.1	1.1	1.57	.07	.49	.94	.62	.86
MAX.	48.0	10.0	4.85	.78	2.31	2.07	3.93	3.42
MIN.	7.0	5.0	-3.13	.38	.23	-1.79	.23	-1.48
REAL RMSE	.48	TRUE SD	1.48	SEPARATION	3.08	PERSON RELIABILITY	.90	
MODEL RMSE	.44	TRUE SD	1.49	SEPARATION	3.40	PERSON RELIABILITY	.92	
S.E. OF PERSON MEAN = .21								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .98 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .89 SEM = 3.02  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 10 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	150.9	50.3	.00	.19	.96	-.16	.97	.12
SEM	25.0	1.4	.68	.01	.08	.36	.09	.24
P.SD	74.9	4.3	2.04	.04	.25	1.09	.28	.71
S.SD	78.9	4.6	2.15	.05	.26	1.15	.29	.74
MAX.	252.0	54.0	2.99	.28	1.33	1.53	1.38	1.13
MIN.	42.0	42.0	-3.13	.15	.63	-1.92	.47	-.93
REAL RMSE	.21	TRUE SD	2.03	SEPARATION	9.90	ITEM RELIABILITY	.99	
MODEL RMSE	.20	TRUE SD	2.03	SEPARATION	10.28	ITEM RELIABILITY	.99	
S.E. OF ITEM MEAN = .68								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.99 (approximate due to missing data)  
 Global statistics: please see Table 44.  
 UMEAN=.0000 USCALE=1.0000

Tabelle Anhang 49 DIF TK

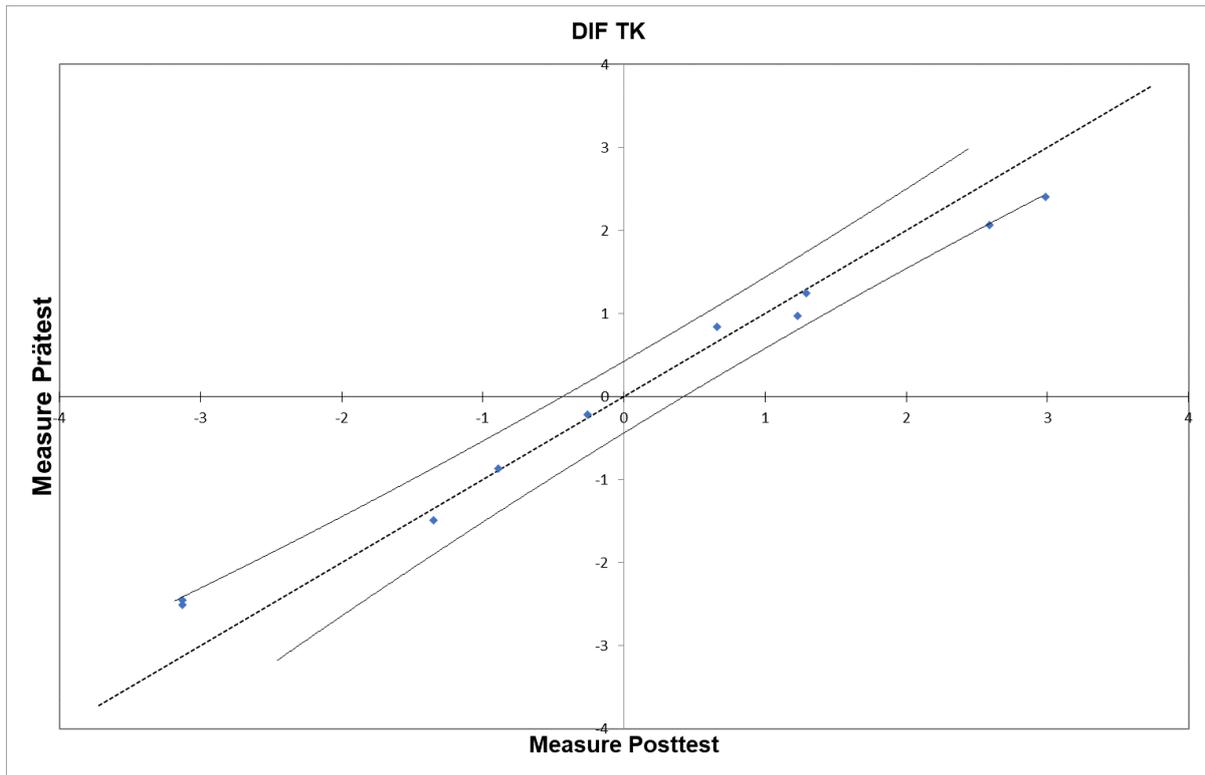


Tabelle Anhang 50 Itemfit TK Posttest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 53 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.66 REL.: .88 ... ITEM: REAL SEP.: 8.09 REL.: .98

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT MATCH OBS%	EXACT MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM
7	62	49	2.99A	.19	1.83	2.87	2.56	3.49	A .67	.75	33.3	56.2	-.53	TP39_POS
2	241	53	-3.13A	.31	1.78	2.04	2.36	2.02	B .55	.45	73.1	79.7	.77	TP34_POS
1	240	53	-3.13A	.31	1.70	1.87	2.24	1.89	C .58	.45	69.2	79.7	.83	TP33_POS
10	66	43	2.59A	.19	1.68	2.42	1.64	1.87	D .75	.77	50.0	50.0	-.46	TP42_POS
8	115	49	1.23A	.15	1.37	1.75	1.30	1.39	E .72	.76	35.4	40.6	-.21	TP40_POS
5	215	52	-1.35A	.19	.98	-.01	1.22	.87	e .60	.63	47.1	53.8	-.03	TP37_POS
6	131	53	.66A	.15	.94	-.25	.90	-.47	d .76	.74	40.4	40.7	.23	TP38_POS
3	176	53	-.26A	.16	.73	-1.41	.92	-.32	c .69	.70	50.0	42.9	.13	TP35_POS
4	200	53	-.89A	.17	.86	-.60	.86	-.56	b .70	.66	44.2	49.6	.12	TP36_POS
9	111	52	1.29A	.15	.73	-1.47	.73	-1.42	a .80	.76	33.3	40.8	-.01	TP41_POS
MEAN	155.7	51.0	.00	.20	1.26	.72	1.47	.88			47.6	53.4	.00	
P.SD	64.3	3.1	2.04	.06	.43	1.56	.65	1.45			13.2	14.2	.00	

Tabelle Anhang 51 Schlecht fittende Antworten TK Posttest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 53 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF POORLY FITTING ITEM (PERSON IN ENTRY ORDER)  
 NUMBER - NAME -- MEASURE - INFIT (MNSQ) OUTFIT

7* TP39_POS		2.99	1.8	A	2.6														
OBSERVED:	1: 0 M 1 M 4 4	1 1 0 1	4 1 5 1 0	0 1 0 0 0	0 1 0 0 0														
Z-RESIDUAL:		2	3	X															
OBSERVED:	21: 4 M 1 1 1 0	0 0 0 0 1	1 2 0 2 3	3 3 1 2 3	0														
Z-RESIDUAL:			2		2														
OBSERVED:	41: M 1 3 1 0	1 3 M 3 0	1 0 0 0																
Z-RESIDUAL:		2 4	4																
2* TP34_POS		-3.13	1.8	B	2.4														
OBSERVED:	1: 5 4 4 5 5	5 5 5 5 4	4 5 5 3 5	4 5 5 5 5	4 5 5 5 5														
Z-RESIDUAL:			-5	X	-3														
OBSERVED:	21: 4 5 5 4 5	5 4 5 5 3	5 4 5 5 5	5 5 5 5 5	5 5 4 5 5														
Z-RESIDUAL:	-5		-2	-2	-2														
OBSERVED:	41: 5 5 5 4 5	3 4 M 5 5	2 2 5 5																
Z-RESIDUAL:		-2																	
1* TP33_POS		-3.13	1.7	C	2.2														
OBSERVED:	1: 5 4 4 5 5	5 5 5 5 3	4 5 5 4 4	4 4 5 5 5	4 4 5 5 5														
Z-RESIDUAL:			-5	X															
OBSERVED:	21: 4 5 5 4 5	5 4 5 5 3	5 4 5 5 5	5 5 4 5 5	5 5 4 5 5														
Z-RESIDUAL:	-5		-2	-2	-2														
OBSERVED:	41: 5 5 5 4 5	3 4 M 5 5	2 2 5 5																
Z-RESIDUAL:		-2																	
10* TP42_POS		2.59	1.7	D	1.6														
OBSERVED:	1: M 2 2 M 2	4 0 M 0 0	4 0 5 3 0	0 0 1 4 4	0 1 4 4 0														
Z-RESIDUAL:		2 2	X 4		2														
OBSERVED:	21: 4 4 M 1 2	1 0 0 M M	M 1 M 2 3	3 3 1 1 2	2 2														
Z-RESIDUAL:		2																	
OBSERVED:	41: 1 1 2 M 0	M 0 M 2 1	0 0 0 1																
Z-RESIDUAL:																			
8* TP40_POS		1.23	1.4	E	1.3														
OBSERVED:	1: 4 3 1 3 5	4 1 M 4 0	4 1 5 2 3	0 5 3 3 0															
Z-RESIDUAL:			2	X															
OBSERVED:	21: 4 4 M 3 3	2 0 0 0 3	1 2 1 5 3	2 1 2 3 1															
Z-RESIDUAL:			2																
OBSERVED:	41: M 1 4 2 1	M 3 M 3 3	0 0 2 5																
Z-RESIDUAL:			3																
5* TP37_POS		-1.35	1.0	F	1.2														
OBSERVED:	1: 5 3 4 4 5	5 3 5 4 3	4 2 5 M 4	4 4 5 2 5	3														
Z-RESIDUAL:			-2	X	-4														
OBSERVED:	21: 4 4 5 3 5	5 3 5 4 2	5 4 4 5 5	5 5 5 4 5															
Z-RESIDUAL:	-2																		
OBSERVED:	41: 5 5 4 4 5	3 3 M 5 5	2 2 5 5																
Z-RESIDUAL:																			

**Tabelle Anhang 52 Itemfit nach Bereinigung TK Posttest**

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 53 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.78 REL.: .89 ... ITEM: REAL SEP.: 8.68 REL.: .99

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM
2	233	51	-3.13A	.30	1.45	1.34	.95	.09	A .60	.45	76.0	78.4	.60	TP34_POS
7	49	44	2.99A	.21	1.35	1.32	1.43	1.27	B .72	.76	37.2	55.7	-.33	TP39_POS
10	55	40	2.59A	.20	1.40	1.51	1.23	.76	C .77	.77	53.8	52.4	-.34	TP42_POS
1	232	51	-3.13A	.30	1.39	1.17	.89	-.03	D .63	.45	72.0	78.4	.66	TP33_POS
8	102	46	1.23A	.16	1.23	1.12	1.21	.96	E .74	.76	33.3	41.2	-.14	TP40_POS
5	207	50	-1.35A	.19	.96	-.11	1.08	.40	e .62	.63	46.9	52.3	-.14	TP37_POS
3	168	51	-.26A	.16	.72	-1.43	.93	-.25	d .69	.70	54.0	41.8	.06	TP35_POS
6	123	51	.66A	.15	.93	-.32	.91	-.40	c .76	.74	36.0	40.7	.19	TP38_POS
9	103	50	1.29A	.15	.79	-1.08	.79	-1.03	b .79	.76	32.7	41.4	-.03	TP41_POS
4	192	51	-.89A	.17	.75	-1.21	.71	-1.31	a .73	.66	46.0	48.5	.03	TP36_POS
MEAN	146.4	48.5	.00	.20	1.10	.23	1.01	.05			48.8	53.1	.00	
P.SD	65.8	3.7	2.04	.05	.28	1.13	.21	.79			14.6	13.7	.00	

Tabelle Anhang 53 Personen TK Posttest

INPUT: 54 PERSON 10 ITEM REPORTED: 53 PERSON 10 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.78 REL.: .89 ... ITEM: REAL SEP.: 8.68 REL.: .99

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	WEIGH	PERSON
13	50	10	6.95	1.86	MAXIMUM MEASURE				.00	.00	100.0	100.0	1.00	HC04 3
5	45	10	3.61	.55	1.40	.76	1.08	.53	.56	.62	50.0	69.6	1.00	EG14 1
6	44	10	3.32	.52	.74	-.25	.67	.20	.85	.66	60.0	69.0	1.00	FA15 1
34	43	10	3.07	.49	.97	.14	.76	.23	.68	.68	40.0	65.9	1.00	RM23 1
11	40	10	2.43	.44	1.97	1.60	8.26	3.48	.00	.91	30.0	61.1	.00	GJ11 2
21	40	10	2.43	.44	1.97	1.60	8.26	3.48	.00	.91	30.0	61.1	.00	NE13 2
19	39	10	2.24	.43	1.51	1.02	.91	.20	.72	.76	50.0	57.0	1.00	NB27 1
35	39	10	2.24	.43	.63	-.64	.54	-.32	.93	.76	50.0	57.0	1.00	SA09 3
39	38	10	2.06	.42	.56	-.85	.60	-.28	.89	.78	80.0	56.5	1.00	SI24 2
43	38	10	2.06	.42	.83	-.18	.86	.10	.85	.78	40.0	56.5	1.00	TH25 1
23	32	8	1.91	.51	.37	-1.18	1.33	-.66	.88	.78	75.0	61.8	1.00	NI30 1
17	37	10	1.89	.41	1.52	1.04	2.20	.50	.75	.79	50.0	56.8	1.00	LC30 3
36	37	10	1.89	.41	1.27	.66	.88	.10	.81	.79	50.0	56.8	1.00	SE18 2
1	35	9	1.86	.45	.83	-.13	.56	-.35	.80	.77	55.6	59.3	1.00	AE14 2
49	36	10	1.72	.41	1.19	.52	.88	.07	.84	.80	70.0	56.0	1.00	TV31 2
22	34	9	1.58	.43	2.07	1.69	1.41	.73	.62	.77	44.4	54.8	1.00	NG27 2
31	33	9	1.46	.43	.81	-.19	.57	-.46	.85	.80	66.7	55.2	1.00	RI19 3
8	30	8	1.43	.48	.27	-1.59	.25	-1.13	.92	.82	75.0	56.8	1.00	FD02 2
18	34	10	1.40	.40	2.84	2.66	3.22	2.39	.62	.83	40.0	53.4	1.00	NB21 1
41	29	8	1.13	.46	.96	.11	.85	.01	.85	.81	50.0	51.9	1.00	SM22 3
42	32	10	1.09	.39	.69	-.55	.52	-.78	.89	.84	50.0	48.6	1.00	TB07 2
50	32	10	1.09	.39	.41	-1.40	.36	-1.24	.92	.84	50.0	48.6	1.00	ZB26 2
26	29	9	.98	.43	.46	-1.12	.44	-.94	.93	.86	55.6	50.4	1.00	0a25 1
25	31	10	.94	.39	1.37	.84	1.02	.23	.84	.85	30.0	48.6	1.00	NM20 1
32	30	10	.79	.39	.83	-.20	1.74	1.28	.83	.86	50.0	48.1	1.00	RI23 3
53	30	10	.79	.39	1.90	1.64	1.46	.91	.84	.86	30.0	48.1	1.00	ZM02 3
4	28	8	.68	.42	.31	-1.66	.25	-1.58	.94	.77	75.0	50.0	1.00	DI16 3
38	29	10	.64	.38	1.21	.58	1.95	1.57	.77	.86	30.0	47.1	1.00	SH16 1
40	29	10	.64	.38	.92	-.02	.81	-.20	.89	.86	40.0	47.1	1.00	SJ25 1
45	29	10	.64	.38	.76	-.38	.68	-.49	.92	.86	30.0	47.1	1.00	TM29 1
37	28	10	.50	.38	.43	-1.39	.45	-1.16	.94	.87	60.0	48.8	1.00	SG13 3
9	27	10	.35	.38	1.29	.72	.93	.04	.87	.87	70.0	48.5	1.00	GE16 1
33	26	9	.28	.40	.48	-1.15	.40	-1.27	.94	.86	55.6	50.5	1.00	RK23 3
3	26	10	.20	.38	1.00	.15	1.47	.98	.87	.88	20.0	52.0	1.00	DG22 1
24	26	10	.20	.38	1.00	.16	1.24	.60	.86	.88	20.0	52.0	1.00	NK30 3
29	24	9	-.03	.40	.78	-.30	.67	-.54	.92	.87	55.6	50.9	1.00	RE28 3
44	24	9	-.03	.40	.58	-.84	.89	-.04	.94	.87	33.3	50.9	1.00	TI12 1
2	24	9	-.05	.39	1.65	1.27	2.09	1.78	.77	.86	11.1	49.8	1.00	DB16 2
47	24	9	-.05	.39	1.58	1.17	1.58	1.13	.76	.86	33.3	49.8	1.00	TR05_a 3
15	24	10	-.09	.39	.73	-.45	.71	-.45	.91	.88	70.0	52.5	1.00	HW14 3
54	22	9	-.23	.42	1.20	.53	1.02	.21	.89	.89	55.6	53.5	1.00	ZR24 2
12	23	10	-.24	.39	.97	.10	1.05	.27	.90	.88	60.0	52.2	1.00	GT21 3
28	23	10	-.24	.39	.84	-.20	.75	-.36	.93	.88	50.0	52.2	1.00	RB26 3
20	22	10	-.39	.39	.78	-.32	.65	-.58	.93	.88	50.0	51.5	1.00	NE07 3
14	18	8	-.43	.43	.96	.10	1.69	1.18	.91	.88	37.5	50.3	1.00	HK12 3
7	21	10	-.55	.39	.38	-1.49	.71	-.43	.94	.88	80.0	51.6	1.00	FB31 2
30	20	9	-.67	.40	2.39	2.16	3.24	2.80	.68	.87	11.1	43.4	1.00	RG03 2
16	20	10	-.70	.40	.68	-.55	.58	-.72	.91	.88	50.0	47.3	1.00	LA03 2
46	19	8	-.71	.42	1.21	.55	2.10	1.62	.85	.87	37.5	44.2	1.00	TR05 3
10	15	9	-1.51	.42	.61	-.73	.60	-.56	.91	.86	44.4	51.0	1.00	GF06 1
27	15	10	-1.52	.42	.34	-1.61	.34	-1.08	.93	.86	70.0	55.3	1.00	OG25 3
51	11	9	-2.26	.45	1.48	.93	1.20	.50	.85	.82	44.4	58.1	1.00	ZC31 2
52	10	10	-2.47	.46	1.43	.85	.98	.31	.86	.80	50.0	64.2	1.00	ZE21 1
MEAN	28.7	9.5	.77	.45	1.01	.02	1.00	.10			49.1	53.2		
P.SD	8.4	.7	1.55	.20	.54	.99	.65	.94			16.6	5.7		

Tabelle Anhang 54 Summary Statistik TK Posttest

SUMMARY OF 53 MEASURED (EXTREME AND NON-EXTREME) PERSON, 51.0 weighted

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	28.7	9.5	.77	.45				
SEM	1.2	.1	.22	.03				
P.SD	8.4	.7	1.55	.20				
S.SD	8.5	.7	1.57	.21				
MAX.	50.0	10.0	6.95	1.86				
MIN.	10.0	8.0	-2.47	.38				
REAL RMSE	.52	TRUE SD	1.46	SEPARATION	2.78	PERSON	RELIABILITY	.89
MODEL RMSE	.49	TRUE SD	1.47	SEPARATION	3.01	PERSON	RELIABILITY	.90
S.E. OF PERSON MEAN = .22								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .96 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .89 SEM = 2.81  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 10 MEASURED (NON-EXTREME) ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	146.4	48.5	.00	.20	1.10	.23	1.01	.05
SEM	21.9	1.2	.68	.02	.09	.38	.07	.26
P.SD	65.8	3.7	2.04	.05	.28	1.13	.21	.79
S.SD	69.4	3.9	2.15	.06	.30	1.19	.22	.83
MAX.	233.0	51.0	2.99	.30	1.45	1.51	1.43	1.27
MIN.	49.0	40.0	-3.13	.15	.72	-1.43	.71	-1.31
REAL RMSE	.23	TRUE SD	2.02	SEPARATION	8.68	ITEM	RELIABILITY	.99
MODEL RMSE	.21	TRUE SD	2.03	SEPARATION	9.77	ITEM	RELIABILITY	.99
S.E. OF ITEM MEAN = .68								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.99 (approximate due to missing data)

### 13.10.4 Skala TCK

**Tabelle Anhang 55 Korrelationen TCK**

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORRELATION	ENTRY NUMBER ITEM	ENTRY NUMBER ITEM
.61	5 TP30	6 TP31
.40	3 TP28	4 TP29
.39	6 TP31	7 TP32
.19	2 TP27	3 TP28
.16	5 TP30	7 TP32
.13	1 TP26	2 TP27
.05	1 TP26	3 TP28
-.74	3 TP28	6 TP31
-.57	4 TP29	5 TP30
-.53	2 TP27	6 TP31
-.50	2 TP27	7 TP32
-.46	4 TP29	6 TP31
-.44	2 TP27	5 TP30
-.42	3 TP28	5 TP30
-.40	1 TP26	7 TP32
-.36	1 TP26	5 TP30
-.36	3 TP28	7 TP32
-.30	1 TP26	6 TP31
-.21	4 TP29	7 TP32
-.08	1 TP26	4 TP29

**Tabelle Anhang 56 Itemfit TCK Prätest**

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 1.91 REL.: .78 ... ITEM: REAL SEP.: 2.28 REL.: .84

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
2	93	48	-.16	.18	1.27	1.32	1.46	2.09	A .70	.76	35.4	47.2	TP27
4	66	44	.52	.20	1.18	.84	1.14	.70	B .67	.73	56.8	50.3	TP29
3	57	44	.87	.21	.97	-.07	.90	-.39	C .74	.72	54.5	53.3	TP28
6	117	52	-.65	.17	.93	-.29	.94	-.25	D .79	.76	46.2	46.2	TP31
1	85	47	.03	.19	.90	-.43	.88	-.56	c .76	.75	46.8	47.9	TP26
5	106	52	-.28	.18	.89	-.56	.87	-.63	b .78	.76	55.8	47.3	TP30
7	97	48	-.33	.18	.75	-1.29	.83	-.80	a .77	.75	56.3	47.8	TP32
MEAN	88.7	47.9	.00	.19	.98	-.07	1.00	.02			50.3	48.6	
P.SD	19.7	3.0	.49	.01	.17	.82	.21	.96			7.3	2.3	

**Tabelle Anhang 57 Dimensionen TCK**

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	17.6116	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	10.6116	60.3%	59.4%
Raw variance explained by persons =	9.3595	53.1%	52.4%
Raw Variance explained by items =	1.2522	7.1%	7.0%
Raw unexplained variance (total) =	7.0000	39.7%	40.6%
Unexplnd variance in 1st contrast =	3.1652	18.0%	45.2%
Unexplnd variance in 2nd contrast =	1.3288	7.5%	19.0%
Unexplnd variance in 3rd contrast =	.8983	5.1%	12.8%
Unexplnd variance in 4th contrast =	.7624	4.3%	10.9%
Unexplnd variance in 5th contrast =	.6196	3.5%	8.9%

**Tabelle Anhang 58 Cluster Plot TCK**

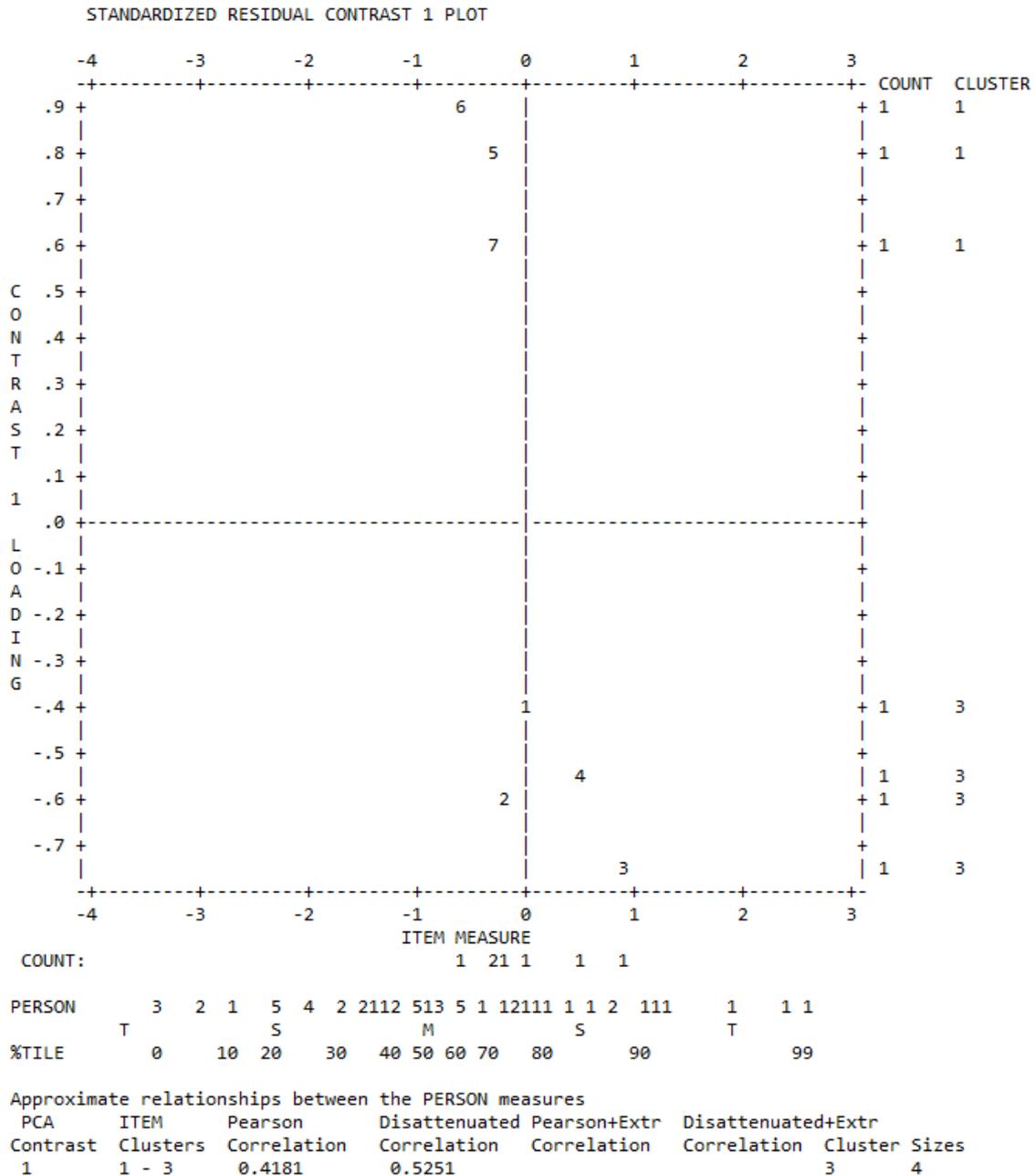


Tabelle Anhang 59 Personen TCK Prätest

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 1.91 REL.: .78 ... ITEM: REAL SEP.: 2.28 REL.: .84

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
5	17	4	2.56	.72	1.37	.73	1.33	.68	.24	.17	25.0	46.7	EG14 1
21	28	7	2.36	.51	.14	-2.70	.13	-2.78	.00	.35	85.7	47.3	NE13 2
3	26	7	1.86	.49	1.40	.86	1.38	.83	.06	.36	28.6	48.4	DG22 1
22	20	6	1.25	.50	1.99	1.54	2.04	1.60	.74	.40	.0	45.4	NG27 2
13	23	7	1.18	.46	.42	-1.22	.44	-1.18	.09	.37	42.9	45.3	HC04 3
4	17	5	1.07	.56	.57	-.59	.57	-.60	-.78	.18	40.0	45.3	DI16 3
17	15	5	.79	.54	.20	-1.82	.20	-1.80	.84	.43	80.0	44.0	LC30 3
36	21	7	.76	.45	.17	-2.35	.17	-2.37	.00	.38	85.7	45.8	SE18 2
11	20	7	.56	.45	.43	-1.23	.43	-1.24	-.23	.39	57.1	45.5	GJ11 2
23	11	4	.39	.59	.94	.14	.95	.15	.16	.28	50.0	46.0	NI30 1
6	18	7	.16	.44	.88	-.08	.89	-.06	-.75	.39	28.6	45.3	FA15 1
18	15	6	.12	.48	4.00	3.43	4.03	3.45	.94	.40	16.7	44.5	NB21 1
44	17	7	-.03	.44	1.76	1.41	1.76	1.41	.79	.39	14.3	43.0	TI12 1
2	13	5	-.08	.52	.31	-1.41	.31	-1.42	.22	.19	40.0	43.8	DB16 2
30	8	3	-.13	.67	.47	-.58	.48	-.57	-.99	.14	66.7	45.7	RG03 2
43	16	7	-.23	.44	.42	-1.37	.43	-1.34	.94	.39	42.9	39.9	TH25 1
32	15	7	-.42	.44	.58	-.85	.65	-.66	-.73	.38	71.4	39.0	RI23 3
14	14	7	-.62	.45	.60	-.81	.59	-.83	.85	.38	28.6	40.7	HK12 3
19	14	7	-.62	.45	2.99	2.89	3.03	2.90	-.02	.38	42.9	40.7	NB27 1
26	14	7	-.62	.45	.60	-.81	.59	-.83	.85	.38	28.6	40.7	oa25 1
34	14	7	-.62	.45	.55	-.96	.54	-.97	.59	.38	57.1	40.7	RM23 1
40	14	7	-.62	.45	1.66	1.30	1.59	1.20	.70	.38	28.6	40.7	SJ25 1
24	2	1	-.76	1.16	.00	-2.00	.00	-2.00	.00	.00	100.0	40.8	NK30 3
38	13	7	-.82	.45	.54	-.98	.56	-.91	.33	.37	57.1	43.8	SH16 1
50	13	7	-.82	.45	1.94	1.67	2.01	1.75	.91	.37	14.3	43.8	ZB26 2
7	8	4	-.86	.58	.05	-2.88	.05	-2.89	.00	.21	100.0	39.9	FB31 2
20	12	7	-1.03	.46	.67	-.58	.63	-.67	.75	.36	42.9	44.7	NE07 3
28	12	7	-1.03	.46	.45	-1.23	.44	-1.25	.66	.36	71.4	44.7	RB26 3
33	12	7	-1.03	.46	1.50	1.04	1.47	.97	-.20	.36	14.3	44.7	RK23 3
48	12	7	-1.03	.46	.32	-1.74	.32	-1.71	.35	.36	71.4	44.7	TS02 2
53	12	7	-1.03	.46	1.38	.84	1.57	1.13	-.76	.36	28.6	44.7	ZM02 3
8	2	1	-1.24	1.16	.00	-1.99	.00	-1.99	.00	.00	100.0	40.8	FD02 2
25	11	7	-1.25	.48	.54	-.90	.49	-1.03	.62	.35	57.1	44.4	NM20 1
37	8	5	-1.32	.56	.17	-2.01	.17	-2.00	.74	.35	80.0	43.1	SG13 3
46	5	3	-1.38	.71	.17	-1.48	.18	-1.42	.84	.22	100.0	43.0	TR05 3
39	10	7	-1.48	.49	.98	.14	.91	.02	.12	.33	28.6	46.0	SI24 2
42	10	7	-1.48	.49	.67	-.51	.67	-.51	-.23	.33	28.6	46.0	TB07 2
9	9	7	-1.74	.51	1.03	.25	1.07	.30	.64	.32	28.6	53.8	GE16 1
51	9	7	-1.74	.51	.48	-.98	.45	-1.05	.09	.32	57.1	53.8	ZC31 2
27	8	7	-2.02	.54	1.13	.41	1.19	.50	-.33	.31	57.1	57.7	OG25 3
29	8	7	-2.02	.54	2.57	2.09	2.79	2.31	.09	.31	14.3	57.7	RE28 3
31	8	7	-2.02	.54	.32	-1.44	.30	-1.51	.13	.31	85.7	57.7	RI19 3
15	4	3	-2.03	.78	.26	-.95	.25	-.97	.99	.12	66.7	55.2	HW14 3
12	7	7	-2.32	.57	.10	-2.54	.10	-2.54	.00	.30	100.0	58.9	GT21 3
35	7	7	-2.32	.57	.10	-2.54	.10	-2.54	.00	.30	100.0	58.9	SA09 3
41	7	7	-2.32	.57	1.99	1.50	1.86	1.37	.63	.30	28.6	58.9	SM22 3
47	7	7	-2.32	.57	.10	-2.54	.10	-2.54	.00	.30	100.0	58.9	TR05_a 3
49	7	7	-2.32	.57	.10	-2.54	.10	-2.54	.00	.30	100.0	58.9	TV31 2
52	6	7	-2.65	.59	1.79	1.30	1.74	1.27	.75	.29	.0	57.8	ZE21 1
16	5	7	-3.02	.62	1.73	1.27	1.67	1.21	-.46	.28	28.6	57.0	LA03 2
54	5	7	-3.02	.62	3.06	2.64	2.90	2.56	-.11	.28	14.3	57.0	ZR24 2
1	4	7	-3.43	.66	.48	-1.10	.49	-1.10	.73	.26	85.7	56.6	AE14 2
10	4	7	-3.43	.66	.48	-1.10	.49	-1.10	.73	.26	85.7	56.6	GF06 1
45	4	7	-3.43	.66	3.32	3.02	3.13	2.91	.13	.26	42.9	56.6	TM29 1
MEAN	11.5	6.2	-.92	.55	.94	-.38	.94	-.38			52.8	48.0	
P.SD	5.8	1.6	1.41	.14	.92	1.60	.92	1.61			30.0	6.6	

Tabelle Anhang 60 Score Fähigkeiten Beziehung TCK

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 7 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-6.64E	1.86	12	-1.03	.46	24	1.40	.47
1	-5.33	1.07	13	-.82	.45	25	1.63	.48
2	-4.48	.81	14	-.62	.45	26	1.86	.49
3	-3.90	.71	15	-.42	.44	27	2.11	.50
4	-3.44	.66	16	-.23	.44	28	2.36	.51
5	-3.03	.62	17	-.03	.44	29	2.63	.53
6	-2.66	.59	18	.16	.44	30	2.93	.56
7	-2.32	.57	19	.36	.45	31	3.27	.60
8	-2.02	.54	20	.56	.45	32	3.66	.66
9	-1.74	.51	21	.76	.45	33	4.18	.78
10	-1.49	.49	22	.97	.46	34	4.97	1.05
11	-1.25	.48	23	1.19	.47	35	6.25E	1.85

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=51.5024 USCALE=7.7607

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=18.0258 USCALE=2.7162

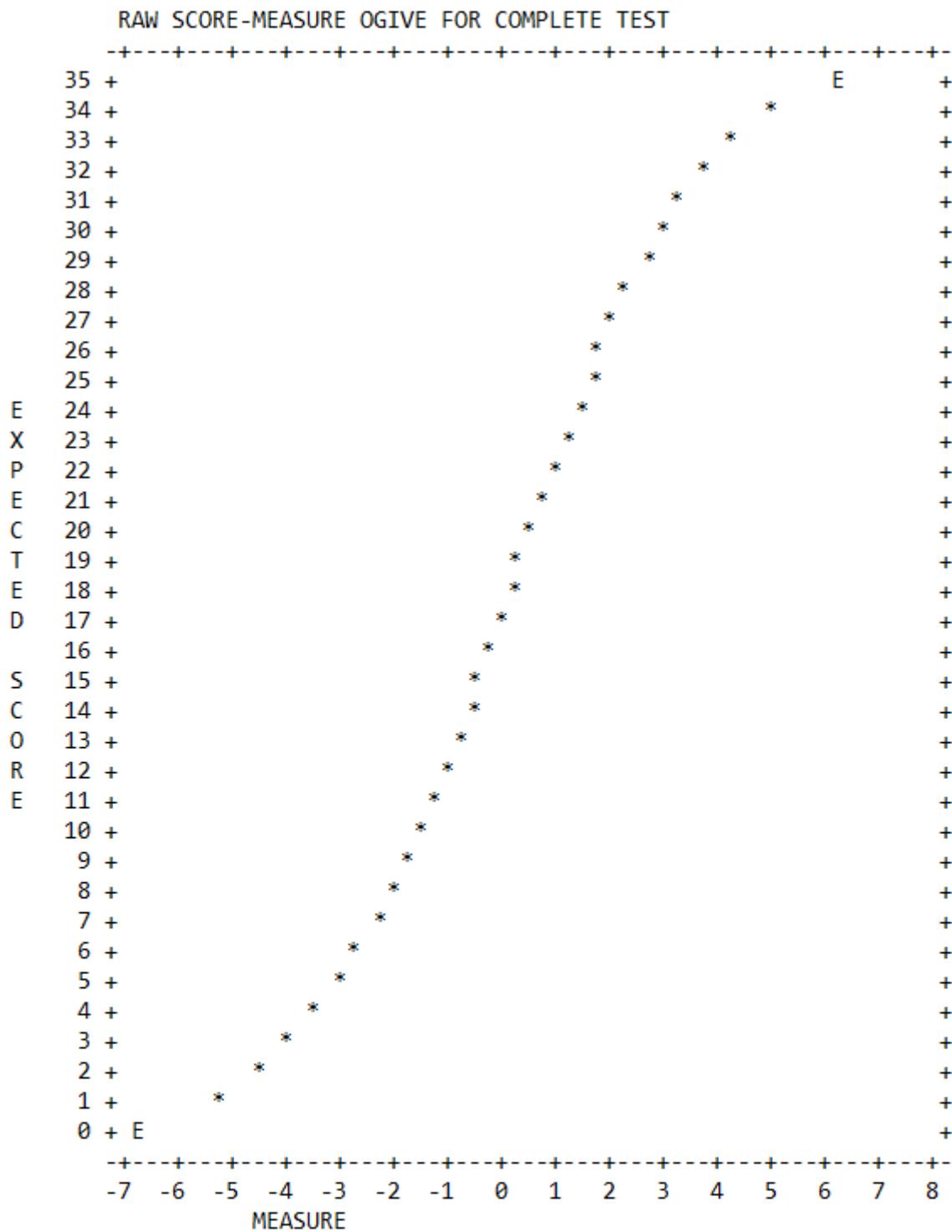
Predicting Score from Measure: Score = Measure \* 3.5493 + 17.5188

Predicting Measure from Score: Measure = Score \* .2712 + -4.7506

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 5.7

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .97

Tabelle Anhang 61 Ogive TCK



PERSON	3	21	54	23	35	46	23	12	21	1	11
%TILE	0	10	20	40	70	80	90			99	
ITEM				1	31	11					
%TILE				0	70	99					

Tabelle Anhang 62 Step Ordering TCK

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA COUNT	%	ABILITY MEAN	P.SD	S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
1	.	***	7	13#	-.49	1.10	.45			.12	TP26
	0	0	4	9	-2.15	.92	.53	1.3	1.3	-.25	
	1	1	18	38	-1.88	.99	.24	.9	.9	-.49	
	2	2	14	30	-.79	.98	.27	1.3	1.1	.09	
	3	3	6	13	-.04	.63	.28	.7	.6	.25	
	4	4	4	9	1.25	.71	.41	.6	.7	.47	
2	.	***	6	11#	-.60	1.02	.46			.08	TP27
	0	0	8	17	-2.58	.62	.23	.9	1.0	-.50	
	1	1	10	21	-1.43	.80	.27	1.3	1.3	-.17	
	2	2	12	25	-1.14	.78	.23	.8	.9	-.07	
	3	3	13	27	-.20	1.46	.42	1.6	2.0	.32	
	4	4	5	10	1.05	.95	.48	.9	.9	.47	
3	.	***	10	19#	-.25	1.27	.42			.23	TP28
	0	0	9	20	-2.19	1.17	.41	1.3	1.2	-.41	
	1	1	23	52	-1.44	.84	.18	.6	.7	-.28	
	2	2	4	9	.05	.99	.57	.8	.7	.25	
	3	3	6	14	.20	.74	.33	1.3	1.3	.36	
	4	4	2	5	2.11	.25	.25	.3	.3	.50	
4	.	***	10	19#	-.42	1.29	.43			.17	TP29
	0	0	6	14	-2.27	1.42	.63	1.6	1.3	-.35	
	1	1	22	50	-1.48	.86	.19	.8	.8	-.32	
	2	2	7	16	-.62	1.04	.43	1.3	1.2	.13	
	3	3	6	14	.24	1.05	.47	1.1	1.4	.36	
	4	4	3	7	1.20	1.30	.92	1.6	1.6	.43	
5	.	***	2	4#	-1.00	.24	.24			-.01	TP30
	0	0	4	8	-2.87	.52	.30	.8	.8	-.39	
	1	1	14	27	-2.04	.75	.21	.6	.6	-.48	
	2	2	18	35	-.87	.92	.22	1.0	1.0	.02	
	3	3	10	19	.18	.71	.24	.5	.4	.37	
	4	4	4	8	1.07	1.41	.81	1.4	1.3	.40	
6	.	***	2	4#	-.18	.57	.57			.10	TP31
	0	0	3	6	-3.16	.19	.14	.7	.7	-.38	
	1	1	13	25	-2.07	.73	.21	.7	.7	-.46	
	2	2	16	31	-1.11	.72	.19	.7	.7	-.08	
	3	3	11	21	-.23	1.03	.33	1.0	1.0	.26	
	4	4	6	12	.59	1.20	.54	1.2	1.2	.39	
7	.	***	6	11#	-.26	1.35	.60			.17	TP32
	0	0	2	4	-3.23	.20	.20	.6	.6	-.33	
	1	1	17	35	-1.97	.71	.18	.6	.6	-.52	
	2	2	12	25	-.94	.84	.25	.8	.8	.02	
	3	3	13	27	-.17	1.09	.31	1.1	1.3	.36	
	4	4	3	6	1.39	1.03	.73	.6	.6	.44	
5	5	5	1	2	1.25*	.00		1.0	1.1	.24	

\* Average ability does not ascend with category score

# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 63 Kategorienstruktur TCK

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	OBSERVED SCORE	OBSERVED COUNT	OBSERVED %	OBSVD AVRGE	SAMPLE EXPECT	INFIT MNSQ	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	36	11	-2.67	-2.70	1.08	1.04	NONE	( -4.58)
1	1	117	35	-1.84	-1.77	.72	.75	-3.42	-2.29
2	2	83	25	-.72	-.83	.94	.87	-.95	-.60
3	3	65	19	.07	.10	1.08	1.26	-.13	.75
4	4	27	8	1.24	1.17	1.01	1.00	1.50	2.34
5	5	7	2	1.79	2.08	1.30	1.24	3.00	( 4.24)
MISSING		43	11	-.63					

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABLTY	COHERENCE M->C C->M	RMSR	ESTIM DISCR
0	NONE		( -4.58) -INF -3.62		75% 17%	1.0053	
1	-3.42	.20	-2.29 -3.62 -1.33	-3.50	59% 68%	.5353	.97
2	-.95	.14	-.60 -1.33 .06	-1.17	40% 55%	.6095	1.18
3	-.13	.16	.75 .06 1.50	.00	50% 43%	.8822	.92
4	1.50	.24	2.34 1.50 3.39	1.50	43% 33%	1.0242	.99
5	3.00	.43	( 4.24) 3.39 +INF	3.18	0% 0%	1.4655	.81

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 64 Summary Statistik TCK Prätest

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 54 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 54 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	11.5	6.2	-.92	.55	.94	-.38	.94	-.38
SEM	.8	.2	.19	.02	.13	.22	.13	.22
P.SD	5.8	1.6	1.41	.14	.92	1.60	.92	1.61
S.SD	5.9	1.6	1.42	.15	.93	1.62	.93	1.62
MAX.	28.0	7.0	2.56	1.16	4.00	3.43	4.03	3.45
MIN.	2.0	1.0	-3.43	.44	.00	-2.88	.00	-2.89
REAL RMSE	.65	TRUE SD	1.25	SEPARATION	1.91	PERSON	RELIABILITY	.78
MODEL RMSE	.57	TRUE SD	1.29	SEPARATION	2.25	PERSON	RELIABILITY	.84
S.E. OF PERSON MEAN = .19								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .86  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .84 SEM = 2.34  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .97

SUMMARY OF 7 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	88.7	47.9	.00	.19	.98	-.07	1.00	.02
SEM	8.0	1.2	.20	.01	.07	.33	.08	.39
P.SD	19.7	3.0	.49	.01	.17	.82	.21	.96
S.SD	21.3	3.3	.53	.01	.18	.88	.22	1.03
MAX.	117.0	52.0	.87	.21	1.27	1.32	1.46	2.09
MIN.	57.0	44.0	-.65	.17	.75	-1.29	.83	-.80
REAL RMSE	.20	TRUE SD	.45	SEPARATION	2.28	ITEM	RELIABILITY	.84
MODEL RMSE	.19	TRUE SD	.45	SEPARATION	2.37	ITEM	RELIABILITY	.85
S.E. OF ITEM MEAN = .20								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.98

Tabelle Anhang 65 DIF TCK

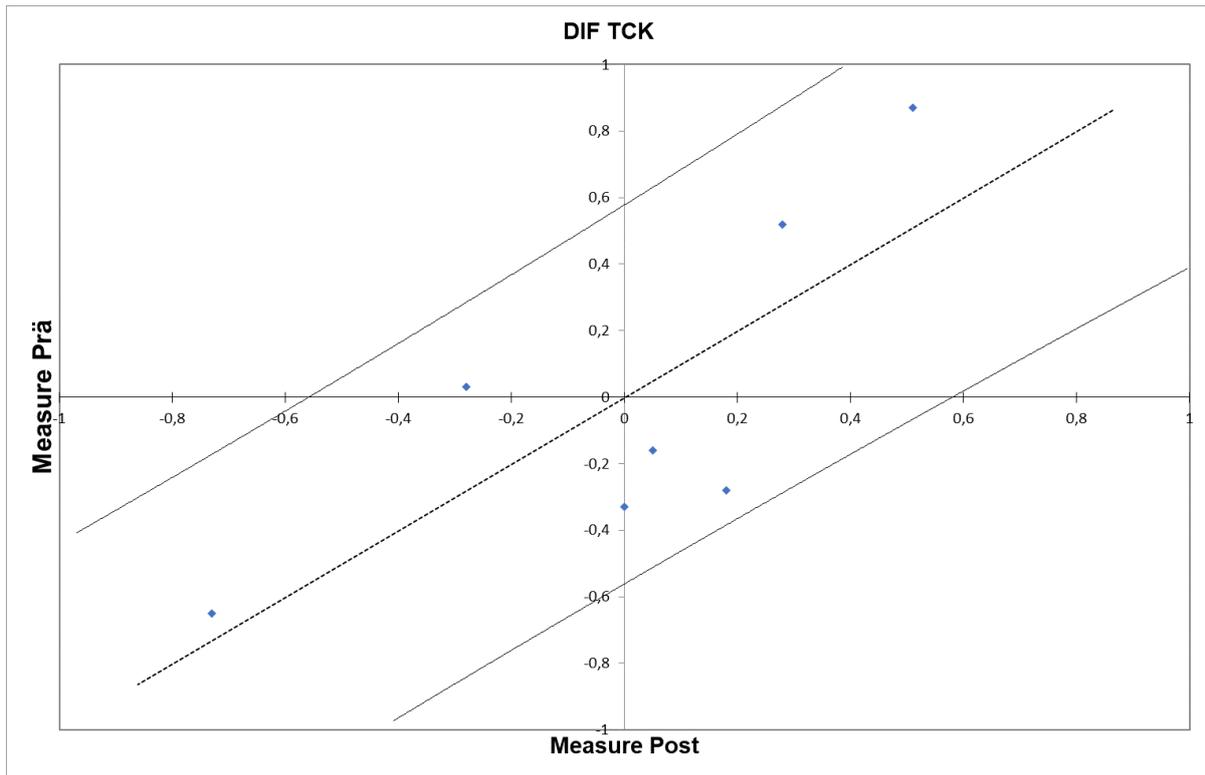


Tabelle Anhang 66 Itemfit TCK Posttest

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 53 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.26 REL.: .84 ... ITEM: REAL SEP.: 2.58 REL.: .87

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM	
5	120	50	-.28A	.17	1.09	.54	1.16	.85	A	.65	.73	50.0	44.7	.44	TP30_POS
2	129	52	-.16A	.17	.81	-1.04	.85	-.75	B	.79	.73	57.7	45.4	.17	TP27_POS
4	119	50	.52A	.18	.72	-1.54	.74	-1.42	C	.82	.72	56.0	46.2	-.36	TP29_POS
3	107	47	.87A	.18	.60	-2.24	.65	-1.98	D	.87	.71	46.8	44.9	-.57	TP28_POS
7	123	49	-.33A	.18	.65	-1.99	.63	-2.12	c	.82	.73	53.1	45.6	.30	TP32_POS
6	145	51	-.65A	.17	.57	-2.54	.60	-2.40	b	.80	.73	62.7	46.5	.19	TP31_POS
1	132	51	.03A	.17	.50	-3.16	.50	-3.16	a	.84	.72	51.0	45.0	-.22	TP26_POS
MEAN	125.0	50.0	.00	.17	.71	-1.71	.73	-1.57				53.9	45.5	.00	
P.SD	11.0	1.5	.49	.00	.18	1.11	.20	1.21				5.0	.6	.00	

Tabelle Anhang 67 Personen TCK Posttest

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 53 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.26 REL.: .84 ... ITEM: REAL SEP.: 2.58 REL.: .87

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
13	29	7	2.63	.53	.32	-1.72	.34	-1.65	.13	.34	85.7	46.3	HC04 3
21	28	7	2.36	.51	.14	-2.70	.14	-2.77	.00	.35	85.7	47.3	NE13 2
3	24	6	2.36	.55	.16	-2.30	.16	-2.38	.00	.37	83.3	46.7	DG22 1
26	27	7	2.10	.50	.44	-1.23	.44	-1.26	-.23	.36	71.4	48.1	oa25 1
6	25	7	1.63	.48	.91	-.01	.91	.00	-.75	.37	28.6	47.5	FA15 1
24	25	7	1.63	.48	1.02	.21	1.02	.21	-.02	.37	71.4	47.5	NK30 3
18	18	5	1.38	.57	1.06	.30	1.06	.29	.00	.17	60.0	44.8	NB21 1
17	20	6	1.28	.50	.18	-2.10	.18	-2.08	.70	.39	83.3	46.1	LC30 3
19	23	7	1.18	.46	1.10	.36	1.12	.39	-.30	.37	28.6	45.3	NB27 1
40	23	7	1.18	.46	1.46	.94	1.51	1.01	.65	.37	28.6	45.3	SJ25 1
41	16	5	1.12	.55	.44	-.93	.43	-.96	.73	.42	60.0	45.8	SM22 3
5	10	3	.99	.71	.13	-1.50	.14	-1.49	.96	.22	100.0	46.6	EG14 1
4	22	7	.97	.46	.47	-1.09	.47	-1.08	.46	.38	42.9	45.8	DI16 3
22	22	7	.97	.46	1.95	1.58	2.03	1.67	.41	.38	28.6	45.8	NG27 2
31	22	7	.97	.46	.25	-1.91	.26	-1.88	.28	.38	71.4	45.8	RI19 3
32	22	7	.97	.46	1.57	1.10	1.61	1.15	-.48	.38	28.6	45.8	RI23 3
11	19	6	.85	.50	.23	-1.79	.24	-1.77	.23	.29	66.7	46.6	GJ11 2
1	21	7	.76	.45	.17	-2.35	.17	-2.37	.00	.38	85.7	45.7	AE14 2
36	21	7	.76	.45	.17	-2.35	.17	-2.37	.00	.38	85.7	45.7	SE18 2
8	12	4	.69	.60	.12	-1.91	.12	-1.91	.00	.33	100.0	46.8	FD02 2
14	20	7	.56	.45	.76	-.32	.76	-.32	-.01	.39	28.6	45.4	HK12 3
43	19	7	.36	.45	.31	-1.73	.30	-1.76	.36	.39	71.4	45.9	TH25 1
44	19	7	.36	.45	.91	-.02	.90	-.04	.73	.39	42.9	45.9	TI12 1
7	18	7	.16	.44	.69	-.52	.68	-.53	-.34	.39	28.6	45.2	FB31 2
25	18	7	.16	.44	.45	-1.22	.46	-1.19	.64	.39	57.1	45.2	NM20 1
35	18	7	.16	.44	.88	-.07	.89	-.05	-.75	.39	28.6	45.2	SA09 3
37	17	7	-.03	.44	.24	-2.12	.23	-2.14	.56	.39	57.1	43.0	SG13 3
39	17	7	-.03	.44	.18	-2.43	.18	-2.45	.68	.39	85.7	43.0	SI24 2
42	17	7	-.03	.44	.63	-.70	.63	-.70	-.23	.39	28.6	43.0	TB07 2
2	16	7	-.23	.44	.17	-2.55	.17	-2.55	.64	.39	100.0	39.8	DB16 2
20	16	7	-.23	.44	.28	-1.95	.27	-1.98	.40	.39	71.4	39.8	NE07 3
34	16	7	-.23	.44	.90	-.04	.94	.03	-.09	.39	14.3	39.8	RM23 1
47	16	7	-.23	.44	.62	-.74	.62	-.74	-.36	.39	42.9	39.8	TR05_a 3
49	16	7	-.23	.44	.17	-2.55	.17	-2.55	.64	.39	100.0	39.8	TV31 2
54	16	7	-.23	.44	3.08	2.94	3.04	2.90	-.21	.39	14.3	39.8	ZR24 2
9	15	7	-.42	.44	1.01	.18	.97	.11	.14	.38	42.9	39.0	GE16 1
23	15	7	-.42	.44	1.00	.15	1.00	.15	.17	.38	14.3	39.0	NI30 1
45	15	7	-.42	.44	.51	-1.08	.51	-1.07	.76	.38	42.9	39.0	TM29 1
50	15	7	-.42	.44	.53	-1.02	.52	-1.05	.32	.38	71.4	39.0	ZB26 2
28	14	7	-.62	.45	.72	-.47	.71	-.49	.31	.38	28.6	40.8	RB26 3
38	14	7	-.62	.45	.37	-1.57	.38	-1.51	.37	.38	57.1	40.8	SH16 1
30	8	4	-.78	.58	.01	-3.48	.01	-3.48	.00	.12	100.0	40.5	RG03 2
46	11	6	-.99	.49	.93	.03	.94	.05	-.33	.28	33.3	42.1	TR05 3
52	12	7	-1.03	.46	.62	-.72	.65	-.62	-.40	.36	42.9	44.7	ZE21 1
12	11	7	-1.25	.48	.63	-.65	.71	-.44	-.27	.35	28.6	44.4	GT21 3
15	11	7	-1.25	.48	.90	-.02	.82	-.19	.60	.35	28.6	44.4	HW14 3
29	11	7	-1.25	.48	1.03	.24	1.09	.35	-.12	.35	42.9	44.4	RE28 3
33	4	4	-2.00	.75	.79	-.03	.81	.00	.73	.26	50.0	59.7	RK23 3
10	7	7	-2.32	.57	.55	-.71	.58	-.66	.37	.30	71.4	58.9	GF06 1
16	7	7	-2.32	.57	.10	-2.54	.10	-2.53	.00	.30	100.0	58.9	LA03 2
27	7	7	-2.32	.57	.92	.05	.99	.18	-.37	.30	71.4	58.9	OG25 3
53	6	7	-2.65	.59	2.50	2.04	2.43	2.01	.64	.29	14.3	57.7	ZM02 3
51	4	7	-3.43	.66	1.85	1.50	1.82	1.48	-.23	.26	28.6	56.5	ZC31 2
MEAN	16.5	6.6	.05	.49	.71	-.78	.71	-.77			55.4	45.6	
P.SD	6.0	.9	1.31	.07	.61	1.32	.60	1.33			26.8	5.3	

Tabelle Anhang 68 Summary Statistik TCK Posttest

INPUT: 54 PERSON 7 ITEM REPORTED: 53 PERSON 7 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 53 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	16.5	6.6	.05	.49	.71	-.78	.71	-.77
SEM	.8	.1	.18	.01	.08	.18	.08	.18
P.SD	6.0	.9	1.31	.07	.61	1.32	.60	1.33
S.SD	6.0	.9	1.32	.07	.61	1.34	.61	1.35
MAX.	29.0	7.0	2.63	.75	3.08	2.94	3.04	2.90
MIN.	4.0	3.0	-3.43	.44	.01	-3.48	.01	-3.48
REAL RMSE	.53	TRUE SD	1.20	SEPARATION	2.26	PERSON	RELIABILITY	.84
MODEL RMSE	.50	TRUE SD	1.21	SEPARATION	2.44	PERSON	RELIABILITY	.86
S.E. OF PERSON MEAN = .18								

LACKING RESPONSES: 1 PERSON  
 PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .91 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .91 SEM = 1.83  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 7 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	125.0	50.0	.00	.17	.71	-1.71	.73	-1.57
SEM	4.5	.6	.20	.00	.07	.45	.08	.49
P.SD	11.0	1.5	.49	.00	.18	1.11	.20	1.21
S.SD	11.9	1.6	.53	.00	.20	1.20	.22	1.31
MAX.	145.0	52.0	.87	.18	1.09	.54	1.16	.85
MIN.	107.0	47.0	-.65	.17	.50	-3.16	.50	-3.16
REAL RMSE	.18	TRUE SD	.45	SEPARATION	2.58	ITEM	RELIABILITY	.87
MODEL RMSE	.17	TRUE SD	.46	SEPARATION	2.60	ITEM	RELIABILITY	.87
S.E. OF ITEM MEAN = .20								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.80 (approximate due to missing data)



**Tabelle Anhang 71 Itemfit TPK nach Bereinigung Prätest**

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.15 REL.: .82 ... ITEM: REAL SEP.: 7.20 REL.: .98

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
1	198	52	-3.09	.24	1.39	1.79	1.39	1.72	A .64	.74	53.8	62.3	TP20
3	120	51	.62	.21	1.13	.69	1.12	.63	B .81	.80	52.9	55.9	TP22
2	170	52	-1.51	.22	1.12	.63	1.10	.56	C .69	.77	55.8	57.7	TP21
5	99	49	1.40	.22	.84	-.78	.84	-.77	c .84	.80	63.3	55.7	TP24
4	104	48	1.07	.22	.67	-1.79	.67	-1.73	b .87	.80	77.1	56.6	TP23
6	95	48	1.51	.22	.61	-2.20	.63	-2.01	a .87	.80	77.1	56.5	TP25
MEAN	131.0	50.0	.00	.22	.96	-.28	.96	-.27			63.3	57.4	
P.SD	39.1	1.7	1.71	.01	.28	1.43	.27	1.35			10.3	2.3	

**Tabelle Anhang 72 Korrelationen TPK**

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORRELATION	ENTRY NUMBER	ITEM	ENTRY NUMBER	ITEM
.44	4	TP23	5	TP24
.40	4	TP23	6	TP25
.36	5	TP24	6	TP25
.26	1	TP20	2	TP21
.08	2	TP21	3	TP22
-.70	2	TP21	5	TP24
-.57	2	TP21	6	TP25
-.48	3	TP22	4	TP23
-.47	1	TP20	4	TP23
-.45	2	TP21	4	TP23
-.44	1	TP20	6	TP25
-.41	1	TP20	5	TP24
-.33	3	TP22	5	TP24
-.29	3	TP22	6	TP25
-.22	1	TP20	3	TP22

**Tabelle Anhang 73 Dimensionen TPK**

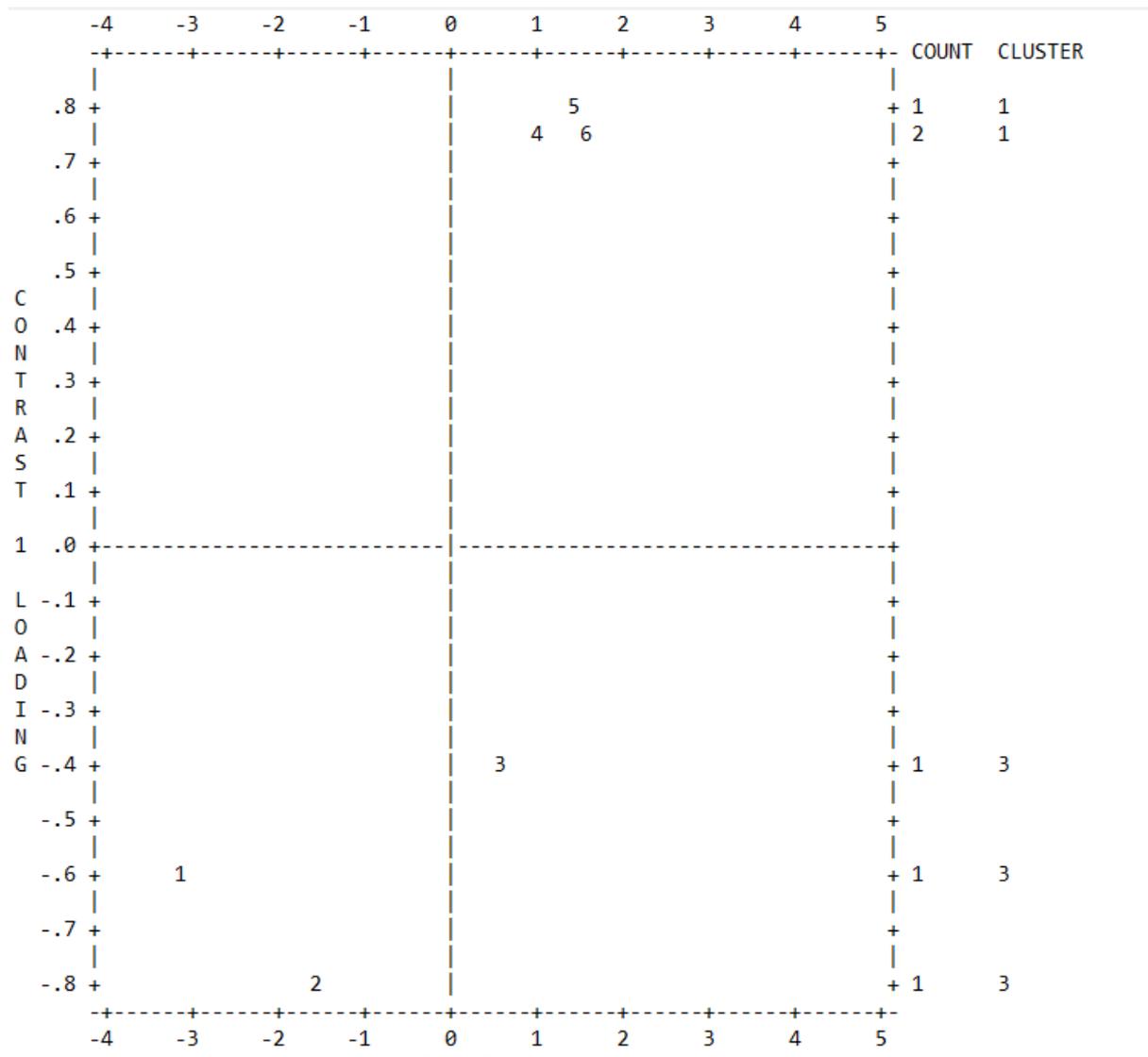
INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

-----

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	24.3344	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	18.3344	75.3%	74.1%
Raw variance explained by persons =	9.6436	39.6%	39.0%
Raw Variance explained by items =	8.6907	35.7%	35.1%
Raw unexplained variance (total) =	6.0000	24.7%	100.0%
Unexplned variance in 1st contrast =	2.9221	12.0%	48.7%
Unexplned variance in 2nd contrast =	1.2372	5.1%	20.6%
Unexplned variance in 3rd contrast =	.7987	3.3%	13.3%
Unexplned variance in 4th contrast =	.6378	2.6%	10.6%
Unexplned variance in 5th contrast =	.3897	1.6%	6.5%

Tabelle Anhang 74 Cluster Plot TPK



COUNT:	1	1	1	1	1	11												
PERSON	3	5	1	13	4	4	13	11	3	13	3	14	2	12	2	1	2	2
%TILE	0	10	20	30	40	50	60	70	80	90	99							

Approximate relationships between the PERSON measures

PCA Contrast	ITEM Clusters	Pearson Correlation	Disattenuated Correlation	Pearson+Extr Correlation	Disattenuated+Extr Correlation	Cluster Sizes
1	1 - 3	0.5224	0.6337			3 3

Tabelle Anhang 75 Personen TPK Prätest

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.15 REL.: .82 ... ITEM: REAL SEP.: 7.20 REL.: .98

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
5	25	6	4.36	.77	1.51	.89	1.30	.62	.70	.65	50.0	70.0	EG14 1
36	25	6	4.36	.77	.35	-1.14	.39	-.85	.81	.65	83.3	70.0	SE18 2
21	24	6	3.79	.73	.82	-.14	1.32	.68	.00	.67	66.7	61.3	NE13 2
39	24	6	3.79	.73	.81	-.16	.76	-.22	.63	.67	66.7	61.3	SI24 2
42	23	6	3.28	.70	.68	-.46	.64	-.55	.74	.68	50.0	57.1	TB07 2
44	22	6	2.80	.68	.26	-1.68	.28	-1.70	.92	.69	83.3	58.7	TI12 1
48	22	6	2.80	.68	.55	-.76	.53	-.85	.82	.69	83.3	58.7	TS02 2
34	21	6	2.34	.67	.87	-.04	.82	-.15	.83	.70	66.7	60.6	RM23 1
43	21	6	2.34	.67	1.47	.89	1.53	.99	.12	.70	33.3	60.6	TH25 1
24	4	1	2.13	1.77	.00	-1.62	.00	-1.62	.00	.00	100.0	68.8	NK30 3
14	20	6	1.91	.65	.87	-.03	.96	.12	.78	.71	66.7	59.7	HK12 3
40	20	6	1.91	.65	.70	-.37	.67	-.44	.70	.71	66.7	59.7	SJ25 1
33	15	5	1.64	.68	.46	-.83	.53	-.64	.00	.56	80.0	59.1	RK23 3
11	19	6	1.50	.63	.45	-1.01	.49	-.90	.81	.71	83.3	57.7	GJ11 2
18	19	6	1.50	.63	1.41	.81	1.39	.80	.37	.71	50.0	57.7	NB21 1
22	19	6	1.50	.63	1.98	1.50	2.02	1.57	.90	.71	33.3	57.7	NG27 2
8	11	3	1.45	.96	1.33	.64	1.28	.59	.99	.68	33.3	61.9	FD02 2
6	18	6	1.11	.62	.26	-1.70	.25	-1.76	.89	.72	100.0	53.9	FA15 1
13	18	6	1.11	.62	.84	-.11	1.02	.22	.51	.72	66.7	53.9	HC04 3
49	18	6	1.11	.62	1.06	.29	1.24	.59	.00	.72	33.3	53.9	TV31 2
4	17	6	.73	.61	.23	-1.90	.24	-1.87	.93	.72	100.0	52.7	DI16 3
19	17	6	.73	.61	1.93	1.51	1.91	1.49	.85	.72	33.3	52.7	NB27 1
53	17	6	.73	.61	4.32	3.59	4.16	3.47	.75	.72	16.7	52.7	ZM02 3
45	10	3	.57	.92	2.81	1.77	2.69	1.70	-.91	.69	33.3	55.2	TM29 1
20	16	6	.37	.60	.18	-2.22	.18	-2.20	.92	.73	83.3	53.2	NE07 3
26	16	6	.37	.60	.23	-1.95	.25	-1.84	.95	.73	83.3	53.2	oa25 1
50	16	6	.37	.60	.18	-2.22	.18	-2.20	.92	.73	83.3	53.2	ZB26 2
3	15	6	.01	.60	.48	-1.03	.55	-.82	.77	.74	66.7	54.5	DG22 1
46	13	5	-.08	.66	.62	-.55	.63	-.51	.94	.75	60.0	55.4	TR05 3
30	11	5	-.32	.66	1.71	1.21	2.06	1.60	-.09	.75	60.0	51.7	RG03 2
12	14	6	-.36	.61	.28	-1.75	.32	-1.55	.95	.75	83.3	53.0	GT21 3
29	14	6	-.36	.61	1.57	1.08	1.73	1.28	.77	.75	50.0	53.0	RE28 3
17	10	4	-.41	.77	.43	-.85	.47	-.75	.96	.81	75.0	53.0	LC30 3
23	13	6	-.73	.61	.58	-.70	.56	-.76	.90	.77	83.3	50.9	NI30 1
31	13	6	-.73	.61	.90	-.01	.84	-.11	.89	.77	50.0	50.9	RI19 3
35	13	6	-.73	.61	.69	-.45	.72	-.39	.81	.77	50.0	50.9	SA09 3
47	13	6	-.73	.61	.34	-1.45	.36	-1.37	.87	.77	83.3	50.9	TR05_a 3
7	12	6	-1.11	.63	.59	-.65	.58	-.66	.80	.77	50.0	54.5	FB31 2
25	12	6	-1.11	.63	.38	-1.24	.39	-1.20	.98	.77	83.3	54.5	NM20 1
27	12	6	-1.11	.63	.78	-.23	.79	-.20	.70	.77	50.0	54.5	OG25 3
54	12	6	-1.11	.63	2.66	2.20	2.73	2.25	.98	.77	33.3	54.5	ZR24 2
9	11	6	-1.52	.65	1.06	.31	.92	.06	.86	.78	66.7	57.0	GE16 1
28	11	6	-1.52	.65	.49	-.84	.47	-.88	.99	.78	66.7	57.0	RB26 3
41	11	6	-1.52	.65	.83	-.11	.85	-.06	.85	.78	33.3	57.0	SM22 3
2	7	3	-1.76	.87	.38	-.76	.36	-.79	.91	.74	66.7	53.1	DB16 2
37	3	1	-2.12	1.54	.00	-1.61	.00	-1.61	.00	.00	100.0	61.7	SG13 3
10	9	6	-2.39	.67	1.18	.49	1.15	.44	.88	.77	66.7	64.6	GF06 1
15	9	6	-2.39	.67	1.39	.76	1.47	.85	.89	.77	33.3	64.6	HW14 3
32	9	6	-2.39	.67	3.34	2.58	3.05	2.34	.96	.77	16.7	64.6	RI23 3
38	9	6	-2.39	.67	.03	-3.03	.03	-2.97	.98	.77	100.0	64.6	SH16 1
52	9	6	-2.39	.67	1.96	1.41	2.15	1.58	.34	.77	33.3	64.6	ZE21 1
1	8	6	-2.84	.67	.46	-.95	.37	-1.24	.81	.76	83.3	62.3	AE14 2
16	8	6	-2.84	.67	.27	-1.57	.24	-1.71	.95	.76	83.3	62.3	LA03 2
51	8	6	-2.84	.67	.46	-.95	.37	-1.24	.81	.76	83.3	62.3	ZC31 2
MEAN	14.6	5.6	.24	.70	.93	-.28	.95	-.25			63.7	57.7	
P.SD	5.4	1.2	1.95	.20	.85	1.31	.84	1.32			22.6	5.0	

Tabelle Anhang 76 Score Fähigkeiten Beziehung TPK

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 6 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-9.40E	2.00	11	-1.52	.65	22	2.80	.68
1	-7.72	1.30	12	-1.11	.63	23	3.28	.70
2	-6.37	1.04	13	-.73	.61	24	3.79	.73
3	-5.47	.87	14	-.36	.61	25	4.36	.78
4	-4.80	.77	15	.01	.60	26	5.00	.82
5	-4.25	.72	16	.37	.60	27	5.70	.85
6	-3.76	.69	17	.73	.61	28	6.47	.92
7	-3.30	.68	18	1.11	.62	29	7.47	1.13
8	-2.84	.67	19	1.50	.63	30	8.86E	1.89
9	-2.39	.67	20	1.91	.65			
10	-1.95	.66	21	2.35	.67			

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=51.4658 USCALE=5.4750

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=15.4397 USCALE=1.6425

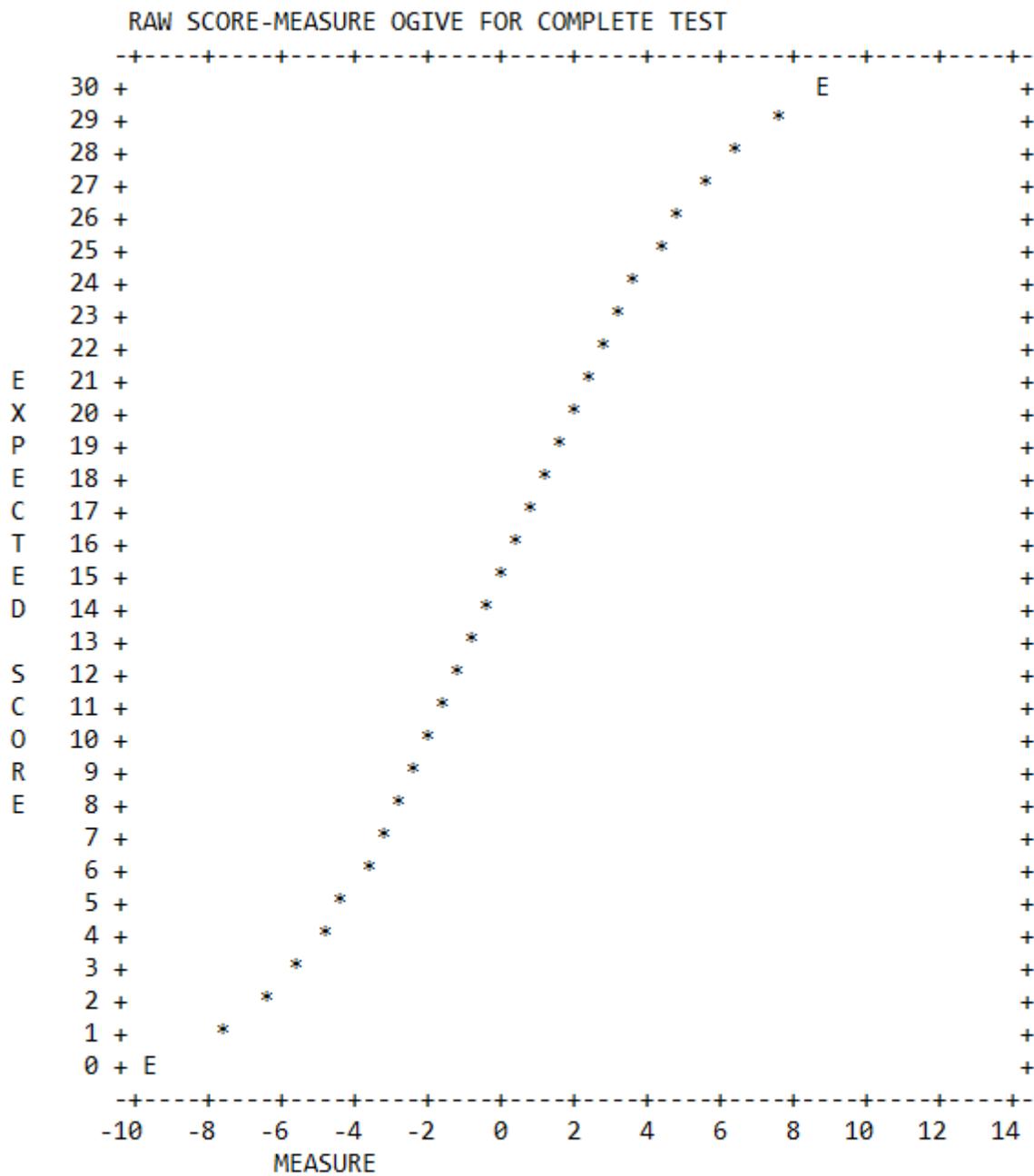
Predicting Score from Measure:  $Score = Measure * 2.0015 + 15.0155$

Predicting Measure from Score:  $Measure = Score * .4886 + -7.3367$

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 6.6

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .98

Tabelle Anhang 77 Ogive TPK



PERSON	35144442433532212 2
%TILE	T S M S T 0 20 40 60 80 90 99
ITEM	1 1 121
%TILE	T S M S T 0 10 30 50 99

Tabelle Anhang 78 Step Ordering TPK

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA COUNT	%	ABILITY MEAN	P.SD	S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
1	.	***	2	4#	1.89	.25	.25			.17	TP20
	2	2	3	6	-1.85	1.10	.77	1.4	1.5	-.26	
	3	3	17	33	-1.03	1.24	.31	1.4	1.4	-.43	
	4	4	19	37	.29	1.63	.38	1.4	1.4	.04	
	5	5	13	25	2.05	1.67	.48	1.5	1.5	.55	
2	.	***	2	4#	-1.22	.90	.90			-.15	TP21
	1	1	2	4	-2.84	.00	.00	.6	.5	-.32	
	2	2	8	15	-1.71	.85	.32	.9	.8	-.44	
	3	3	19	37	-.07	1.25	.30	1.0	1.0	-.14	
	4	4	20	38	1.42	1.78	.41	1.8	1.6	.45	
3	.	***	3	6#	-.13	1.75	1.24			-.05	TP22
	0	0	2	4	-2.39	.00	.00	.9	1.0	-.27	
	1	1	13	25	-1.76	.80	.23	.7	.7	-.60	
	2	2	10	20	-.32	1.13	.38	.9	.9	-.15	
	3	3	19	37	1.35	1.17	.28	.8	.8	.43	
4	.	***	6	11#	-.02	1.57	.70			-.05	TP23
	0	0	1	2	-2.39	.00	.00	.9	1.0	-.19	
	1	1	15	31	-1.52	1.12	.30	1.1	1.0	-.61	
	2	2	14	29	-.35	.76	.21	.4	.4	-.20	
	3	3	11	23	1.98	.95	.30	.4	.4	.47	
5	.	***	5	9#	.06	1.71	.85			-.03	TP24
	0	0	3	6	-1.96	.60	.42	1.1	1.1	-.29	
	1	1	14	29	-1.42	1.32	.37	1.3	1.2	-.54	
	2	2	17	35	.05	.91	.23	.6	.6	-.07	
	3	3	9	18	1.90	1.06	.37	.6	.6	.40	
6	.	***	6	11#	.03	1.56	.70			-.04	TP25
	0	0	2	4	-2.39	.00	.00	.8	.9	-.28	
	1	1	15	31	-1.36	1.12	.30	.9	.9	-.55	
	2	2	17	35	.04	1.12	.28	.8	.8	-.08	
	3	3	10	21	2.08	.66	.22	.3	.3	.47	
4	4	4	8	4.07	.28	.16	.2	.3	.58		

\* Average ability does not ascend with category score

# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 79 Kategorienstruktur TPK

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	SCORE	OBSERVED COUNT	OBSVD %	SAMPLE AVRGE	INFINIT EXPECT	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	8	3	-3.42	-3.48	.97 1.02	NONE	( -6.19)
1	1	59	20	-2.63	-2.52	.89 .88	-5.06	-3.53
2	2	69	23	-1.09	-.95	.78 .78	-1.92	-1.12
3	3	85	28	1.13	.83	.74 .80	-.28	.97
4	4	61	20	2.77	2.80	1.17 1.16	2.13	3.65
5	5	18	6	4.61	5.06	1.70 1.51	5.12	( 6.26)
MISSING		24	7	-.58				

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABLTY	COHERENCE M->C C->M	ESTIM RMSR	DISCR
0	NONE		( -6.19) -INF -5.17		0% 0%	1.0526	0
1	-5.06	.39	-3.53 -5.17 -2.16	-5.10	71% 69%	.5873	.98
2	-1.92	.20	-1.12 -2.16 -.14	-2.04	62% 68%	.5429	1.19
3	-.28	.19	.97 -.14 2.21	-.20	63% 67%	.5143	1.40
4	2.13	.20	3.65 2.21 5.25	2.17	58% 59%	.6549	.73
5	5.12	.33	( 6.26) 5.25 +INF	5.17	62% 44%	.9683	.66

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 80 Summary Statistik TPK

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 54 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 54 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	14.6	5.6	.24	.70	.93	-.28	.95	-.25
SEM	.7	.2	.27	.03	.12	.18	.12	.18
P.SD	5.4	1.2	1.95	.20	.85	1.31	.84	1.32
S.SD	5.4	1.2	1.97	.20	.86	1.33	.85	1.33
MAX.	25.0	6.0	4.36	1.77	4.32	3.59	4.16	3.47
MIN.	3.0	1.0	-2.84	.60	.00	-3.03	.00	-2.97
REAL RMSE	.82	TRUE SD	1.77	SEPARATION	2.15	PERSON RELIABILITY	.82	
MODEL RMSE	.73	TRUE SD	1.81	SEPARATION	2.47	PERSON RELIABILITY	.86	
S.E. OF PERSON MEAN = .27								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .86 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .93 SEM = 1.38  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 6 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	131.0	50.0	.00	.22	.96	-.28	.96	-.27
SEM	17.5	.8	.77	.00	.12	.64	.12	.60
P.SD	39.1	1.7	1.71	.01	.28	1.43	.27	1.35
S.SD	42.8	1.9	1.88	.01	.31	1.57	.29	1.47
MAX.	198.0	52.0	1.51	.24	1.39	1.79	1.39	1.72
MIN.	95.0	48.0	-3.09	.21	.61	-2.20	.63	-2.01
REAL RMSE	.24	TRUE SD	1.70	SEPARATION	7.20	ITEM RELIABILITY	.98	
MODEL RMSE	.22	TRUE SD	1.70	SEPARATION	7.61	ITEM RELIABILITY	.98	
S.E. OF ITEM MEAN = .77								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -1.00 (approximate due to missing data)

Tabelle Anhang 81 DIF TPK

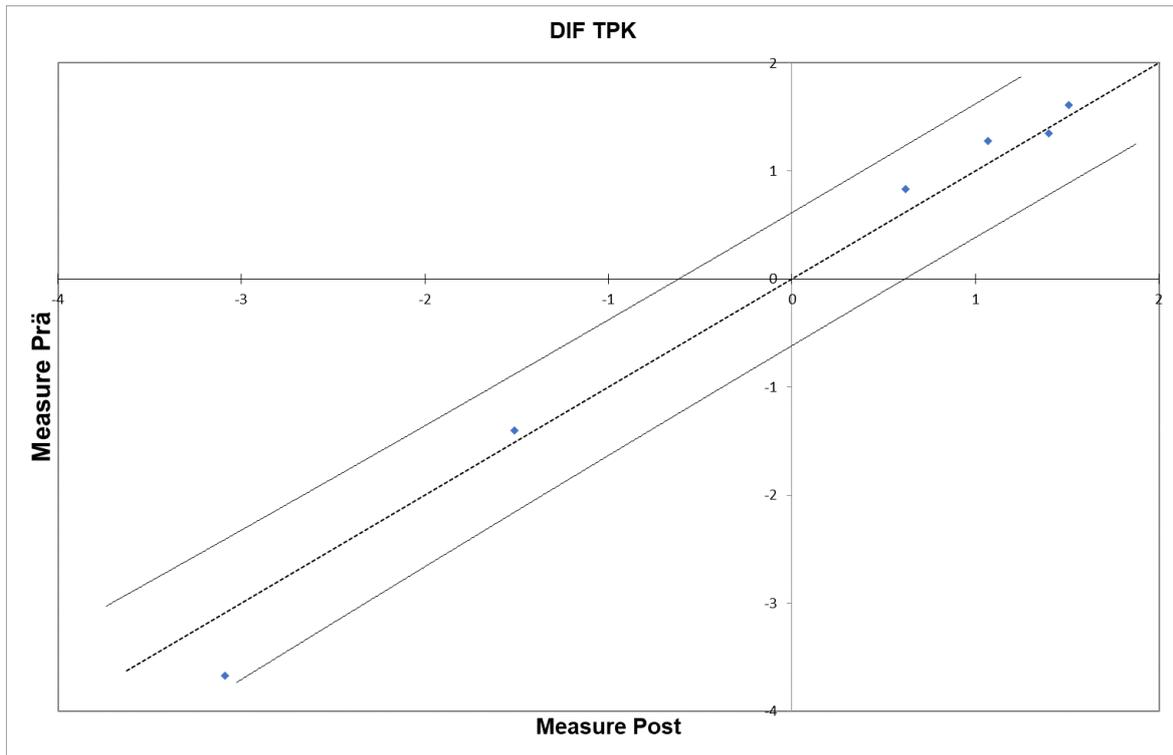


Tabelle Anhang 82 Itemfit TPK Posttest

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 53 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.50 REL.: .86 ... ITEM: REAL SEP.: 7.24 REL.: .98

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	INFIT ZSTD	OUTFIT MNSQ	OUTFIT ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM
1	213	53	-3.09A	.25	1.44	2.02	1.49	2.09	A .62	.77	56.6	63.9	-.05	TP20_POS
3	132	51	.62A	.22	1.14	.73	1.14	.75	B .77	.81	54.9	56.0	.09	TP22_POS
2	175	52	-1.51A	.23	.95	-.22	.96	-.16	C .80	.80	59.6	59.3	.26	TP21_POS
6	117	51	1.51A	.21	.87	-.65	.85	-.73	c .85	.81	62.7	55.9	-.10	TP25_POS
5	122	51	1.40A	.21	.75	-1.35	.74	-1.40	b .88	.81	70.6	55.3	-.22	TP24_POS
4	125	52	1.07A	.21	.35	-4.52	.34	-4.64	a .92	.81	80.8	55.5	.04	TP23_POS
MEAN	147.3	51.7	.00	.22	.91	-.66	.92	-.68			64.2	57.6	.00	
P.SD	35.1	.7	1.71	.01	.34	2.03	.36	2.09			9.0	3.1	.00	

Tabelle Anhang 83 Personen TPK Posttest

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 53 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.50 REL.: .86 ... ITEM: REAL SEP.: 7.24 REL.: .98

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
26	26	6	4.99	.82	.07	-2.33	.08	-1.56	.95	.61	100.0	73.9	oa25 1
13	25	6	4.35	.77	.35	-1.14	.39	-.86	.81	.65	83.3	70.0	HC04 3
21	24	6	3.79	.73	.82	-.14	1.32	.68	.00	.67	66.7	61.3	NE13 2
43	24	6	3.79	.73	.82	-.14	1.32	.68	.00	.67	66.7	61.3	TH25 1
14	23	6	3.27	.70	5.39	4.22	4.98	4.01	.41	.68	33.3	57.2	HK12 3
35	23	6	3.27	.70	1.12	.39	1.28	.65	.16	.68	16.7	57.2	SA09 3
41	23	6	3.27	.70	.68	-.45	.65	-.55	.74	.68	50.0	57.2	SM22 3
54	23	6	3.27	.70	.53	-.84	.53	-.84	.93	.68	83.3	57.2	ZR24 2
18	22	6	2.80	.68	.59	-.64	.67	-.48	.60	.69	50.0	58.7	NB21 1
40	22	6	2.80	.68	.52	-.83	.57	-.74	.95	.69	83.3	58.7	SJ25 1
50	22	6	2.80	.68	.26	-1.69	.28	-1.70	.92	.69	83.3	58.7	ZB26 2
3	21	6	2.34	.67	2.74	2.21	3.08	2.57	-.69	.70	16.7	60.6	DG22 1
4	21	6	2.34	.67	.36	-1.27	.39	-1.21	.77	.70	66.7	60.6	DI16 3
5	21	6	2.34	.67	.81	-.14	.92	.05	.71	.70	66.7	60.6	EG14 1
6	21	6	2.34	.67	.14	-2.22	.17	-2.13	.98	.70	100.0	60.6	FA15 1
39	21	6	2.34	.67	.14	-2.22	.17	-2.13	.98	.70	100.0	60.6	SI24 2
32	20	6	1.91	.65	.13	-2.27	.15	-2.23	.95	.71	100.0	59.7	RI23 3
1	19	6	1.50	.63	.45	-1.01	.49	-.90	.81	.71	83.3	57.7	AE14 2
11	19	6	1.50	.63	.85	-.06	1.06	.29	.39	.71	83.3	57.7	GJ11 2
34	19	6	1.50	.63	.52	-.81	.54	-.76	.97	.71	50.0	57.7	RM23 1
42	19	6	1.50	.63	2.36	1.89	2.18	1.74	.72	.71	33.3	57.7	TB07 2
44	19	6	1.50	.63	.45	-1.01	.49	-.90	.81	.71	83.3	57.7	TI12 1
49	19	6	1.50	.63	.45	-1.01	.49	-.90	.81	.71	83.3	57.7	TV31 2
9	18	6	1.11	.62	.90	.01	.96	.11	.91	.72	33.3	53.9	GE16 1
17	18	6	1.11	.62	.76	-.27	.75	-.30	.63	.72	33.3	53.9	LC30 3
19	18	6	1.11	.62	1.88	1.42	1.65	1.16	.61	.72	50.0	53.9	NB27 1
25	18	6	1.11	.62	.95	.10	1.04	.26	.80	.72	33.3	53.9	NM20 1
36	18	6	1.11	.62	1.06	.29	1.24	.59	.00	.72	33.3	53.9	SE18 2
31	17	6	.73	.61	.23	-1.91	.24	-1.87	.93	.72	100.0	52.7	RI19 3
37	17	6	.73	.61	.23	-1.91	.24	-1.87	.93	.72	100.0	52.7	SG13 3
8	4	1	.55	1.77	.00	-1.59	.00	-1.59	.00	.00	100.0	68.8	FD02 2
20	16	6	.37	.60	.18	-2.23	.18	-2.20	.92	.73	83.3	53.1	NE07 3
45	16	6	.37	.60	.70	-.43	.81	-.18	.60	.73	50.0	53.1	TM29 1
47	16	6	.37	.60	.18	-2.23	.18	-2.20	.92	.73	83.3	53.1	TR05_a 3
7	15	6	.01	.60	.08	-3.04	.08	-2.97	.98	.74	100.0	54.5	FB31 2
22	15	6	.01	.60	3.65	3.19	3.84	3.30	.92	.74	.0	54.5	NG27 2
23	15	6	.01	.60	1.53	1.03	1.67	1.21	.94	.74	33.3	54.5	NI30 1
33	15	6	.01	.60	1.62	1.15	1.48	.95	.72	.74	50.0	54.5	RK23 3
15	14	6	-.36	.60	.99	.17	.97	.13	.88	.75	50.0	52.9	HW14 3
24	13	6	-.73	.61	1.18	.49	1.16	.46	.89	.77	16.7	50.9	NK30 3
38	13	6	-.73	.61	.49	-.96	.50	-.92	.80	.77	50.0	50.9	SH16 1
46	10	4	-.74	.75	.25	-1.42	.28	-1.31	.94	.76	75.0	52.8	TR05 3
30	11	5	-.78	.69	.85	-.05	.86	-.04	.80	.80	20.0	52.7	RG03 2
12	12	6	-1.11	.63	.67	-.46	.68	-.44	.76	.78	50.0	54.5	GT21 3
29	12	6	-1.11	.63	1.39	.80	1.45	.88	.98	.78	66.7	54.5	RE28 3
2	11	6	-1.52	.65	.28	-1.52	.26	-1.56	.93	.78	100.0	57.0	DB16 2
28	10	6	-1.95	.66	.49	-.81	.45	-.89	.95	.78	83.3	62.6	RB26 3
53	10	6	-1.95	.66	1.12	.40	1.17	.46	.90	.78	50.0	62.6	ZM02 3
10	9	6	-2.39	.67	.03	-3.02	.03	-2.96	.98	.77	100.0	64.7	GF06 1
27	9	6	-2.39	.67	.68	-.38	.77	-.18	.87	.77	66.7	64.7	OG25 3
52	8	6	-2.84	.67	1.31	.68	1.32	.69	.33	.76	50.0	62.4	ZE21 1
16	6	6	-3.75	.69	.46	-1.17	.50	-1.13	.78	.73	100.0	53.5	LA03 2
51	4	6	-4.79	.77	1.24	.57	.87	-.06	.95	.72	83.3	66.2	ZC31 2
MEAN	16.7	5.8	.80	.68	.87	-.46	.90	-.37			64.7	57.8	
P.SD	5.4	.7	2.08	.16	.93	1.44	.91	1.42			27.6	4.9	

Tabelle Anhang 84 Summary Statistik TPK Posttest

INPUT: 54 PERSON 6 ITEM REPORTED: 53 PERSON 6 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 53 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	16.7	5.8	.80	.68	.87	-.46	.90	-.37
SEM	.8	.1	.29	.02	.13	.20	.13	.20
P.SD	5.4	.7	2.08	.16	.93	1.44	.91	1.42
S.SD	5.5	.7	2.10	.16	.94	1.45	.92	1.44
MAX.	26.0	6.0	4.99	1.77	5.39	4.22	4.98	4.01
MIN.	4.0	1.0	-4.79	.60	.00	-3.04	.00	-2.97
REAL RMSE	.77	TRUE SD	1.93	SEPARATION	2.50	PERSON	RELIABILITY	.86
MODEL RMSE	.70	TRUE SD	1.96	SEPARATION	2.81	PERSON	RELIABILITY	.89
S.E. OF PERSON MEAN = .29								

LACKING RESPONSES: 1 PERSON  
 PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .95 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .93 SEM = 1.42  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .99

SUMMARY OF 6 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	147.3	51.7	.00	.22	.91	-.66	.92	-.68
SEM	15.7	.3	.77	.01	.15	.91	.16	.93
P.SD	35.1	.7	1.71	.01	.34	2.03	.36	2.09
S.SD	38.4	.8	1.88	.01	.37	2.22	.39	2.29
MAX.	213.0	53.0	1.51	.25	1.44	2.02	1.49	2.09
MIN.	117.0	51.0	-3.09	.21	.35	-4.52	.34	-4.64
REAL RMSE	.23	TRUE SD	1.70	SEPARATION	7.24	ITEM	RELIABILITY	.98
MODEL RMSE	.22	TRUE SD	1.70	SEPARATION	7.64	ITEM	RELIABILITY	.98
S.E. OF ITEM MEAN = .77								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -1.00 (approximate due to missing data)

### 13.10.6 Skala TPACK

Tabelle Anhang 85 Itemfit TPACK Prätest

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.37 REL.: .85 ... ITEM: REAL SEP.: 4.79 REL.: .96

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
8	54	49	2.22	.23	1.29	1.42	1.28	1.30	A .67	.72	42.9	59.7	TP09
6	89	52	.85	.22	1.08	.49	1.09	.53	B .69	.75	69.2	55.8	TP07
3	135	54	-1.17	.22	1.08	.49	1.05	.34	C .73	.72	68.5	57.8	TP04
2	145	54	-1.68	.23	.96	-.17	.93	-.27	D .65	.71	51.9	58.5	TP03
4	120	54	-.45	.22	.94	-.26	.91	-.43	d .74	.73	70.4	58.5	TP05
7	101	51	.10	.22	.87	-.64	.84	-.79	c .77	.74	72.5	57.9	TP08
5	99	51	.20	.22	.86	-.68	.86	-.66	b .78	.74	62.7	57.5	TP06
1	112	54	-.07	.22	.83	-.88	.83	-.89	a .83	.74	68.5	58.4	TP02
MEAN	106.9	52.4	.00	.22	.99	-.03	.98	-.11			63.3	58.0	
P.SD	26.6	1.8	1.12	.01	.15	.73	.15	.72			9.8	1.1	

Tabelle Anhang 86 Korrelationen TPACK

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORRELATION	ENTRY NUMBER	ENTRY ITEM	ENTRY NUMBER	ENTRY ITEM
.45	3	TP04	4	TP05
.39	7	TP08	8	TP09
.26	2	TP03	3	TP04
.10	5	TP06	7	TP08
-.61	4	TP05	7	TP08
-.54	3	TP04	7	TP08
-.46	3	TP04	8	TP09
-.40	2	TP03	8	TP09
-.38	4	TP05	8	TP09
-.32	2	TP03	6	TP07
-.31	1	TP02	3	TP04
-.31	4	TP05	5	TP06
-.27	5	TP06	6	TP07
-.24	3	TP04	6	TP07
-.21	2	TP03	7	TP08
-.16	3	TP04	5	TP06
-.16	2	TP03	5	TP06
-.15	1	TP02	8	TP09
-.14	1	TP02	2	TP03
-.14	4	TP05	6	TP07

**Tabelle Anhang 87 Dimensionen TPACK**

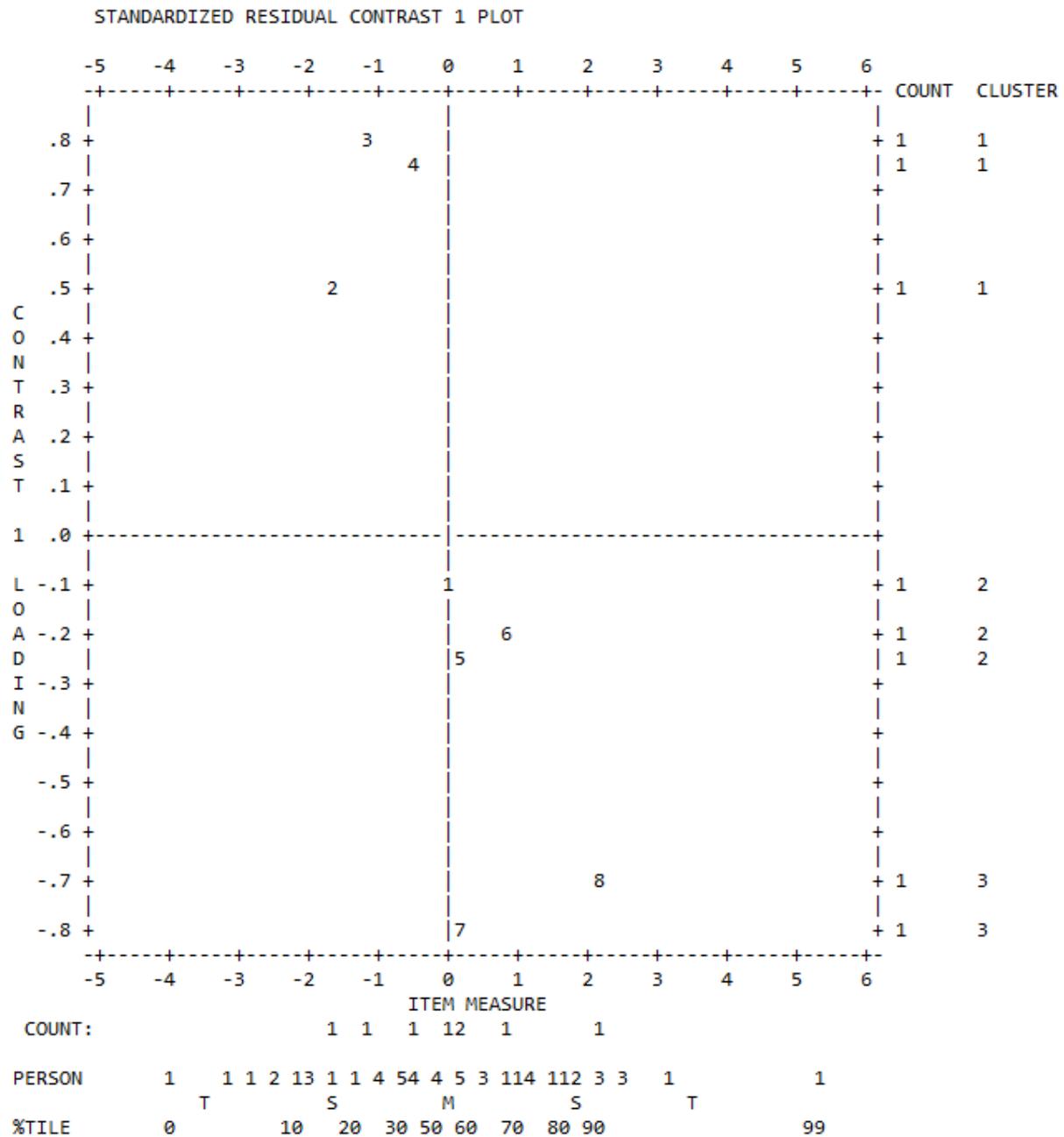
INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

---

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	21.9250	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	13.9250	63.5%	63.0%
Raw variance explained by persons =	9.5900	43.7%	43.4%
Raw Variance explained by items =	4.3350	19.8%	19.6%
Raw unexplained variance (total) =	8.0000	36.5%	100.0% 37.0%
Unexplned variance in 1st contrast =	2.6348	12.0%	32.9%
Unexplned variance in 2nd contrast =	1.3962	6.4%	17.5%
Unexplned variance in 3rd contrast =	1.1545	5.3%	14.4%
Unexplned variance in 4th contrast =	.9990	4.6%	12.5%
Unexplned variance in 5th contrast =	.8868	4.0%	11.1%

Tabelle Anhang 88 Cluster Plot TPACK



Approximate relationships between the PERSON measures

PCA Contrast	ITEM Clusters	Pearson Correlation	Disattenuated Correlation	Pearson+Extr Correlation	Disattenuated+Extr Correlation	Cluster Sizes
1	1 - 3	0.3438	0.4711			3 2
1	1 - 2	0.5654	0.7398			3 3
1	2 - 3	0.7169	0.9720			3 2

Tabelle Anhang 89 Personen TPACK Prätest

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.37 REL.: .85 ... ITEM: REAL SEP.: 4.79 REL.: .96

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ ZSTD	OUTFIT MNSQ ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON			
36	30	8	5.34	.87	.46	-.88	.34	-.71	.79	.46	87.5	80.3	SE18	2
40	20	6	3.11	.74	.27	-1.77	.29	-1.74	.87	.42	100.0	63.1	SJ25	1
3	24	8	2.51	.61	.46	-1.22	.44	-1.31	.00	.56	75.0	61.9	DG22	1
11	24	8	2.51	.61	.46	-1.22	.44	-1.31	.00	.56	75.0	61.9	GJ11	2
21	24	8	2.51	.61	.46	-1.22	.44	-1.31	.00	.56	75.0	61.9	NE13	2
18	21	7	2.17	.65	4.04	3.51	3.74	3.31	.56	.42	42.9	61.0	NB21	1
6	23	8	2.15	.60	.18	-2.43	.19	-2.41	.75	.56	100.0	60.9	FA15	1
13	23	8	2.15	.60	1.27	.66	1.23	.61	.76	.56	50.0	60.9	HC04	3
8	22	8	1.80	.59	2.73	2.55	2.72	2.56	.62	.57	12.5	60.0	FD02	2
30	22	8	1.80	.59	.75	-.37	.69	-.54	.27	.57	75.0	60.0	RG03	2
32	17	6	1.62	.68	2.10	1.66	2.21	1.78	.24	.45	33.3	60.0	RI23	3
43	21	8	1.46	.58	.44	-1.28	.45	-1.26	.60	.57	87.5	58.6	TH25	1
7	16	6	1.17	.67	1.30	.67	1.38	.78	.87	.45	33.3	58.4	FB31	2
5	20	8	1.13	.57	3.16	3.00	3.01	2.85	.62	.58	50.0	55.8	EG14	1
17	20	8	1.13	.57	.45	-1.25	.43	-1.31	.82	.58	50.0	55.8	LC30	3
31	20	8	1.13	.57	.41	-1.41	.39	-1.47	.85	.58	75.0	55.8	RI19	3
33	17	7	.92	.61	.77	-.29	.82	-.18	.35	.61	71.4	55.9	RK23	3
42	19	8	.81	.56	.93	.02	.93	.01	.17	.58	37.5	56.1	TB07	2
22	18	8	.49	.56	1.86	1.56	1.85	1.54	.82	.59	37.5	57.5	NG27	2
29	18	8	.49	.56	.60	-.79	.58	-.83	.86	.59	62.5	57.5	RE28	3
39	18	8	.49	.56	1.08	.32	1.06	.29	.61	.59	37.5	57.5	SI24	2
2	12	5	.22	.71	.17	-1.93	.17	-1.91	.93	.40	100.0	58.3	DB16	2
20	17	8	.18	.56	.13	-2.82	.13	-2.80	.94	.59	100.0	58.4	NE07	3
28	17	8	.18	.56	.50	-1.10	.48	-1.15	.69	.59	75.0	58.4	RB26	3
41	17	8	.18	.56	.51	-1.06	.50	-1.08	.85	.59	75.0	58.4	SM22	3
50	17	8	.18	.56	.47	-1.18	.47	-1.18	.69	.59	75.0	58.4	ZB26	2
26	16	8	-.12	.55	.54	-.98	.55	-.95	.00	.59	75.0	57.2	oa25	1
37	16	8	-.12	.55	.54	-.98	.55	-.95	.00	.59	75.0	57.2	SG13	3
44	16	8	-.12	.55	.54	-.98	.55	-.95	.00	.59	75.0	57.2	TI12	1
49	16	8	-.12	.55	.85	-.15	.84	-.18	.57	.59	50.0	57.2	TV31	2
34	15	8	-.42	.55	.67	-.61	.67	-.61	.53	.59	62.5	56.1	RM23	1
35	15	8	-.42	.55	.23	-2.20	.24	-2.18	.75	.59	87.5	56.1	SA09	3
38	15	8	-.42	.55	.23	-2.20	.24	-2.18	.75	.59	87.5	56.1	SH16	1
48	15	8	-.42	.55	.89	-.07	.89	-.07	.62	.59	62.5	56.1	TS02	2
23	11	6	-.70	.63	2.27	1.86	2.27	1.88	-.27	.63	33.3	56.0	NI30	1
4	14	8	-.72	.55	.84	-.19	.85	-.16	.88	.59	50.0	55.0	DI16	3
12	14	8	-.72	.55	.59	-.84	.60	-.82	.85	.59	50.0	55.0	GT21	3
14	14	8	-.72	.55	1.46	.99	1.45	.98	.08	.59	50.0	55.0	HK12	3
45	14	8	-.72	.55	1.87	1.60	1.89	1.63	.61	.59	37.5	55.0	TM29	1
24	13	8	-1.02	.55	.51	-1.09	.52	-1.05	.92	.59	62.5	54.0	NK30	3
25	13	8	-1.02	.55	.72	-.48	.73	-.46	.81	.59	37.5	54.0	NM20	1
53	13	8	-1.02	.55	.99	.13	.97	.09	.67	.59	75.0	54.0	ZM02	3
54	13	8	-1.02	.55	5.56	4.99	5.53	4.98	.78	.59	.0	54.0	ZR24	2
27	12	8	-1.32	.55	.63	-.75	.64	-.72	.87	.59	75.0	53.0	OG25	3
1	11	8	-1.62	.55	.37	-1.59	.38	-1.58	.85	.58	87.5	55.3	AE14	2
10	10	8	-1.92	.55	.60	-.82	.62	-.75	.38	.58	62.5	57.4	GF06	1
19	10	8	-1.92	.55	2.31	2.16	2.22	2.07	.64	.58	25.0	57.4	NB27	1
46	10	8	-1.92	.55	.91	-.04	.90	-.06	.87	.58	62.5	57.4	TR05	3
47	9	8	-2.23	.56	.65	-.66	.72	-.50	.52	.57	75.0	58.6	TR05_a	3
15	8	8	-2.55	.57	.18	-2.55	.19	-2.49	.87	.56	100.0	58.1	HW14	3
16	8	8	-2.55	.57	.47	-1.23	.62	-.75	.00	.56	75.0	58.1	LA03	2
9	7	8	-2.88	.58	.65	-.67	.93	.02	.07	.55	62.5	57.3	GE16	1
51	6	8	-3.22	.60	.82	-.23	.78	-.30	.57	.53	50.0	58.9	ZC31	2
52	4	8	-4.01	.66	.44	-1.24	.45	-.89	.69	.47	87.5	65.1	ZE21	1
MEAN	15.8	7.8	.04	.58	.99	-.32	.98	-.29			63.5	58.0		
P.SD	5.2	.7	1.75	.06	1.01	1.55	.98	1.53			22.9	3.9		

Tabelle Anhang 90 Score Fähigkeiten Beziehung TPACK

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 8 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-7.30E	1.88	11	-1.62	.55	22	1.80	.59
1	-5.97	1.09	12	-1.32	.55	23	2.15	.60
2	-5.08	.83	13	-1.02	.55	24	2.52	.61
3	-4.49	.72	14	-.72	.55	25	2.89	.62
4	-4.01	.66	15	-.42	.55	26	3.28	.63
5	-3.60	.62	16	-.12	.55	27	3.70	.66
6	-3.23	.60	17	.18	.56	28	4.16	.70
7	-2.88	.58	18	.50	.56	29	4.68	.76
8	-2.55	.57	19	.81	.56	30	5.34	.88
9	-2.23	.56	20	1.13	.57	31	6.32	1.14
10	-1.92	.55	21	1.46	.58	32	7.75E	1.91

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=48.5326 USCALE=6.6447

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=15.5304 USCALE=2.1263

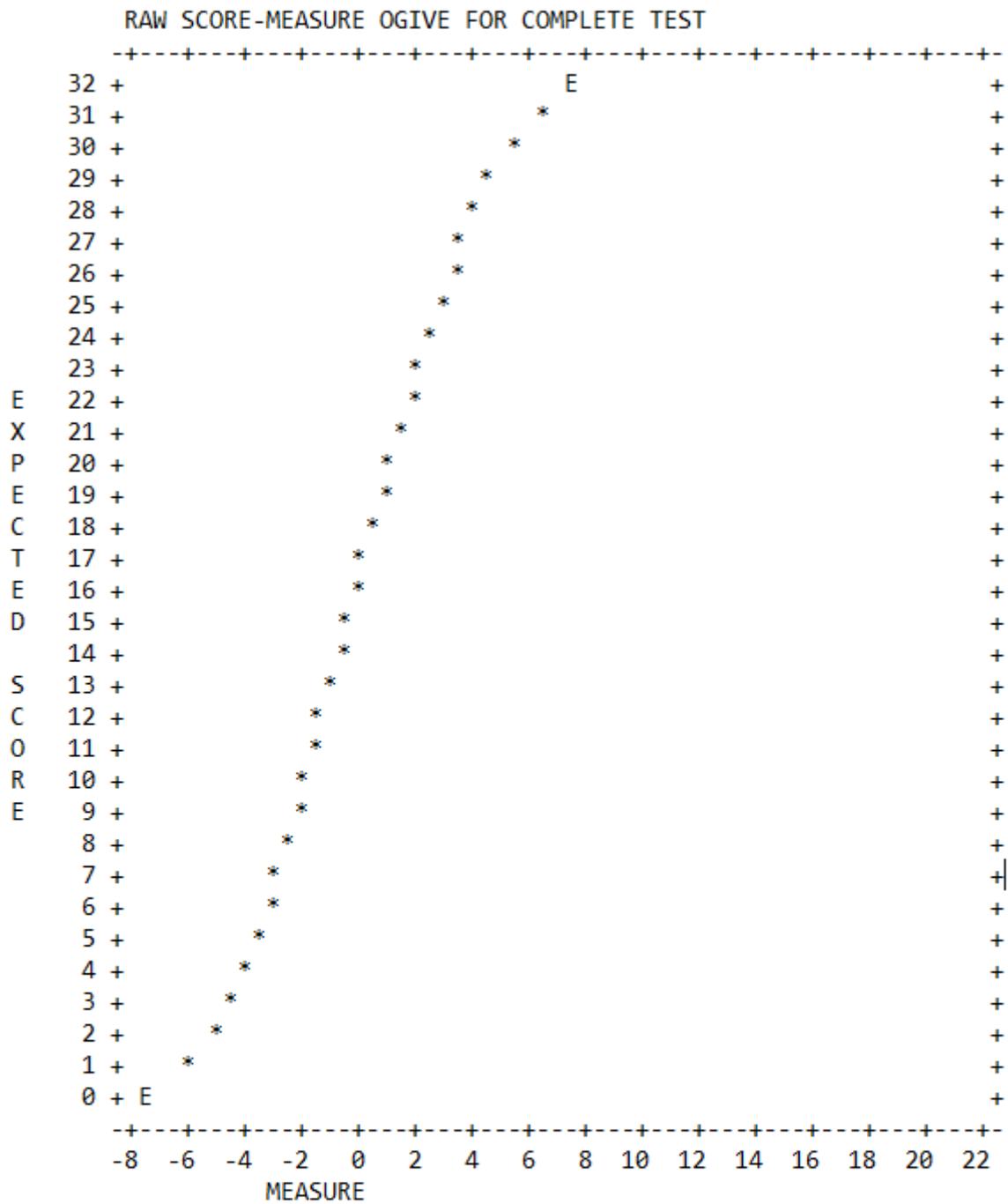
Predicting Score from Measure:  $Score = Measure * 2.6307 + 15.9831$

Predicting Measure from Score:  $Measure = Score * .3720 + -5.9452$

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 5.9

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .97

Tabelle Anhang 91 Ogive TPACK



PERSON	1	2242499362531	1
	T	S M S T	
%TILE	0	10 40 70 90	99
ITEM		1113 1 1	
		T S M S T	
%TILE		0 70 80 99	

Tabelle Anhang 92 Step Ordering TPACK

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA COUNT	%	ABILITY MEAN	P.SD	S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
1	0	0	4	7	-2.62	1.12	.65	1.1	1.1	-.43	TP02
	1	1	9	17	-1.70	.87	.31	.6	.5	-.44	
	2	2	24	44	-.11	.83	.17	.6	.5	-.07	
	3	3	13	24	1.45	1.07	.31	.8	.7	.45	
	4	4	4	7	2.86	1.44	.83	1.0	1.1	.46	
2	1	1	3	6	-3.14	.62	.44	.3	.3	-.44	TP03
	2	2	18	33	-.87	1.18	.29	1.1	1.1	-.37	
	3	3	26	48	.57	1.19	.24	.9	.9	.29	
	4	4	7	13	1.74	2.04	.83	1.7	1.5	.38	
3	1	1	9	17	-2.27	1.03	.36	.8	.7	-.59	TP04
	2	2	17	31	-.52	.72	.18	.7	.7	-.22	
	3	3	20	37	.88	1.27	.29	1.0	.9	.37	
	4	4	8	15	1.71	1.76	.66	1.6	1.6	.40	
4	0	0	1	2	-3.22	.00		.6	.6	-.26	TP05
	1	1	10	19	-1.90	1.09	.36	.7	.7	-.53	
	2	2	23	43	-.24	.82	.18	.6	.6	-.14	
	3	3	16	30	1.37	1.25	.32	.9	.8	.49	
	4	4	4	7	1.94	2.26	1.30	2.0	1.9	.31	
5	.	***	3	6#	1.11	1.56	1.10			.15	TP06
	0	0	3	6	-1.94	.76	.54	1.3	1.4	-.27	
	1	1	13	25	-1.53	1.41	.41	1.1	1.1	-.50	
	2	2	21	41	-.07	.87	.19	.6	.6	-.02	
	3	3	12	24	1.53	.81	.25	.6	.6	.50	
6	.	***	2	4#	-.24	.46	.46			-.03	TP07
	0	0	4	8	-1.19	2.22	1.28	2.9	3.1	-.20	
	1	1	18	35	-1.25*	1.16	.28	.8	.8	-.53	
	2	2	20	38	.28	.85	.19	.6	.6	.10	
	3	3	9	17	2.54	1.15	.41	.5	.5	.64	
7	.	***	3	6#	1.00	.59	.41			.13	TP08
	0	0	3	6	-2.31	1.25	.88	1.3	1.3	-.32	
	1	1	12	24	-1.63	1.26	.38	.9	.9	-.50	
	2	2	20	39	.02	.83	.19	.5	.5	.02	
	3	3	15	29	1.32	1.20	.32	1.0	1.0	.48	
8	.	***	5	9#	1.66	.97	.48			.30	TP09
	0	0	15	31	-1.32	1.27	.34	1.2	1.3	-.46	
	1	1	19	39	-.29	1.37	.32	1.5	1.5	-.07	
	2	2	10	20	.43	.83	.28	1.4	1.3	.17	
	3	3	5	10	2.94	1.23	.62	.7	.7	.60	

\* Average ability does not ascend with category score

# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 93 Kategorienstruktur TPACK

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	OBSERVED SCORE	OBSVD COUNT	SAMPLE %	AVRGE	SAMPLE EXPECT	INFIT MNSQ	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	30	7	-2.93	-3.25	1.39	1.39	NONE	( -4.73)
1	1	93	22	-1.85	-1.62	.84	.87	-3.56	-2.47
2	2	153	37	-.05	-.05	.76	.73	-1.32	-.14
3	3	116	28	1.74	1.53	.82	.81	1.01	2.46
4	4	27	6	2.99	3.45	1.58	1.48	3.87	( 5.01)
MISSING		13	3	.04					

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABLTY	COHERENCE M->C C->M	ESTIM DISCR
0	NONE		( -4.73) -INF -3.79		60% 30% 1.0311	0
1	-3.56	.24	-2.47 -3.79 -1.31	-3.65	64% 60% .5893	.73
2	-1.32	.15	-.14 -1.31 1.08	-1.32	61% 76% .4436	1.20
3	1.01	.14	2.46 1.08 4.01	1.04	67% 66% .5368	1.19
4	3.87	.25	( 5.01) 4.01 +INF	3.93	67% 30% 1.0798	.73

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 94 Summary Statistik TPACK Prätest

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 54 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	15.8	7.8	.04	.58	.99	-.32	.98	-.29
SEM	.7	.1	.24	.01	.14	.21	.13	.21
P.SD	5.2	.7	1.75	.06	1.01	1.55	.98	1.53
S.SD	5.2	.7	1.77	.06	1.02	1.57	.99	1.54
MAX.	30.0	8.0	5.34	.87	5.56	4.99	5.53	4.98
MIN.	4.0	5.0	-4.01	.55	.13	-2.82	.13	-2.80
REAL RMSE	.68	TRUE SD	1.61	SEPARATION	2.37	PERSON RELIABILITY	.85	
MODEL RMSE	.59	TRUE SD	1.65	SEPARATION	2.81	PERSON RELIABILITY	.89	
S.E. OF PERSON MEAN = .24								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .97 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .86 SEM = 1.96  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 8 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	106.9	52.4	.00	.22	.99	-.03	.98	-.11
SEM	10.0	.7	.42	.00	.06	.27	.06	.27
P.SD	26.6	1.8	1.12	.01	.15	.73	.15	.72
S.SD	28.4	1.9	1.20	.01	.16	.78	.16	.77
MAX.	145.0	54.0	2.22	.23	1.29	1.42	1.28	1.30
MIN.	54.0	49.0	-1.68	.22	.83	-.88	.83	-.89
REAL RMSE	.23	TRUE SD	1.10	SEPARATION	4.79	ITEM RELIABILITY	.96	
MODEL RMSE	.22	TRUE SD	1.10	SEPARATION	4.94	ITEM RELIABILITY	.96	
S.E. OF ITEM MEAN = .42								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -1.00 (approximate due to missing data)

## Tabelle Anhang 95 DIF Kennzahlen TPACK

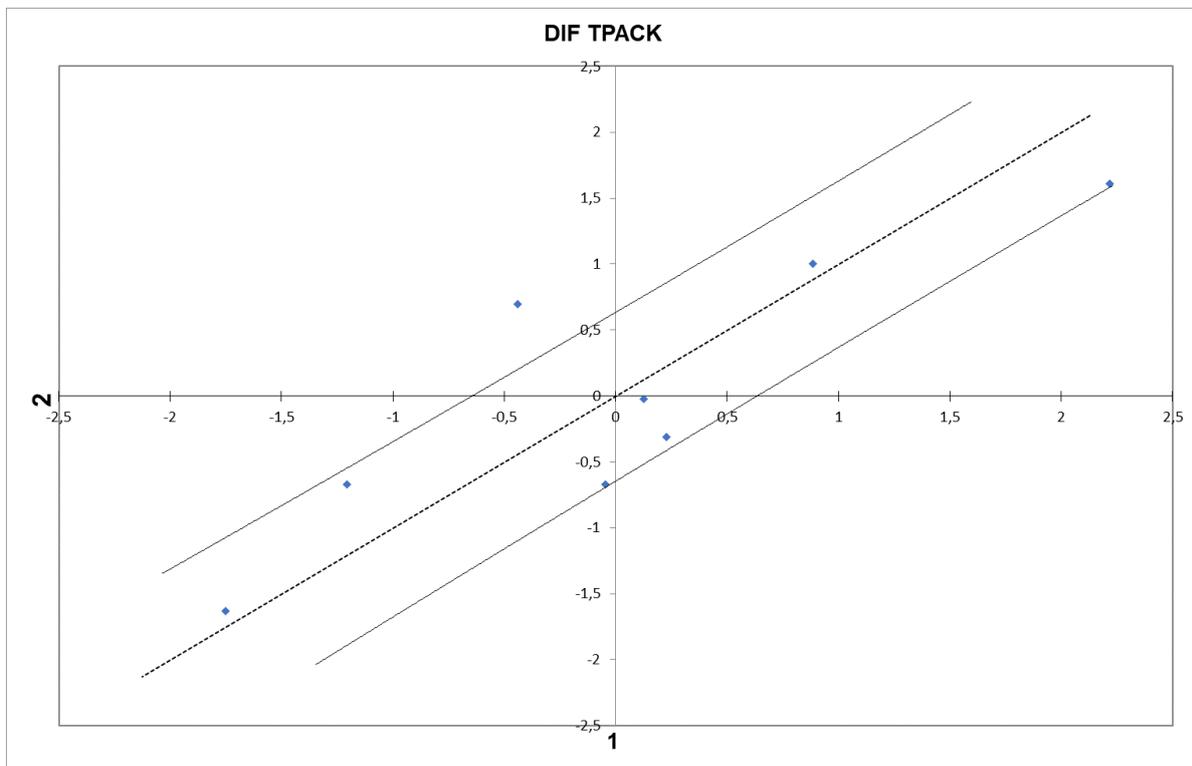
INPUT: 108 PERSON 8 ITEM REPORTED: 108 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

DIF class/group specification is: DIF= @ZEIT

PERSON CLASS/	Obs-Exp Average	DIF MEASURE	DIF S.E.	PERSON CLASS/	Obs-Exp Average	DIF MEASURE	DIF S.E.	DIF CONTRAST	JOINT S.E.	Rasch-Welch t	d.f.	Prob.	Mantel Chi-squ Prob.	Size CUMFLOR	Active Slices	ITEM Number	Name
1	-.11	-.05	.22	2	.11	-.67	.25	.62	.33	1.88	102	.0623	.4277	.5131	.37	15	1 TP02
1	.02	-1.75	.24	2	-.02	-1.63	.26	-.12	.35	-.35	102	.7283	.8168	.3661	.60	15	2 TP03
1	.09	-1.21	.23	2	-.09	-.67	.25	-.54	.34	-1.59	103	.1143	1.1557	.2824	-.63	15	3 TP04
1	.20	-.44	.22	2	-.21	-.69	.23	-1.13	.32	-3.53	103	.0006	5.4076	.0200	-1.38	15	4 TP05
1	-.10	.23	.22	2	.10	-.31	.24	.54	.33	1.64	100	.1051	1.5565	.2122	.74	15	5 TP06
1	.02	.88	.22	2	-.02	1.00	.23	-.12	.32	-.38	99	.7084	2.5834	.1080	-.79	15	6 TP07
1	-.03	.13	.22	2	.03	-.02	.24	.15	.33	-.45	100	.6523	.2780	.5980	.32	15	7 TP08
1	-.12	2.22	.23	2	.12	1.61	.23	.61	.33	1.88	95	.0636	2.4462	.1178	.82	15	8 TP09
2	.11	-.67	.25	1	-.11	-.05	.22	-.62	.33	-1.88	102	.0623	.4277	.5131	-.37	15	1 TP02
2	-.02	-1.63	.26	1	.02	-1.75	.24	.12	.35	.35	102	.7283	.8168	.3661	-.60	15	2 TP03
2	-.09	-.67	.25	1	.09	-1.21	.23	.54	.34	1.59	103	.1143	1.1557	.2824	.63	15	3 TP04
2	-.21	.69	.23	1	.20	-.44	.22	1.13	.32	3.53	103	.0006	5.4076	.0200	1.38	15	4 TP05
2	.10	-.31	.24	1	-.10	.23	.22	-.54	.33	-1.64	100	.1051	1.5565	.2122	-.74	15	5 TP06
2	-.02	1.00	.23	1	.02	.88	.22	-.12	.32	.38	99	.7084	2.5834	.1080	.79	15	6 TP07
2	.03	-.02	.24	1	-.03	.13	.22	-.15	.33	-.45	100	.6523	.2780	.5980	-.32	15	7 TP08
2	.12	1.61	.23	1	-.12	2.22	.23	-.61	.33	-1.88	95	.0636	2.4462	.1178	-.82	15	8 TP09

Width of Mantel slice: MHSlice = .010 logits, Zero cell adjustment: MHZERO = .0000

## Tabelle Anhang 96 DIF TPACK



**Tabelle Anhang 97 Itemfit TPACK Posttest**

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.45 REL.: .86 ... ITEM: REAL SEP.: 4.71 REL.: .96

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	DISPLACE	ITEM
8	105	51	2.22A	.22	1.17	.91	1.17	.88	A .77	.78	46.9	55.6	-.53	TP09_POS
4	129	54	.79	.22	1.12	.63	1.11	.61	B .71	.73	67.3	58.6	.00	TP05_POS
2	168	54	-1.68A	.25	.96	-.12	.97	-.02	C .61	.62	63.5	63.1	.39	TP03_POS
3	153	54	-1.17A	.24	.93	-.30	.92	-.29	D .73	.65	59.6	60.9	.73	TP04_POS
1	153	54	-.07A	.23	.85	-.72	.81	-.94	d .71	.70	69.2	59.6	-.39	TP02_POS
5	147	54	.20A	.23	.85	-.72	.84	-.77	c .73	.71	59.6	59.4	-.34	TP06_POS
6	119	52	.85A	.23	.66	-1.90	.62	-2.13	b .84	.74	74.0	58.4	.24	TP07_POS
7	142	54	.10A	.23	.52	-2.89	.53	-2.78	a .82	.71	76.9	59.6	.03	TP08_POS
MEAN	139.5	53.4	.16	.23	.88	-.64	.87	-.68			64.6	59.4	.00	
P.SD	19.2	1.1	1.14	.01	.20	1.18	.21	1.19			8.9	2.0	.00	

Tabelle Anhang 98 Personen TPACK Posttest

INPUT: 54 PERSON 8 ITEM REPORTED: 54 PERSON 8 ITEM 5 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.45 REL.: .86 ... ITEM: REAL SEP.: 4.71 REL.: .96

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
11	32	8	7.85	1.90	MAXIMUM				.00	.00	100.0	100.0	GJ11 2
13	32	8	7.85	1.90	MAXIMUM				.00	.00	100.0	100.0	HC04 3
54	31	8	6.45	1.13	.48	-.49	.22	-.37	.69	.33	87.5	87.7	ZR24 2
3	29	8	4.85	.76	.67	-.58	.60	-.47	.61	.47	87.5	70.2	DG22 1
30	26	8	3.45	.64	.84	-.19	.96	.08	.17	.54	75.0	63.3	RG03 2
42	26	8	3.45	.64	.52	-1.04	.56	-.95	.52	.54	75.0	63.3	TB07 2
44	26	8	3.45	.64	2.22	2.04	2.18	2.02	-.24	.54	25.0	63.3	TI12 1
25	23	7	3.23	.69	.58	-.77	.59	-.76	.43	.44	71.4	65.2	NM20 1
17	25	8	3.05	.62	.34	-1.67	.34	-1.69	.61	.55	75.0	63.0	LC30 3
41	25	8	3.05	.62	2.47	2.29	2.39	2.25	.56	.55	37.5	63.0	SM22 3
45	25	8	3.05	.62	.58	-.84	.65	-.67	.66	.55	75.0	63.0	TM29 1
9	24	8	2.67	.61	.60	-.76	.58	-.87	.54	.56	75.0	61.8	GE16 1
19	24	8	2.67	.61	1.46	.97	1.39	.87	.83	.56	50.0	61.8	NB27 1
21	24	8	2.67	.61	.45	-1.22	.46	-1.24	.00	.56	75.0	61.8	NE13 2
35	24	8	2.67	.61	.45	-1.22	.46	-1.24	.00	.56	75.0	61.8	SA09 3
36	24	8	2.67	.61	.45	-1.22	.46	-1.24	.00	.56	75.0	61.8	SE18 2
48	24	8	2.67	.61	.45	-1.22	.46	-1.24	.00	.56	75.0	61.8	TS02 2
24	23	8	2.31	.60	.63	-.70	.59	-.82	.21	.56	75.0	59.6	NK30 3
31	23	8	2.31	.60	.22	-2.21	.24	-2.17	.69	.56	100.0	59.6	RI19 3
53	23	8	2.31	.60	1.61	1.20	1.56	1.15	.57	.56	50.0	59.6	ZM02 3
18	20	7	2.16	.64	1.21	.55	1.22	.57	-.42	.58	71.4	60.2	NB21 1
1	22	8	1.96	.59	1.50	1.04	1.55	1.13	-.52	.57	62.5	58.3	AE14 2
8	22	8	1.96	.59	.44	-1.28	.45	-1.29	.54	.57	87.5	58.3	FD02 2
15	22	8	1.96	.59	.28	-1.96	.28	-1.98	.70	.57	87.5	58.3	HW14 3
26	22	8	1.96	.59	.38	-1.53	.39	-1.51	.87	.57	62.5	58.3	oa25 1
40	21	8	1.62	.58	1.12	.39	1.11	.38	.00	.57	75.0	57.5	SJ25 1
43	21	8	1.62	.58	.80	-.28	.74	-.43	.31	.57	75.0	57.5	th25 1
4	19	7	1.55	.62	.45	-1.17	.43	-1.23	.48	.46	71.4	57.5	DI16 3
6	20	8	1.29	.57	1.63	1.25	1.68	1.31	.08	.58	37.5	56.5	FA15 1
20	20	8	1.29	.57	.92	.01	1.00	.17	.80	.58	37.5	56.5	NE07 3
32	20	8	1.29	.57	.51	-1.07	.50	-1.11	.57	.58	62.5	56.5	RI23 3
33	20	8	1.29	.57	.51	-1.07	.50	-1.11	.57	.58	62.5	56.5	RK23 3
34	20	8	1.29	.57	.78	-.32	.81	-.25	.31	.58	62.5	56.5	RM23 1
39	20	8	1.29	.57	.59	-.83	.56	-.91	.73	.58	62.5	56.5	SI24 2
49	20	8	1.29	.57	.29	-1.91	.28	-1.94	.76	.58	87.5	56.5	TV31 2
5	19	8	.97	.56	4.81	4.34	4.77	4.30	.71	.58	.0	55.8	EG14 1
14	19	8	.97	.56	1.55	1.11	1.50	1.05	.47	.58	62.5	55.8	HK12 3
28	19	8	.97	.56	.60	-.79	.62	-.72	.46	.58	62.5	55.8	RB26 3
47	19	8	.97	.56	1.06	.28	1.06	.28	.43	.58	37.5	55.8	TR05_a 3
50	19	8	.97	.56	.81	-.25	.77	-.33	.79	.58	37.5	55.8	ZB26 2
7	18	8	.66	.56	.31	-1.80	.30	-1.83	.86	.59	87.5	58.3	FB31 2
37	18	8	.66	.56	1.13	.41	1.13	.42	.58	.59	75.0	58.3	SG13 3
2	17	8	.35	.56	.36	-1.58	.36	-1.58	.61	.59	75.0	59.3	DB16 2
16	16	8	.04	.55	.77	-.33	.78	-.32	.31	.59	62.5	58.2	LA03 2
38	16	8	.04	.55	.54	-.95	.56	-.90	.00	.59	62.5	58.2	SH16 1
52	16	8	.04	.55	.54	-.95	.56	-.90	.00	.59	62.5	58.2	ZE21 1
46	13	6	-.03	.64	.34	-1.40	.33	-1.41	.95	.47	83.3	57.9	TR05 3
12	15	8	-.26	.55	.25	-2.09	.25	-2.09	.84	.59	87.5	55.8	GT21 3
29	15	8	-.26	.55	1.15	.46	1.14	.43	.48	.59	37.5	55.8	RE28 3
23	14	8	-.56	.55	1.46	1.00	1.45	.98	.77	.59	50.0	53.6	NI30 1
27	12	8	-1.16	.55	.67	-.62	.68	-.60	.84	.59	50.0	53.1	OG25 3
22	11	8	-1.46	.55	1.80	1.51	1.77	1.48	.68	.59	25.0	54.2	NG27 2
10	10	8	-1.76	.55	.18	-2.57	.21	-2.41	.80	.59	87.5	57.9	GF06 1
51	8	8	-2.39	.57	.69	-.57	.68	-.60	.70	.58	62.5	58.2	ZC31 2
MEAN	20.7	7.9	1.76	.65	.87	-.40	.87	-.39			64.9	59.4	
P.SD	5.1	.3	1.98	.26	.75	1.29	.75	1.28			19.6	5.1	

Tabelle Anhang 99 Summary Statistik TPACK Posttest

SUMMARY OF 54 MEASURED (EXTREME AND NON-EXTREME) PERSON

	TOTAL	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
	SCORE				MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	20.7	7.9	1.76	.65				
SEM	.7	.0	.27	.04				
P.SD	5.1	.3	1.98	.26				
S.SD	5.1	.4	1.99	.26				
MAX.	32.0	8.0	7.85	1.90				
MIN.	8.0	6.0	-2.39	.55				
REAL RMSE	.75	TRUE SD	1.83	SEPARATION	2.45	PERSON RELIABILITY	.86	
MODEL RMSE	.70	TRUE SD	1.85	SEPARATION	2.65	PERSON RELIABILITY	.88	
S.E. OF PERSON MEAN = .27								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .97 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .89 SEM = 1.65  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 8 MEASURED (NON-EXTREME) ITEM

	TOTAL	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
	SCORE				MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	139.5	53.4	.16	.23	.88	-.64	.87	-.68
SEM	7.3	.4	.43	.00	.08	.44	.08	.45
P.SD	19.2	1.1	1.14	.01	.20	1.18	.21	1.19
S.SD	20.6	1.2	1.21	.01	.22	1.26	.22	1.27
MAX.	168.0	54.0	2.22	.25	1.17	.91	1.17	.88
MIN.	105.0	51.0	-1.68	.22	.52	-2.89	.53	-2.78
REAL RMSE	.24	TRUE SD	1.11	SEPARATION	4.71	ITEM RELIABILITY	.96	
MODEL RMSE	.23	TRUE SD	1.11	SEPARATION	4.79	ITEM RELIABILITY	.96	
S.E. OF ITEM MEAN = .43								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.94 (approximate due to missing data)

### 13.10.7 Skala DILAS

Tabelle Anhang 100 Itemfit DILAS Prätest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.22 REL.: .83 ... ITEM: REAL SEP.: 4.88 REL.: .96

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	ITEM
5	160	52	-1.18	.18	2.24	4.78	2.45	5.42	A .35	.72	48.1	49.8	TP15
3	55	43	1.69	.21	1.40	1.70	1.25	1.07	B .72	.74	46.5	51.3	TP13
1	165	52	-1.38	.19	1.29	1.40	1.21	1.07	C .69	.73	48.1	50.7	TP11
9	82	42	.63	.20	.89	-.48	.84	-.70	D .80	.76	52.4	47.3	TP19
6	153	50	-1.19	.19	.81	-.95	.79	-1.08	E .75	.72	46.0	49.7	TP16
4	68	44	1.20	.20	.77	-1.12	.75	-1.19	d .83	.75	54.5	48.4	TP14
8	96	48	.50	.18	.66	-1.92	.65	-1.95	c .80	.75	60.4	46.1	TP18
2	120	51	.05	.18	.63	-2.18	.61	-2.29	b .85	.76	60.8	47.3	TP12
7	122	48	-.33	.18	.34	-4.50	.38	-4.05	a .91	.74	75.0	47.7	TP17
MEAN	113.4	47.8	.00	.19	1.00	-.36	.99	-.41			54.6	48.7	
P.SD	38.4	3.7	1.04	.01	.54	2.53	.58	2.55			8.9	1.7	

Tabelle Anhang 101 Schlecht fittende Antworten DILAS Prätest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF POORLY FITTING ITEM (PERSON IN ENTRY ORDER)

NUMBER - NAME -- ----- MEASURE - INFIT (MNSQ) OUTFIT

5 TP15 -1.18 2.2 A 2.4  
 OBSERVED: 1: 3 3 1 4 3 3 M 2 4 3 1 2 4 4 3 3 1 4 1 1  
 Z-RESIDUAL: -2 -2 2 -4 -4 -2

OBSERVED: 21: 4 4 3 4 3 1 3 3 4 3 4 4 3 3 4 4 M 2 4 5  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 41: 1 2 4 5 3 4 3 4 3 4 2 2 5 3  
 Z-RESIDUAL: -2 2 2 2

3 TP13 1.69 1.4 B 1.2  
 OBSERVED: 1: 0 2 2 M 2 1 M M 1 0 2 0 1 1 0 0 3 0 0 3  
 Z-RESIDUAL: -3 2

OBSERVED: 21: 4 0 2 M 0 2 1 M M M M 4 2 0 3 2 M 1 1 2  
 Z-RESIDUAL:

OBSERVED: 41: 1 2 4 2 M 0 1 0 3 M 0 0 0 0  
 Z-RESIDUAL:

1 TP11 -1.38 1.3 C 1.2  
 OBSERVED: 1: 1 3 4 5 M 3 2 5 1 3 4 1 3 3 3 1 5 4 3 4  
 Z-RESIDUAL: -2

OBSERVED: 21: 4 2 4 2 4 3 3 3 4 2 M 4 2 3 4 4 5 2 4 5  
 Z-RESIDUAL: 2

OBSERVED: 41: 5 3 4 3 4 2 3 3 3 2 2 1 3 5  
 Z-RESIDUAL: 2 2

Tabelle Anhang 102 Itemfit nach Bereinigung DILAS Prätest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.73 REL.: .88 ... ITEM: REAL SEP.: 5.97 REL.: .97

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT MATCH OBS%	EXP%	ITEM
5	153	46	-2.22	.23	1.37	1.61	1.32	1.44	A .61	.75	43.5	57.2	TP15
1	160	51	-1.55	.21	1.36	1.69	1.27	1.34	B .75	.78	54.9	55.0	TP11
3	55	42	2.06	.23	1.25	1.13	1.14	.61	C .80	.80	42.9	55.8	TP13
6	153	50	-1.43	.21	1.17	.86	1.20	1.01	D .70	.77	48.0	54.6	TP16
9	82	42	.94	.22	1.03	.21	.96	-.12	E .83	.82	54.8	51.7	TP19
4	68	44	1.60	.22	.94	-.24	.91	-.35	d .83	.80	54.5	52.1	TP14
8	96	48	.75	.21	.82	-.91	.81	-.93	c .82	.80	52.1	51.9	TP18
2	120	51	.19	.20	.65	-1.99	.63	-2.08	b .88	.81	64.7	54.5	TP12
7	122	48	-.34	.21	.45	-3.36	.50	-2.91	a .90	.79	72.9	54.3	TP17
MEAN	112.1	46.9	.00	.22	1.00	-.11	.97	-.22			54.3	54.1	
P.SD	36.8	3.4	1.41	.01	.30	1.62	.27	1.44			9.1	1.8	

Tabelle Anhang 103 Korrelationen DILAS

LARGEST STANDARDIZED RESIDUAL CORRELATIONS  
USED TO IDENTIFY DEPENDENT ITEM

CORRELATION	ENTRY NUMBER	ITEM	ENTRY NUMBER	ITEM
.27	5	TP15	6	TP16
.25	3	TP13	4	TP14
.24	1	TP11	2	TP12
.24	6	TP16	7	TP17
.22	7	TP17	8	TP18
-.42	1	TP11	6	TP16
-.40	3	TP13	6	TP16
-.39	3	TP13	5	TP15
-.31	5	TP15	8	TP18
-.31	1	TP11	4	TP14
-.30	3	TP13	7	TP17
-.28	4	TP14	5	TP15
-.27	2	TP12	8	TP18
-.24	6	TP16	9	TP19
-.24	1	TP11	9	TP19
-.23	5	TP15	7	TP17
-.22	4	TP14	7	TP17
-.21	2	TP12	9	TP19
-.19	2	TP12	6	TP16
-.18	2	TP12	4	TP14

Tabelle Anhang 104 Dimensionen DILAS

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

Table of STANDARDIZED RESIDUAL variance in Eigenvalue units = ITEM information units

	Eigenvalue	Observed	Expected
Total raw variance in observations =	34.7262	100.0%	100.0%
Raw variance explained by measures =	25.7262	74.1%	73.7%
Raw variance explained by persons =	14.4815	41.7%	41.5%
Raw Variance explained by items =	11.2446	32.4%	32.2%
Raw unexplained variance (total) =	9.0000	25.9%	100.0%
Unexplned variance in 1st contrast =	2.0439	5.9%	22.7%
Unexplned variance in 2nd contrast =	1.7404	5.0%	19.3%
Unexplned variance in 3rd contrast =	1.5133	4.4%	16.8%
Unexplned variance in 4th contrast =	1.1076	3.2%	12.3%
Unexplned variance in 5th contrast =	.9583	2.8%	10.6%

Tabelle Anhang 105 Cluster Plot DILAS

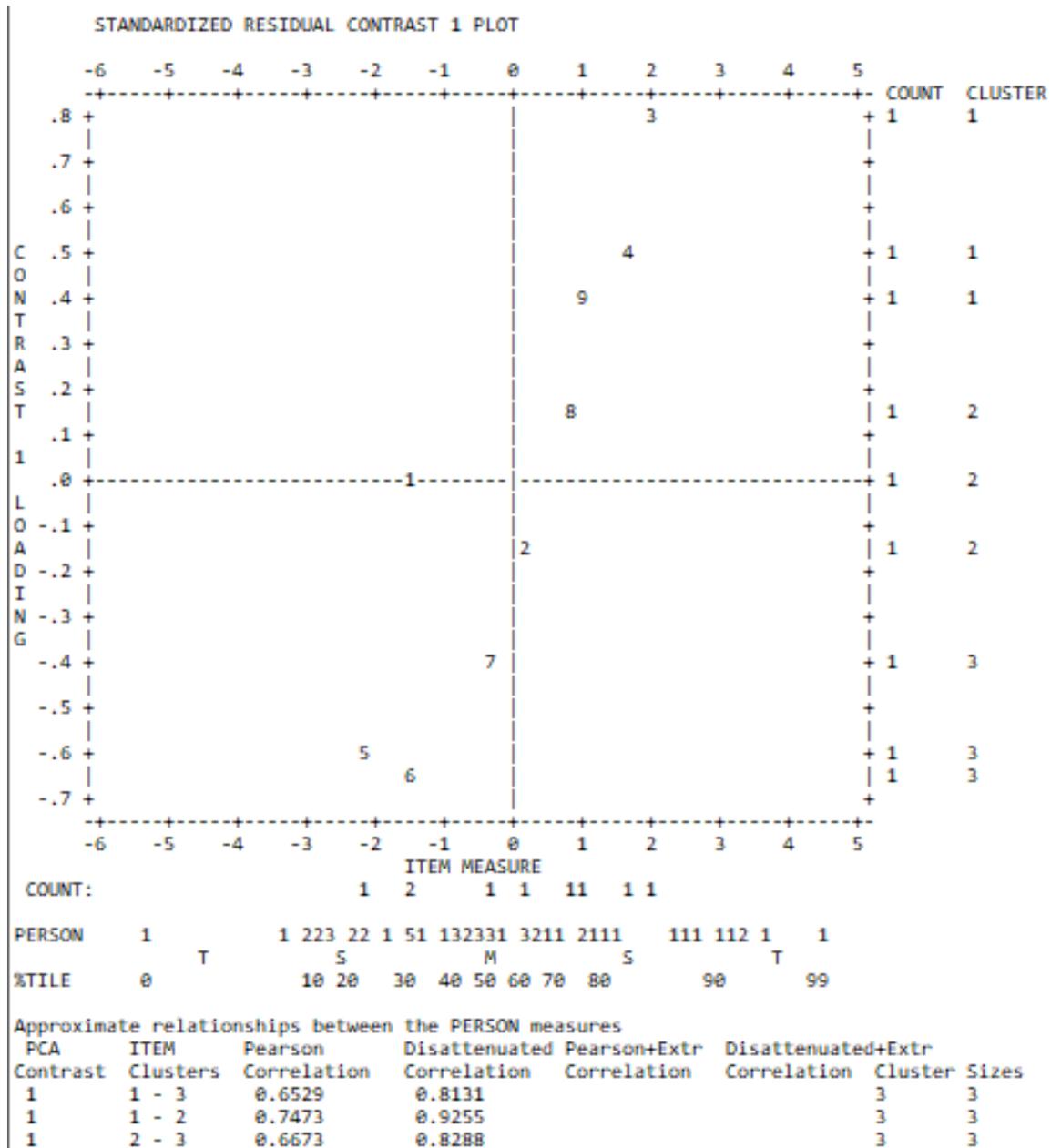


Tabelle Anhang 106 Personen DILAS Prätest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.73 REL.: .88 ... ITEM: REAL SEP.: 5.97 REL.: .97

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
37	9	2	4.51	1.43	.30	-.79	.31	-.79	1.00	.42	100.0	68.8	SG13 3 1
8	13	3	3.60	1.10	4.05	2.77	4.03	2.74	-.44	.39	33.3	58.3	FD02 2 1
21	36	9	3.41	.60	.57	-.95	.56	-.99	.00	.60	77.8	61.3	NE13 2 1
32	36	9	3.41	.60	.57	-.95	.56	-.99	.00	.60	77.8	61.3	RI23 3 2
18	32	8	3.14	.64	.77	-.35	.82	-.23	.38	.56	75.0	61.5	NB21 1 2
17	27	7	3.03	.67	.53	-.86	.54	-.83	.79	.55	71.4	63.3	LC30 3 2
40	34	9	2.72	.57	1.94	1.71	1.86	1.63	.82	.61	22.2	60.5	SJ25 1 1
11	29	8	2.53	.59	.59	-.75	.51	-1.00	.71	.57	75.0	60.8	GJ11 2 2
36	33	9	2.40	.56	1.25	.64	1.34	.79	.72	.62	44.4	60.2	SE18 2 1
43	30	9	1.52	.53	.93	.03	.72	-.45	.56	.65	66.7	59.3	th25 1 2
4	24	7	1.30	.61	.91	.03	1.11	.37	.62	.62	71.4	60.5	DI16 3 1
31	4	1	1.12	1.91	.00	-1.63	.00	-1.63	.00	.00	100.0	73.4	RI19 3 1
29	26	8	1.02	.55	.35	-1.52	.37	-1.43	.74	.62	75.0	58.9	RE28 3 1
35	28	9	.98	.51	.68	-.59	.58	-.86	.74	.67	55.6	57.7	SA09 3 1
5	18	6	.60	.61	.42	-1.08	.57	-.68	.71	.69	83.3	56.8	EG14 1 1
44	26	9	.49	.49	1.58	1.20	1.64	1.30	.74	.69	33.3	53.7	TI12 1 1
39	25	9	.26	.48	1.08	.31	1.01	.18	.86	.70	55.6	50.6	SI24 2 1
49	25	9	.26	.48	1.48	1.06	1.38	.89	.19	.70	33.3	50.6	TV31 2 2
20	21	8	.19	.50	1.28	.69	1.23	.60	.33	.66	37.5	47.9	NE07 3 2
45	21	7	.15	.56	.47	-1.08	.53	-.90	.58	.60	57.1	51.0	TM29 1 2
23	21	8	.12	.50	1.23	.61	1.24	.62	.69	.69	25.0	50.2	NI30 1 1
6	23	9	-.19	.47	.38	-1.64	.40	-1.60	.77	.71	77.8	50.5	FA15 1 1
13	22	9	-.41	.47	1.33	.81	1.25	.67	.83	.71	44.4	50.0	HC04 3 1
14	22	9	-.41	.47	.65	-.73	.65	-.75	.91	.71	55.6	50.0	HK12 3 2
53	22	9	-.41	.47	1.53	1.16	1.61	1.30	.85	.71	33.3	50.0	ZM02 3 2
28	17	6	-.46	.59	.51	-.87	.48	-.99	.41	.59	66.7	51.3	RB26 3 1
3	18	8	-.53	.49	.85	-.17	.94	.04	.62	.68	25.0	50.1	DG22 1 2
26	18	8	-.53	.49	.70	-.53	.76	-.37	.45	.68	50.0	50.1	oa25 1 1
33	21	9	-.63	.46	.86	-.17	.88	-.12	.55	.72	66.7	50.7	RK23 3 1
2	14	6	-.73	.58	.69	-.42	.64	-.55	.76	.78	50.0	53.2	DB16 2 2
50	16	6	-.79	.57	.92	.05	1.04	.25	.72	.60	50.0	50.5	ZB26 2 2
54	20	9	-.84	.46	2.61	2.63	2.61	2.62	.79	.72	22.2	50.9	ZR24 2 1
24	17	7	-.90	.53	1.19	.53	1.24	.61	.77	.69	28.6	51.3	NK30 3 1
22	19	9	-1.06	.46	.87	-.14	.96	.06	.86	.73	55.6	51.6	NG27 2 1
47	18	9	-1.27	.46	.27	-2.18	.27	-2.17	.88	.73	77.8	52.1	TR05_a 3 1
30	14	6	-1.43	.56	.32	-1.50	.33	-1.45	.72	.62	66.7	51.9	RG03 2 1
27	15	8	-1.46	.50	.26	-2.03	.25	-2.07	.90	.75	75.0	53.1	OG25 3 1
1	17	9	-1.48	.46	2.24	2.16	2.34	2.29	.47	.73	33.3	52.6	AE14 2 2
34	17	9	-1.48	.46	.46	-1.34	.46	-1.33	.88	.73	55.6	52.6	RM23 1 1
42	17	9	-1.48	.46	.96	.07	1.04	.24	.46	.73	33.3	52.6	TB07 2 1
48	15	9	-1.92	.47	1.42	.96	1.44	1.00	.96	.73	33.3	49.8	TS02 2 2
46	12	7	-2.10	.53	.89	-.06	.89	-.05	.88	.75	42.9	47.6	TR05 3 2
38	14	9	-2.14	.47	.49	-1.22	.50	-1.20	.76	.73	77.8	49.6	SH16 1 -9
41	9	6	-2.29	.58	1.79	1.33	1.92	1.51	.02	.75	50.0	50.0	SM22 3 1
9	13	9	-2.36	.48	1.29	.74	1.24	.64	.71	.72	33.3	51.0	GE16 1 2
19	12	9	-2.59	.48	1.73	1.47	1.68	1.41	.63	.72	22.2	51.8	NB27 1 1
25	12	9	-2.59	.48	1.28	.71	1.12	.40	.81	.72	66.7	51.8	NM20 1 2
7	3	2	-2.63	.98	.03	-1.86	.03	-1.86	1.00	.66	100.0	52.2	FB31 2 1
12	11	9	-2.82	.49	.52	-1.12	.50	-1.22	.76	.71	66.7	53.4	GT21 3 2
16	11	9	-2.82	.49	.92	-.03	.84	-.23	.85	.71	44.4	53.4	LA03 2 2
15	10	9	-3.06	.50	.95	.04	.84	-.21	.82	.70	55.6	54.4	HW14 3 2
51	10	9	-3.06	.50	.16	-2.81	.20	-2.57	.95	.70	100.0	54.4	ZC31 2 1
10	9	9	-3.32	.51	.95	.05	.81	-.27	.88	.69	44.4	54.1	GF06 1 1
52	3	9	-5.41	.72	.90	.04	.50	-.32	.71	.54	77.8	75.7	ZE21 1 2
MEAN	18.7	7.8	-.35	.58	.96	-.14	.95	-.15			56.5	54.6	
P.SD	8.0	1.9	2.08	.25	.69	1.19	.69	1.18			21.7	6.0	

Tabelle Anhang 107 Score Fähigkeiten Beziehung DILAS

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

TABLE OF MEASURES ON TEST OF 9 ITEM

SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.	SCORE	MEASURE	S.E.
0	-8.26E	1.88	16	-1.70	.47	32	2.10	.55
1	-6.91	1.10	17	-1.49	.46	33	2.41	.56
2	-6.02	.84	18	-1.27	.46	34	2.73	.57
3	-5.41	.72	19	-1.06	.46	35	3.06	.59
4	-4.94	.66	20	-.84	.46	36	3.42	.60
5	-4.54	.61	21	-.63	.46	37	3.79	.62
6	-4.19	.57	22	-.41	.47	38	4.19	.64
7	-3.88	.55	23	-.19	.47	39	4.62	.67
8	-3.59	.53	24	.03	.47	40	5.09	.70
9	-3.32	.51	25	.26	.48	41	5.59	.73
10	-3.07	.50	26	.49	.49	42	6.16	.78
11	-2.83	.49	27	.73	.50	43	6.84	.88
12	-2.59	.48	28	.98	.51	44	7.80	1.12
13	-2.36	.48	29	1.24	.52	45	9.17E	1.89
14	-2.14	.47	30	1.52	.53			
15	-1.92	.47	31	1.80	.54			

CURRENT VALUES, UIMEAN=.0000 USCALE=1.0000

TO SET MEASURE RANGE AS 0-100, UIMEAN=47.3901 USCALE=5.7368

TO SET MEASURE RANGE TO MATCH RAW SCORE RANGE, UIMEAN=21.3256 USCALE=2.5815

Predicting Score from Measure:  $Score = Measure * 3.3087 + 22.4674$

Predicting Measure from Score:  $Measure = Score * .2930 + -6.5817$

Maximum statistically different levels of performance (strata) = 7.7

Wright's Sample-independent Person (Test) Reliability based on maximum strata = .98

Tabelle Anhang 108 Ogive DILAS

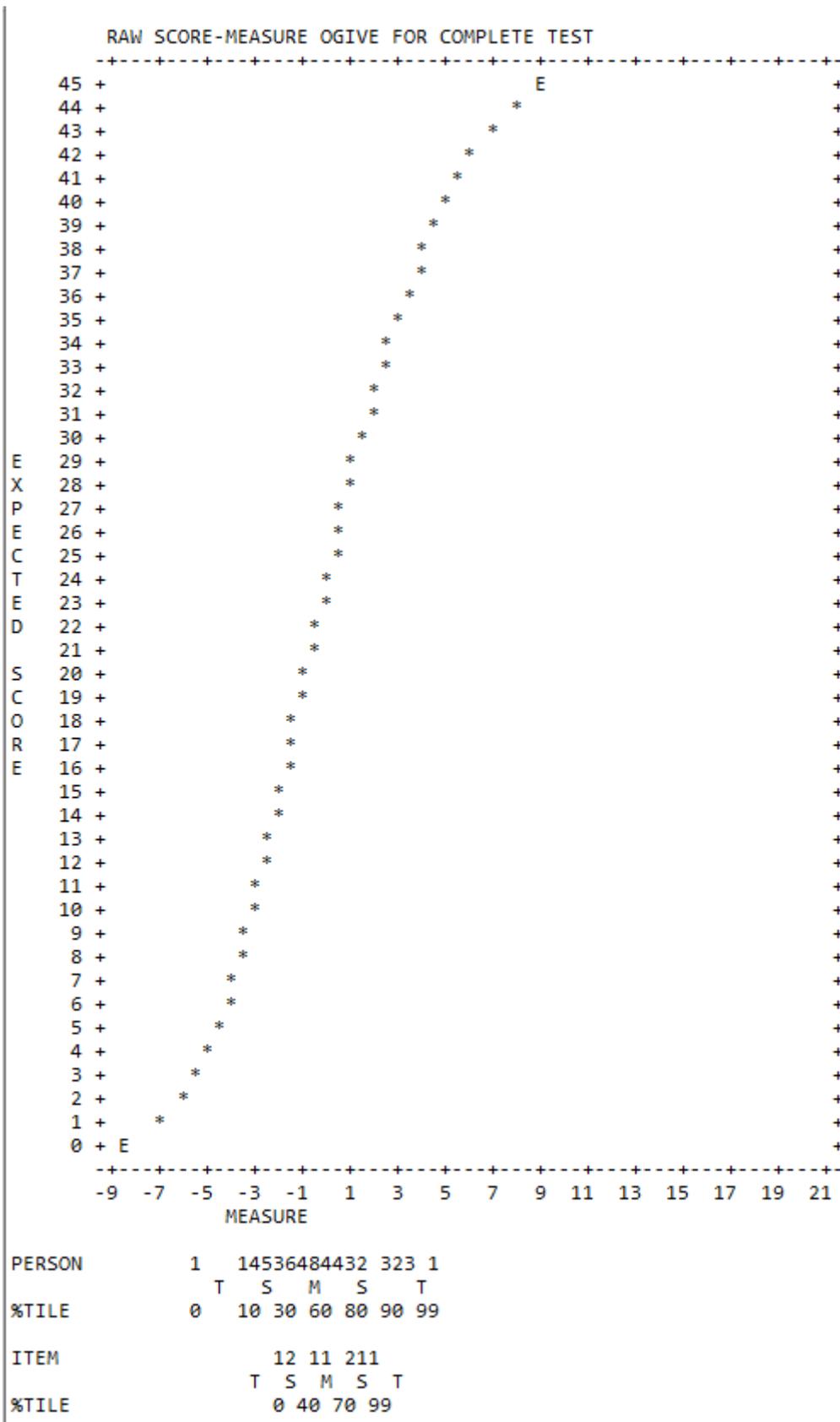


Tabelle Anhang 109 Step Ordering DILAS

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

ITEM CATEGORY/OPTION/DISTRACTOR FREQUENCIES: ENTRY ORDER

ENTRY NUMBER	DATA CODE	SCORE VALUE	DATA		ABILITY		S.E. MEAN	INFT MNSQ	OUTF MNSQ	PTMA CORR.	ITEM
			COUNT	%	MEAN	P.SD					
1	.	***	3	6#	-.19	1.50	1.06			.02	TP11
	1	1	5	10	-2.98	1.31	.65	1.2	1.2	-.41	
	2	2	9	18	-1.64	.83	.29	1.4	1.2	-.28	
	3	3	17	33	-1.12	1.07	.27	1.1	1.0	-.25	
	4	4	14	27	1.14	1.66	.46	1.1	1.0	.44	
5	5	5	6	12	2.39	1.74	.78	1.9	1.7	.48	
2	.	***	3	6#	-.74	1.53	1.08			-.05	TP12
	0	0	2	4	-4.24	1.17	1.17	.5	.5	-.38	
	1	1	14	27	-2.20	.67	.19	.5	.5	-.55	
	2	2	10	20	-.90	.84	.28	.7	.7	-.13	
	3	3	15	29	.36	.89	.24	.5	.5	.21	
4	4	9	18	2.51	1.49	.53	1.1	1.1	.62		
5	5	5	1	2	3.60	.00		1.0	1.0	.26	
3	.	***	12	22#	.72	2.07	.62			.27	TP13
	0	0	15	36	-2.33	1.19	.32	1.0	1.0	-.63	
	1	1	9	21	-1.14	.93	.33	.7	.6	-.13	
	2	2	11	26	.45	1.40	.44	1.2	1.0	.33	
	3	3	4	10	1.11	1.15	.66	1.6	1.6	.29	
4	4	3	7	2.78	.89	.63	1.2	1.2	.48		
4	.	***	10	19#	.77	2.19	.73			.26	TP14
	0	0	9	20	-2.85	1.15	.41	.8	.8	-.58	
	1	1	17	39	-1.11	.88	.22	.8	.7	-.20	
	2	2	6	14	-.33	1.14	.51	1.1	1.1	.06	
	3	3	9	20	1.15	1.34	.47	1.2	1.3	.45	
4	4	3	7	3.18	.32	.23	.5	.6	.52		
5	.	***	8	15#	1.27	2.33	.88			.33	TP15
	1	1	2	4	-2.44	.15	.15	1.8	1.8	-.20	
	2	2	5	11	-2.98*	1.33	.67	1.0	.9	-.43	
	3	3	18	39	-1.15	1.15	.28	1.2	1.1	-.22	
	4	4	18	39	.48	1.81	.44	1.4	1.4	.47	
5	5	3	7	.93	1.32	.93	1.9	2.0	.22		
6	.	***	4	7#	.78	2.55	1.47			.15	TP16
	0	0	1	2	-5.41	.00		.3	.4	-.35	
	1	1	3	6	-2.99	.30	.21	.6	.6	-.32	
	2	2	9	18	-1.73	.86	.31	1.1	1.1	-.30	
	3	3	18	36	-.53	1.52	.37	1.6	1.8	-.03	
4	4	17	34	.73	1.75	.44	1.4	1.4	.42		
5	5	2	4	2.56	.16	.16	1.1	1.2	.31		
7	.	***	6	11#	.73	2.61	1.17			.18	TP17
	0	0	1	2	-5.41	.00		.1	.2	-.37	
	1	1	7	15	-2.73	.40	.16	.3	.3	-.47	
	2	2	15	31	-1.46	.82	.22	.6	.6	-.33	
	3	3	17	35	.14	.73	.18	.3	.3	.23	
4	4	6	13	2.54	1.13	.50	.5	.4	.58		
5	5	2	4	2.77	.37	.37	1.0	1.1	.35		
8	.	***	6	11#	.91	2.57	1.15			.21	TP18
	0	0	3	6	-3.77	1.20	.85	.6	.5	-.43	
	1	1	13	27	-1.77	1.18	.34	1.3	1.1	-.39	
	2	2	18	38	-.59	1.13	.27	1.2	1.2	-.03	
	3	3	9	19	.63	1.14	.40	.8	.7	.28	
4	4	5	10	2.98	.43	.22	.3	.4	.61		
9	.	***	12	22#	-.07	2.18	.66			.07	TP19
	0	0	6	14	-2.78	1.41	.63	1.2	1.2	-.47	
	1	1	10	24	-1.67	1.22	.41	1.3	1.2	-.34	
	2	2	12	29	-.68	.91	.28	.8	.8	-.08	
	3	3	8	19	.94	1.15	.43	.8	.7	.32	
4	4	6	14	2.67	1.02	.46	1.0	.9	.62		

\* Average ability does not ascend with category score

# Missing % includes all categories. Scored % only of scored categories

Tabelle Anhang 110 Kategorienstruktur DILAS

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF CATEGORY STRUCTURE. Model="R"

CATEGORY LABEL	SCORE	OBSERVED COUNT	OBSVD %	SAMPLE AVRGE	INFINIT EXPECT	OUTFIT MNSQ	ANDRICH THRESHOLD	CATEGORY MEASURE
0	0	37	9	-4.32	-4.07	.73 .78	NONE	( -5.24)
1	1	80	19	-2.45	-2.54	.98 .89	-4.05	-3.11
2	2	95	23	-1.14	-1.14	.99 .95	-2.01	-1.29
3	3	115	27	.39	.37	.94 .93	-.60	.57
4	4	81	19	2.34	2.24	1.07 1.05	1.61	3.35
5	5	14	3	3.62	4.23	1.50 1.41	5.04	( 6.17)
MISSING		64	13	.14				

OBSERVED AVERAGE is mean of measures in category. It is not a parameter estimate.

CATEGORY LABEL	JMLE MEASURE	STRUCTURE S.E.	SCORE-TO-MEASURE AT CAT.	50% CUM. PROBABILITY	COHERENCE M->C	ESTIM DISCR	
0	NONE		( -5.24) -INF	-4.32	85% 46%	.7099	
1	-4.05	.22	-3.11 -4.32	-2.15	-4.16	53% 58%	.6837
2	-2.01	.16	-1.29 -2.15	-.43	-2.09	43% 52%	.6388
3	-.60	.15	.57 -.43	1.76	-.50	56% 58%	.6062
4	1.61	.17	3.35 1.76	5.13	1.68	64% 60%	.6746
5	5.04	.33	( 6.17) 5.13	+INF	5.07	40% 14%	1.0307

M->C = Does Measure imply Category?

C->M = Does Category imply Measure?

Tabelle Anhang 111 Summary Statistik DILAS Prätest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 54 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

SUMMARY OF 54 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	18.7	7.8	-.35	.58	.96	-.14	.95	-.15
SEM	1.1	.3	.29	.03	.09	.16	.09	.16
P.SD	8.0	1.9	2.08	.25	.69	1.19	.69	1.18
S.SD	8.1	2.0	2.10	.25	.69	1.20	.70	1.19
MAX.	36.0	9.0	4.51	1.91	4.05	2.77	4.03	2.74
MIN.	3.0	1.0	-5.41	.46	.00	-2.81	.00	-2.57
REAL RMSE	.72	TRUE SD	1.95	SEPARATION	2.73	PERSON RELIABILITY	.88	
MODEL RMSE	.63	TRUE SD	1.98	SEPARATION	3.12	PERSON RELIABILITY	.91	
S.E. OF PERSON MEAN = .29								

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .70 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .92 SEM = 2.24  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .98

SUMMARY OF 9 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	112.1	46.9	.00	.22	1.00	-.11	.97	-.22
SEM	13.0	1.2	.50	.00	.11	.57	.10	.51
P.SD	36.8	3.4	1.41	.01	.30	1.62	.27	1.44
S.SD	39.0	3.6	1.49	.01	.32	1.72	.29	1.53
MAX.	160.0	51.0	2.06	.23	1.37	1.69	1.32	1.44
MIN.	55.0	42.0	-2.22	.20	.45	-3.36	.50	-2.91
REAL RMSE	.23	TRUE SD	1.39	SEPARATION	5.97	ITEM RELIABILITY	.97	
MODEL RMSE	.22	TRUE SD	1.39	SEPARATION	6.39	ITEM RELIABILITY	.98	
S.E. OF ITEM MEAN = .50								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.98 (approximate due to missing data)  
 Global statistics: please see Table 44.  
 UMEAN=.0000 USCALE=1.0000

## Tabelle Anhang 112 DIF DILAS Tabelle

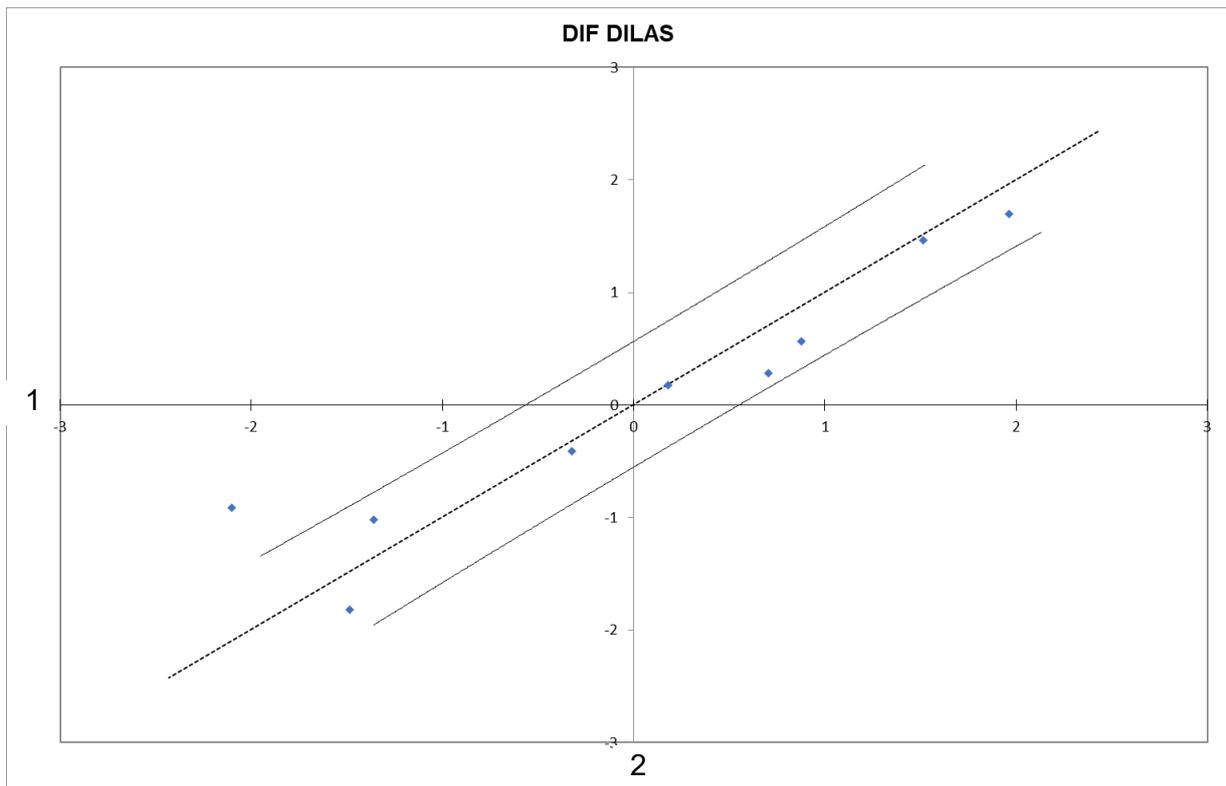
INPUT: 108 PERSON 9 ITEM REPORTED: 107 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

DIF class/group specification is: DIF= @ZEIT

PERSON CLASS/	Obs-Exp Average	DIF MEASURE	DIF S.E.	PERSON CLASS/	Obs-Exp Average	DIF MEASURE	DIF S.E.	DIF CONTRAST	JOINT S.E.	Rasch-Welch t	d.f.	Prob.	Mantel Chi-squ	Prob.	CUMLOR	Active Slices	ITEM Number	ITEM Name
1	-.07	-1.49	.21	2	.07	-1.82	.22	.33	.30	1.10	100	.2721	.5709	.4499	-.49	14	1	TP11
1	.00	.18	.20	2	-.01	.18	.20	.00	.28	.00	101	1.000	.1171	.7322	.21	14	2	TP12
1	-.07	1.96	.23	2	.06	1.70	.21	.27	.31	.85	82	.3958	1.1005	.2941	-.79	13	3	TP13
1	-.01	1.51	.22	2	.01	1.46	.20	.05	.29	.17	88	.8635	.1636	.6859	.27	14	4	TP14
1	.27	-2.10	.23	2	-.25	-.91	.21	-1.19	.31	-3.86	93	.0002	5.5654	.0183	-1.99	14	5	TP15
1	.08	-1.36	.21	2	-.07	-1.02	.21	-.34	.29	-1.14	100	.2551	.2116	.6455	-.31	14	6	TP16
1	-.02	-.32	.20	2	.02	-.41	.21	.09	.29	.29	94	.7703	.0147	.9034	-.09	14	7	TP17
1	-.11	.70	.20	2	.10	.28	.20	.42	.28	1.50	96	.1373	1.1414	.2854	.80	14	8	TP18
1	-.08	.88	.22	2	.07	.57	.20	.31	.30	1.04	86	.3011	1.0888	.2967	.71	14	9	TP19
2	.07	-1.82	.22	1	-.07	-1.49	.21	-.33	.30	-1.10	100	.2721	.5709	.4499	.49	14	1	TP11
2	-.01	.18	.20	1	.00	.18	.20	.00	.28	.00	101	1.000	.1171	.7322	-.21	14	2	TP12
2	.06	1.70	.21	1	-.07	1.96	.23	-.27	.31	-.85	82	.3958	1.1005	.2941	-.79	13	3	TP13
2	.01	1.46	.20	1	-.01	1.51	.22	-.05	.29	-.17	88	.8635	.1636	.6859	-.27	14	4	TP14
2	-.25	-.91	.21	1	.27	-2.10	.23	1.19	.31	3.86	93	.0002	5.5654	.0183	1.99	14	5	TP15
2	-.07	-1.02	.21	1	.08	-1.36	.21	.34	.29	1.14	100	.2551	.2116	.6455	.31	14	6	TP16
2	.02	-.41	.21	1	-.02	-.32	.20	-.09	.29	-.29	94	.7703	.0147	.9034	.09	14	7	TP17
2	-.10	.28	.20	1	-.11	.70	.20	-.42	.28	-1.50	96	.1373	1.1414	.2854	-.80	14	8	TP18
2	.07	.88	.22	1	-.08	.88	.22	-.31	.30	-1.04	86	.3011	1.0888	.2967	-.71	14	9	TP19

Width of Mantel slice: MHSlice = .010 logits, Zero cell adjustment: MHZERO = .0000

## Tabelle Anhang 113 DIF DILAS Graphik



**Tabelle Anhang 114 Itemfit DILAS Posttest**

PERSON: REAL SEP.: 2.36 REL.: .85 ... ITEM: REAL SEP.: 5.82 REL.: .97

ITEM STATISTICS: MISFIT ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ ZSTD	OUTFIT MNSQ ZSTD	PTMEASUR-AL CORR. EXP.	EXACT MATCH OBS% EXP%	DISPLACE	ITEM
5	161	53	-.36	.18	1.35 1.70	1.41 1.95	A .58 .71	41.5 48.8	.00	TP15_POS
6	169	53	-1.43A	.20	1.30 1.41	1.33 1.57	B .70 .68	47.2 55.1	.80	TP16_POS
1	183	52	-1.55A	.20	1.26 1.24	1.22 1.08	C .73 .68	53.8 55.8	.27	TP11_POS
3	78	43	2.06A	.20	1.23 1.08	1.25 1.13	D .74 .70	34.9 48.6	-.43	TP13_POS
9	117	48	.94A	.18	.93 -.31	.99 .02	E .69 .72	45.8 46.0	-.28	TP19_POS
2	139	53	.19A	.18	.88 -.61	.87 -.64	d .75 .72	50.9 48.6	.15	TP12_POS
4	96	49	1.60A	.18	.81 -1.00	.79 -1.12	c .80 .70	42.9 46.7	-.21	TP14_POS
8	132	51	.75A	.18	.64 -2.11	.64 -2.09	b .77 .72	45.1 46.6	-.31	TP18_POS
7	143	49	-.34A	.19	.36 -4.15	.38 -4.05	a .87 .72	71.4 49.0	.20	TP17_POS
MEAN	135.3	50.1	.21	.19	.97 -.30	.99 -.24		48.2 49.5	.00	
P.SD	32.2	3.1	1.18	.01	.32 1.82	.33 1.85		9.7 3.4	.00	

Tabelle Anhang 115 Personen DILAS Posttest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 53 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.0

PERSON: REAL SEP.: 2.36 REL.: .85 ... ITEM: REAL SEP.: 5.82 REL.: .97

PERSON STATISTICS: MEASURE ORDER

ENTRY NUMBER	TOTAL SCORE	TOTAL COUNT	JMLE MEASURE	MODEL S.E.	INFIT MNSQ	ZSTD	OUTFIT MNSQ	ZSTD	PTMEASUR-CORR.	AL-EXP.	EXACT OBS%	MATCH EXP%	PERSON
21	36	9	2.89	.53	.55	-.95	.58	-.93	.00	.59	55.6	57.8	NE13 2 1
11	35	9	2.62	.51	1.23	.59	1.37	.87	.11	.60	55.6	56.7	GJ11 2 2
40	35	9	2.62	.51	1.18	.50	1.16	.47	.73	.60	22.2	56.7	SJ25 1 1
35	28	7	2.37	.60	.70	-.43	.71	-.42	.33	.49	71.4	55.0	SA09 3 2
3	33	9	2.12	.49	.48	-1.16	.53	-1.05	.53	.62	66.7	52.8	DG22 1 1
14	32	9	1.88	.48	2.01	1.78	1.87	1.62	.41	.63	44.4	53.3	HK12 3 1
17	31	9	1.66	.47	1.19	.52	1.34	.81	.48	.64	44.4	52.7	LC30 3 2
32	31	9	1.66	.47	.56	-.94	.58	-.88	.54	.64	55.6	52.7	RI23 3 1
54	31	9	1.66	.47	1.28	.69	1.51	1.09	.40	.64	33.3	52.7	ZR24 2 1
41	27	8	1.45	.49	1.86	1.52	1.82	1.49	.23	.66	12.5	52.1	SM22 3 2
39	29	9	1.24	.45	.51	-1.10	.57	-.92	.85	.65	55.6	51.1	SI24 2 1
6	28	9	1.05	.44	.42	-1.44	.39	-1.55	.86	.66	66.7	48.8	FA15 1 1
24	28	9	1.05	.44	1.58	1.21	1.51	1.10	.60	.66	33.3	48.8	NK30 3 1
34	28	9	1.05	.44	1.14	.44	1.09	.34	.89	.66	22.2	48.8	RM23 1 1
43	28	9	1.05	.44	1.23	.62	1.08	.32	.57	.66	44.4	48.8	TH25 1 2
31	26	8	1.03	.48	.58	-.80	.55	-.90	.63	.60	62.5	49.6	RI19 3 1
13	27	9	.86	.44	.93	-.01	.89	-.09	.52	.67	55.6	49.1	HC04 3 1
22	27	9	.86	.44	.33	-1.82	.32	-1.84	.90	.67	55.6	49.1	NG27 2 2
36	27	9	.86	.44	.84	-.21	.90	-.06	.00	.67	55.6	49.1	SE18 2 1
50	27	9	.86	.44	.93	.01	.96	.07	.90	.67	33.3	49.1	ZB26 2 2
4	25	8	.81	.47	.46	-1.19	.48	-1.11	.55	.61	75.0	50.1	DI16 3 1
29	25	8	.81	.47	1.69	1.30	1.75	1.39	.27	.61	62.5	50.1	RE28 3 1
8	16	5	.69	.61	.78	-.16	.64	-.41	.66	.67	60.0	52.8	FD02 2 2
26	26	9	.67	.43	1.86	1.63	1.91	1.70	.16	.68	44.4	48.0	oa25 1 1
37	26	9	.67	.43	.99	-.13	1.10	.36	.83	.68	33.3	48.0	SG13 3 2
49	26	9	.67	.43	.79	-.33	.75	-.44	.50	.68	55.6	48.0	TV31 2 2
5	18	6	.60	.54	.31	-1.48	.35	-1.30	.83	.71	83.3	50.5	EG14 1 1
1	20	7	.56	.48	.76	-.34	.75	-.34	.00	.59	42.9	47.3	AE14 2 2
18	23	8	.39	.45	.43	-1.34	.42	-1.35	.73	.63	50.0	48.2	NB21 1 2
23	24	9	.31	.42	.60	-.88	.61	-.82	.75	.69	33.3	47.8	NI30 1 1
25	24	9	.31	.42	.91	-.06	1.20	.56	.64	.69	66.7	47.8	NM20 1 2
33	23	9	.13	.42	.88	-.13	1.01	.18	.49	.70	55.6	47.3	RK23 3 1
42	23	9	.13	.42	.49	-1.22	.49	-1.22	.70	.70	44.4	47.3	TB07 2 1
44	23	9	.13	.42	.83	-.25	.92	-.02	.80	.70	44.4	47.3	TI12 1 1
47	23	9	.13	.42	.48	-1.26	.46	-1.33	.81	.70	44.4	47.3	TR05_a 3 1
2	20	8	.13	.44	.53	-1.03	.54	-.98	.71	.71	37.5	46.8	DB16 2 2
15	22	9	-.05	.42	1.10	.37	1.21	.59	.54	.70	22.2	46.2	HW14 3 1
45	19	7	-.12	.47	1.80	1.44	1.86	1.50	-.05	.59	28.6	44.6	TM29 1 2
9	20	9	-.39	.41	2.13	2.05	2.24	2.19	.29	.70	44.4	45.6	GE16 1 2
19	18	8	-.45	.44	.37	-1.60	.41	-1.42	.95	.72	75.0	46.4	NB27 1 2
46	19	9	-.56	.41	.51	-1.19	.48	-1.27	.76	.71	44.4	45.3	TR05 3 2
38	18	9	-.74	.42	.77	-.41	.89	-.11	.47	.71	66.7	45.2	SH16 1 1
7	17	9	-.91	.42	.65	-.74	.58	-.95	.71	.70	44.4	46.7	FB31 2 1
20	17	9	-.91	.42	2.65	2.69	2.96	3.04	-.22	.70	22.2	46.7	NE07 3 2
53	17	9	-.91	.42	1.09	.33	1.10	.37	.79	.70	33.3	46.7	ZM02 3 2
30	11	5	-.97	.56	.53	-.73	.53	-.73	.71	.70	60.0	47.5	RG03 2 -9
28	15	7	-.98	.46	.72	-.44	.76	-.34	.58	.61	28.6	45.9	RB26 3 1
52	16	9	-1.08	.42	1.46	1.03	1.66	1.36	-.20	.70	44.4	47.2	ZE21 1 2
12	15	9	-1.26	.42	.74	-.47	.75	-.44	.78	.70	44.4	46.8	GT21 3 2
51	10	9	-2.22	.46	.22	-2.35	.25	-2.20	.92	.66	88.9	52.0	ZC31 2 1
16	9	9	-2.44	.47	1.41	.92	1.20	.55	.73	.65	44.4	52.9	LA03 2 1
27	9	9	-2.44	.47	1.12	.39	1.13	.42	.43	.65	55.6	52.9	OG25 3 1
10	7	9	-2.92	.51	.56	-.86	.57	-.79	.66	.61	55.6	57.5	GF06 1 -9
MEAN	23.0	8.5	.35	.46	.95	-.13	.98	-.07			48.7	49.5	
P.SD	6.9	1.0	1.28	.04	.53	1.08	.55	1.10			16.2	3.3	

Tabelle Anhang 116 Summary Statistik DILAS Posttest

INPUT: 54 PERSON 9 ITEM REPORTED: 53 PERSON 9 ITEM 6 CATS WINSTEPS 5.2.4.6

SUMMARY OF 53 MEASURED PERSON

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	23.0	8.5	.35	.46	.95	-.13	.98	-.07
SEM	1.0	.1	.18	.01	.07	.15	.08	.15
P.SD	6.9	1.0	1.28	.04	.53	1.08	.55	1.10
S.SD	7.0	1.0	1.30	.05	.53	1.09	.56	1.11
MAX.	36.0	9.0	2.89	.61	2.65	2.69	2.96	3.04
MIN.	7.0	5.0	-2.92	.41	.22	-2.35	.25	-2.20
REAL RMSE	.50	TRUE SD	1.18	SEPARATION	2.36	PERSON RELIABILITY	.85	
MODEL RMSE	.46	TRUE SD	1.20	SEPARATION	2.60	PERSON RELIABILITY	.87	
S.E. OF PERSON MEAN = .18								

LACKING RESPONSES: 1 PERSON

PERSON RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = .95 (approximate due to missing data)  
 CRONBACH ALPHA (KR-20) PERSON RAW SCORE "TEST" RELIABILITY = .90 SEM = 2.24  
 (approximate due to missing data)  
 STANDARDIZED (50 ITEM) RELIABILITY = .97

SUMMARY OF 9 MEASURED ITEM

	TOTAL SCORE	COUNT	MEASURE	MODEL S.E.	INFIT		OUTFIT	
					MNSQ	ZSTD	MNSQ	ZSTD
MEAN	135.3	50.1	.21	.19	.97	-.30	.99	-.24
SEM	11.4	1.1	.42	.00	.11	.64	.12	.65
P.SD	32.2	3.1	1.18	.01	.32	1.82	.33	1.85
S.SD	34.1	3.3	1.25	.01	.34	1.93	.35	1.96
MAX.	183.0	53.0	2.06	.20	1.35	1.70	1.41	1.95
MIN.	78.0	43.0	-1.55	.18	.36	-4.15	.38	-4.05
REAL RMSE	.20	TRUE SD	1.17	SEPARATION	5.82	ITEM RELIABILITY	.97	
MODEL RMSE	.19	TRUE SD	1.17	SEPARATION	6.22	ITEM RELIABILITY	.97	
S.E. OF ITEM MEAN = .42								

ITEM RAW SCORE-TO-MEASURE CORRELATION = -.97 (approximate due to missing data)

## 13.11 Korrelationen

Tabelle Anhang 117 Korrelationen Prätest

*Korrelationen*

		PF_ED_pra e	PF_EI_prae	PF_TPACK _prae	PF_DILAS_ prae	PF_TPK_pr ae	PF_TCK_pr ae	PF_TK_pra e
PF_ED_prae	Pearson-Korrelation	--						
	N	54						
PF_EI_prae	Pearson-Korrelation	,128	--					
	Sig. (2-seitig)	,355						
	N	54	54					
PF_TPACK_prae	Pearson-Korrelation	,230	,171	--				
	Sig. (2-seitig)	,094	,216					
	N	54	54	54				
PF_DILAS_prae	Pearson-Korrelation	,004	,135	,091**	--			
	Sig. (2-seitig)	,975	,329	<,001				
	N	54	54	54	54			
PF_TPK_prae	Pearson-Korrelation	,292*	,135	,564**	,400**	--		
	Sig. (2-seitig)	,032	,329	<,001	,003			
	N	54	54	54	54	54		
PF_TCK_prae	Pearson-Korrelation	,155	,064	,016**	,446**	,547**	--	
	Sig. (2-seitig)	,264	,648	<,001	<,001	<,001		
	N	54	54	54	54	54	54	
PF_TK_prae	Pearson-Korrelation	,161	,205	,481**	,516**	,604**	,499**	--
	Sig. (2-seitig)	,245	,138	<,001	<,001	<,001	<,001	
	N	54	54	54	54	54	54	54

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle Anhang 118 Korrelationen Posttest

*Korrelationen*

		PF_ED_post _geankert auf PF_ED_pra e	PF_EI_post _a	PF_TPACK _post_a	PF_DILAS_ post_a	PF_TPK_po st_a	PF_TCK_po st_a	PF_TK_post _a
PF_ED_post_geankert auf PF_ED_prae	Pearson-Korrelation	--						
	N	53						
PF_EI_post_a	Pearson-Korrelation	,320*	--					
	Sig. (2-seitig)	,019						
	N	53	53					
PF_TPACK_post_a	Pearson-Korrelation	,291*	,066	--				
	Sig. (2-seitig)	,034	,640					
	N	53	53	54				
PF_DILAS_post_a	Pearson-Korrelation	-,047	,041	,534**	--			
	Sig. (2-seitig)	,742	,771	<,001				
	N	52	52	53	53			
PF_TPK_post_a	Pearson-Korrelation	,003	,145	,569**	,782**	--		
	Sig. (2-seitig)	,982	,304	<,001	<,001			
	N	52	52	53	53	53		
PF_TCK_post_a	Pearson-Korrelation	,062	,186	,538**	,742**	,784**	--	
	Sig. (2-seitig)	,664	,187	<,001	<,001	<,001		
	N	52	52	53	53	53	53	
PF_TK_post_a	Pearson-Korrelation	,008	-,056	,501**	,559**	,655**	,639**	--
	Sig. (2-seitig)	,958	,692	<,001	<,001	<,001	<,001	
	N	52	52	53	53	53	53	53

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

## 13.12 Deskriptive Statistik und MANOVA

Tabelle Anhang 119 Deskriptive Statistik Skalen EI und ED Prä-Post

Statistiken		PF_ED_post _geankert auf			
		PF_ED_pra e	PF_ED_pra e	PF_EI_prae	PF_EI_post _a
N	Gültig	54	53	54	53
	Fehlend	0	1	0	1
	Mittelwert	1,2393	1,7134	-,0807	,1311
	Std.-Abweichung	1,61046	1,42718	1,32243	1,04500
	Minimum	-1,09	-,57	-5,02	-2,26
	Maximum	7,02	6,97	2,85	3,61

Tabelle Anhang 120 Deskriptive Statistik TPACK Skalen

Statistiken		PF_TPACK _prae	PF_TPACK _post_a	PF_DILAS_ prae	PF_DILAS_ post_a	PF_TPK_pr ae	PF_TPK_po st_a	PF_TCK_pr ae	PF_TCK_po st_a	PF_TK_pra e	PF_TK_post _a
N	Gültig	54	54	54	53	54	53	54	53	54	53
	Fehlend	0	0	0	1	0	1	0	1	0	1
	Mittelwert	,0346	1,7641	-,3489	,3515	,2372	,8034	-,9193	,0483	,6324	,8362
	Std.-Abweichung	1,76683	1,99493	2,09789	1,29708	1,96853	2,09546	1,42030	1,32325	1,56519	1,56849
	Minimum	-4,01	-2,39	-5,41	-2,92	-2,84	-4,79	-3,43	-3,43	-3,13	-2,47
	Maximum	5,34	7,85	4,51	2,89	4,36	4,99	2,56	2,63	4,85	6,95

Tabelle Anhang 121 Normalverteilung Skalen Prä-Post-Vergleich

	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
PF_ED_prae	,177	52	<,001	,899	52	<,001
PF_ED_post_a	,149	52	,006	,901	52	<,001
PF_EI_prae	,108	52	,187	,944	52	,016
PF_EI_post_a	,131	52	,026	,954	52	,041
PF_TPACK_prae	,074	52	,200 <sup>*</sup>	,987	52	,848
PF_TPACK_post_a	,126	52	,040	,928	52	,004
PF_DILAS_prae	,097	52	,200 <sup>*</sup>	,973	52	,294
PF_DILAS_post_a	,105	52	,200 <sup>*</sup>	,969	52	,193
PF_TPK_prae	,075	52	,200 <sup>*</sup>	,965	52	,126
PF_TPK_post_a	,095	52	,200 <sup>*</sup>	,982	52	,629
PF_TCK_prae	,098	52	,200 <sup>*</sup>	,979	52	,487
PF_TCK_post_a	,092	52	,200 <sup>*</sup>	,976	52	,362
PF_TK_prae	,078	52	,200 <sup>*</sup>	,986	52	,794
PF_TK_post_a	,084	52	,200 <sup>*</sup>	,944	52	,016

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

**Tabelle Anhang 122 Perzentile für Gruppeneinteilung Prä-Postvergleich**

*Statistiken*

		PF_ED_prae	PF_ED_post_a	PF_EI_prae	PF_EI_post_a	PF_TPACK_prae
N	Gültig	54	53	54	53	54
	Fehlend	0	1	0	1	0
Median		1,0800	1,4600	-0,0750	0,1800	-0,1200
Perzentile	33,333	0,3500	1,0700	-0,5400	-0,2600	-0,7200
	66,667	1,6267	2,2600	0,3200	0,4800	0,7033

		PF_TPACK_post_a	PF_DILAS_prae	PF_DILAS_post_a	PF_TPK_prae	PF_TPK_post_a
N	Gültig	54	54	53	54	53
	Fehlend	0	0	1	0	1
Median		1,5850	-0,5300	0,6000	0,1900	1,1100
Perzentile	33,333	0,9700	-1,4500	0,1300	-0,7300	0,0100
	66,667	2,3100	0,2367	0,8600	1,1100	1,5000

		PF_TCK_prae	PF_TCK_post_a	PF_TK_prae	PF_TK_post_a
N	Gültig	54	53	54	53
	Fehlend	0	1	0	1
Median		-1,0300	-0,0300	0,5000	0,6800
Perzentile	33,333	-1,4800	-0,4200	0,0600	-0,0300
	66,667	-0,6200	0,7600	1,3600	1,4300

**Tabelle Anhang 123 Verarbeitete Fälle Posttest**

*Verarbeitete Fälle*

	Gruppeneinteilung	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
PF_ED_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%
PF_EI_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%
PF_TPACK_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%
PF_DILAS_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%
PF_TPK_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%
PF_TCK_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%
PF_TK_post_a	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	16	94,1%	1	5,9%	17	100,0%
	Integriert	19	95,0%	1	5,0%	20	100,0%

Tabelle Anhang 124 Verarbeitete Fälle Prätest

Verarbeitete Fälle

	Gruppenzuteilung	Fälle					
		Gültig		Fehlend		Gesamt	
		N	Prozent	N	Prozent	N	Prozent
PF_ED_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
PF_EI_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
PF_TPACK_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
PF_DILAS_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
PF_TPK_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
PF_TCK_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%
PF_TK_prae	digitale Medien	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Inklusion	17	100,0%	0	0,0%	17	100,0%
	Integriert	20	100,0%	0	0,0%	20	100,0%

Tabelle Anhang 125 Test auf Normalverteilung Prätest

Tests auf Normalverteilung

	Gruppenzuteilung	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
PF_ED_prae	digitale Medien	,168	17	,200 <sup>*</sup>	,977	17	,923
	Inklusion	,198	17	,077	,885	17	,039
	Integriert	,125	20	,200 <sup>*</sup>	,964	20	,620
PF_EI_prae	digitale Medien	,083	17	,200 <sup>*</sup>	,969	17	,793
	Inklusion	,132	17	,200 <sup>*</sup>	,927	17	,197
	Integriert	,196	20	,043	,903	20	,048
PF_TPACK_prae	digitale Medien	,151	17	,200 <sup>*</sup>	,966	17	,751
	Inklusion	,103	17	,200 <sup>*</sup>	,971	17	,842
	Integriert	,098	20	,200 <sup>*</sup>	,982	20	,961
PF_DILAS_prae	digitale Medien	,124	17	,200 <sup>*</sup>	,977	17	,927
	Inklusion	,220	17	,028	,894	17	,053
	Integriert	,173	20	,117	,950	20	,365
PF_TPK_prae	digitale Medien	,098	17	,200 <sup>*</sup>	,958	17	,599
	Inklusion	,116	17	,200 <sup>*</sup>	,929	17	,210
	Integriert	,120	20	,200 <sup>*</sup>	,960	20	,551
PF_TCK_prae	digitale Medien	,162	17	,200 <sup>*</sup>	,943	17	,354
	Inklusion	,121	17	,200 <sup>*</sup>	,975	17	,900
	Integriert	,182	20	,080	,866	20	,010
PF_TK_prae	digitale Medien	,132	17	,200 <sup>*</sup>	,984	17	,984
	Inklusion	,199	17	,072	,907	17	,088
	Integriert	,165	20	,160	,950	20	,362

<sup>\*</sup> Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

<sup>a</sup> Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

## Tabelle Anhang 126 Test auf Normalverteilung Posttest

### Tests auf Normalverteilung

	Gruppenzuteilung	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Statistik	df	Signifikanz	Statistik	df	Signifikanz
PF_ED_post_a	digitale Medien	,203	17	,060	,795	17	,002
	Inklusion	,198	16	,095	,944	16	,397
	Integriert	,181	17	,142	,956	17	,552
PF_EI_post_a	digitale Medien	,161	17	,200 <sup>*</sup>	,933	17	,240
	Inklusion	,195	16	,104	,919	16	,163
	Integriert	,121	17	,200 <sup>*</sup>	,954	17	,530
PF_TPACK_post_a	digitale Medien	,111	17	,200 <sup>*</sup>	,985	17	,990
	Inklusion	,156	16	,200 <sup>*</sup>	,945	16	,411
	Integriert	,136	17	,200 <sup>*</sup>	,952	17	,493
PF_DILAS_post_a	digitale Medien	,150	17	,200 <sup>*</sup>	,951	17	,480
	Inklusion	,174	16	,200 <sup>*</sup>	,941	16	,363
	Integriert	,161	17	,200 <sup>*</sup>	,955	17	,543
PF_TPK_post_a	digitale Medien	,168	17	,200 <sup>*</sup>	,959	17	,610
	Inklusion	,157	16	,200 <sup>*</sup>	,919	16	,163
	Integriert	,130	17	,200 <sup>*</sup>	,927	17	,192
PF_TCK_post_a	digitale Medien	,107	17	,200 <sup>*</sup>	,970	17	,820
	Inklusion	,210	16	,058	,896	16	,069
	Integriert	,172	17	,193	,927	17	,197
PF_TK_post_a	digitale Medien	,130	17	,200 <sup>*</sup>	,958	17	,603
	Inklusion	,203	16	,078	,902	16	,085
	Integriert	,104	17	,200 <sup>*</sup>	,986	17	,991

\*. Dies ist eine untere Grenze der echten Signifikanz.

a. Signifikanzkorrektur nach Lilliefors

## Tabelle Anhang 127 Korrelationen Gruppenvergleich Prätest

### Korrelationen

		PF_ED_prae	PF_EI_prae	PF_TPACK_prae	PF_DILAS_prae	PF_TPK_prae	PF_TCK_prae	PF_TK_prae
PF_ED_prae	Pearson-Korrelation	--						
	N	54						
PF_EI_prae	Pearson-Korrelation	,128	--					
	Sig. (2-seitig)	,355						
	N	54	54					
PF_TPACK_prae	Pearson-Korrelation	,230	,171	--				
	Sig. (2-seitig)	,094	,216					
	N	54	54	54				
PF_DILAS_prae	Pearson-Korrelation	,004	,135	,691**	--			
	Sig. (2-seitig)	,975	,329	<,001				
	N	54	54	54	54			
PF_TPK_prae	Pearson-Korrelation	,292	,135	,564**	,400**	--		
	Sig. (2-seitig)	,032	,329	<,001	,003			
	N	54	54	54	54	54		
PF_TCK_prae	Pearson-Korrelation	,155	,064	,616**	,446**	,547**	--	
	Sig. (2-seitig)	,264	,648	<,001	<,001	<,001		
	N	54	54	54	54	54	54	
PF_TK_prae	Pearson-Korrelation	,161	,205	,481**	,516**	,604**	,499**	--
	Sig. (2-seitig)	,245	,138	<,001	<,001	<,001	<,001	
	N	54	54	54	54	54	54	54

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

\*\* Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle Anhang 128 Korrelation Prä-Post-Vergleich

Korrelationen		PF_ED_pra_e	PF_ED_post_a	PF_EI_prae_a	PF_EI_post_a	PF_TPACK_prae_a	PF_TPACK_post_a	PF_DILAS_prae_a	PF_DILAS_post_a	PF_TPK_prae_ae	PF_TPK_post_ae	PF_TOK_prae_ae	PF_TOK_post_ae
PF_ED_prae	Pearson-Korrelation												
	N	54											
PF_ED_post_a	Pearson-Korrelation	.429**											
	Sig. (2-seitig)	.001											
	N	53	53										
PF_EI_prae	Pearson-Korrelation	.128	.006										
	Sig. (2-seitig)	.366	.968										
	N	54	53	54									
PF_EI_post_a	Pearson-Korrelation	.160	.320	.897**									
	Sig. (2-seitig)	.284	.019	<.001									
	N	53	53	53	53								
PF_TPACK_prae	Pearson-Korrelation	.230	.149	.171	.157								
	Sig. (2-seitig)	.004	.288	.216	.262								
	N	54	53	54	53	54							
PF_TPACK_post_a	Pearson-Korrelation	.160	.291	.063	.066	.394**							
	Sig. (2-seitig)	.278	.034	.703	.640	.003							
	N	54	53	53	54	54	54						
PF_DILAS_prae	Pearson-Korrelation	.004	-.074	.136	-.088	.691**							
	Sig. (2-seitig)	.975	.597	.329	.839	<.001							
	N	54	53	54	53	54	54	54					
PF_DILAS_post_a	Pearson-Korrelation	.002	-.047	.078	.041	.566**	.534**						
	Sig. (2-seitig)	.989	.742	.577	.771	<.001	<.001						
	N	53	52	53	52	53	53	53	53				
PF_TPK_prae	Pearson-Korrelation	.292**	.105	.136	.060	.564**	.287**	.400**	.480**				
	Sig. (2-seitig)	.032	.464	.329	.721	<.001	.035	.003	<.001				
	N	54	53	54	53	54	54	54	53	54			
PF_TPK_post_a	Pearson-Korrelation	.003	.003	.178	.146	.502**	.589**	.470**	.782**	.498**			
	Sig. (2-seitig)	.986	.982	.203	.304	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001			
	N	53	52	53	52	53	53	53	53	53	53		
PF_TOK_prae	Pearson-Korrelation	.166	.148	.064	.039	.616**	.236	.446**	.442**	.547**	.388**		
	Sig. (2-seitig)	.204	.291	.648	.784	<.001	.085	<.001	<.001	<.001	.004		
	N	54	53	54	53	54	54	54	53	54	53	54	
PF_TOK_post_a	Pearson-Korrelation	.120	.062	.189	.188	.578**	.538**	.474**	.742**	.434**	.784**	.562**	
	Sig. (2-seitig)	.394	.864	.225	.187	<.001	<.001	<.001	<.001	.001	<.001	<.001	
	N	53	52	53	52	53	53	53	53	53	53	53	53
PF_TK_prae	Pearson-Korrelation	.161	.100	.205	.008	.481**	.308**	.516**	.491**	.604**	.553**	.469**	.536**
	Sig. (2-seitig)	.246	.474	.138	.962	<.001	.024	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	54	53	54	53	54	54	53	53	54	54	53	54
PF_TK_post_a	Pearson-Korrelation	.200	.008	.173	-.066	.515**	.501**	.419**	.569**	.503**	.665**	.462**	.839**
	Sig. (2-seitig)	.060	.968	.216	.892	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001	<.001
	N	53	52	53	52	53	53	53	53	53	53	53	53

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.01 (2-seitig) signifikant.

\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0.05 (2-seitig) signifikant.

## Tabelle Anhang 129 Multivariate Tests Prä-Post-Vergleich

*Multivariat<sup>a,b</sup>*

Innersubjekteffekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.
Messzeitpunkt	Pillai-Spur	,514	6,791 <sup>c</sup>	7,000	45,000	<,001
	Wilks-Lambda	,486	6,791 <sup>c</sup>	7,000	45,000	<,001
	Hotelling-Spur	1,056	6,791 <sup>c</sup>	7,000	45,000	<,001
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	1,056	6,791 <sup>c</sup>	7,000	45,000	<,001

a. Design: Konstanter Term

Innersubjektdesign: Messzeitpunkt

b. Die Tests basieren auf den gemittelten Variablen.

c. Exakte Statistik

Tabelle Anhang 130 Univariate Tests Prä-Post-Vergleich

Tests auf Univariate

Quelle	Maß		Typ III Quadratsum me	df	Mittel der Quadrate	F	Sig.
Messzeitpunkt	EI	Sphärizität angenommen	1,036	1	1,036	2,238	,141
		Greenhouse-Geisser	1,036	1,000	1,036	2,238	,141
		Huynh-Feldt (HF)	1,036	1,000	1,036	2,238	,141
		Untergrenze	1,036	1,000	1,036	2,238	,141
	ED	Sphärizität angenommen	6,000	1	6,000	4,385	,041
		Greenhouse-Geisser	6,000	1,000	6,000	4,385	,041
		Huynh-Feldt (HF)	6,000	1,000	6,000	4,385	,041
		Untergrenze	6,000	1,000	6,000	4,385	,041
	TPACK	Sphärizität angenommen	72,946	1	72,946	33,056	<,001
		Greenhouse-Geisser	72,946	1,000	72,946	33,056	<,001
		Huynh-Feldt (HF)	72,946	1,000	72,946	33,056	<,001
		Untergrenze	72,946	1,000	72,946	33,056	<,001
	DILAS	Sphärizität angenommen	11,214	1	11,214	8,178	,006
		Greenhouse-Geisser	11,214	1,000	11,214	8,178	,006
		Huynh-Feldt (HF)	11,214	1,000	11,214	8,178	,006
		Untergrenze	11,214	1,000	11,214	8,178	,006
	TCK	Sphärizität angenommen	23,162	1	23,162	28,901	<,001
		Greenhouse-Geisser	23,162	1,000	23,162	28,901	<,001
		Huynh-Feldt (HF)	23,162	1,000	23,162	28,901	<,001
		Untergrenze	23,162	1,000	23,162	28,901	<,001
	TPK	Sphärizität angenommen	9,523	1	9,523	4,510	,039
		Greenhouse-Geisser	9,523	1,000	9,523	4,510	,039
		Huynh-Feldt (HF)	9,523	1,000	9,523	4,510	,039
		Untergrenze	9,523	1,000	9,523	4,510	,039
	TK	Sphärizität angenommen	1,153	1	1,153	1,786	,187
		Greenhouse-Geisser	1,153	1,000	1,153	1,786	,187
		Huynh-Feldt (HF)	1,153	1,000	1,153	1,786	,187
		Untergrenze	1,153	1,000	1,153	1,786	,187
Fehler(Messzeitpunkt)	EI	Sphärizität angenommen	23,610	51	,463		
		Greenhouse-Geisser	23,610	51,000	,463		
		Huynh-Feldt (HF)	23,610	51,000	,463		
		Untergrenze	23,610	51,000	,463		
	ED	Sphärizität angenommen	69,778	51	1,368		
		Greenhouse-Geisser	69,778	51,000	1,368		
		Huynh-Feldt (HF)	69,778	51,000	1,368		
		Untergrenze	69,778	51,000	1,368		
	TPACK	Sphärizität angenommen	112,546	51	2,207		
		Greenhouse-Geisser	112,546	51,000	2,207		
		Huynh-Feldt (HF)	112,546	51,000	2,207		
		Untergrenze	112,546	51,000	2,207		
	DILAS	Sphärizität angenommen	69,927	51	1,371		
		Greenhouse-Geisser	69,927	51,000	1,371		
		Huynh-Feldt (HF)	69,927	51,000	1,371		
		Untergrenze	69,927	51,000	1,371		
	TCK	Sphärizität angenommen	40,872	51	,801		
		Greenhouse-Geisser	40,872	51,000	,801		
		Huynh-Feldt (HF)	40,872	51,000	,801		
		Untergrenze	40,872	51,000	,801		
	TPK	Sphärizität angenommen	107,697	51	2,112		
		Greenhouse-Geisser	107,697	51,000	2,112		
		Huynh-Feldt (HF)	107,697	51,000	2,112		
		Untergrenze	107,697	51,000	2,112		
	TK	Sphärizität angenommen	32,928	51	,646		
		Greenhouse-Geisser	32,928	51,000	,646		
		Huynh-Feldt (HF)	32,928	51,000	,646		
		Untergrenze	32,928	51,000	,646		

## Tabelle Anhang 131 Levene Test Gruppenvergleich Prätest

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen<sup>a</sup>

		Levene- Statistik	df1	df2	Sig.
PF_ED_prae	Basiert auf dem Mittelwert	3,117	2	50	,053
	Basiert auf dem Median	1,795	2	50	,177
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	1,795	2	34,938	,181
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	2,905	2	50	,064
PF_EI_prae	Basiert auf dem Mittelwert	1,881	2	50	,166
	Basiert auf dem Median	1,535	2	50	,225
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	1,535	2	37,074	,229
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	1,726	2	50	,188
PF_TPACK_prae	Basiert auf dem Mittelwert	1,297	2	50	,282
	Basiert auf dem Median	1,102	2	50	,340
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	1,102	2	42,094	,341
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	1,365	2	50	,265
PF_DILAS_prae	Basiert auf dem Mittelwert	,092	2	50	,912
	Basiert auf dem Median	,135	2	50	,874
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	,135	2	49,725	,874
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,108	2	50	,898
PF_TPK_prae	Basiert auf dem Mittelwert	3,549	2	50	,056
	Basiert auf dem Median	3,449	2	50	,060
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	3,449	2	45,611	,050
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	3,582	2	50	,055
PF_TCK_prae	Basiert auf dem Mittelwert	,624	2	50	,540
	Basiert auf dem Median	,607	2	50	,549
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	,607	2	43,812	,549
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,636	2	50	,534
PF_TK_prae	Basiert auf dem Mittelwert	3,280	2	50	,056
	Basiert auf dem Median	2,906	2	50	,064
	Basierend auf dem Median und mit angepassten df	2,906	2	45,326	,065
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	3,083	2	50	,055

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

<sup>a</sup> Design: Konstanter Term + Gruppe\_post

Tabelle Anhang 132 Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen Gruppenvergleich Prätest

Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen<sup>a</sup>

Box' M	75,817
F	1,073
df1	56
df2	6673,237
Sig.	,330

Prüft die Nullhypothese, dass die beobachteten Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.

a. Design:  
Konstanter Term +  
Gruppe\_post

Tabelle Anhang 133 Multivariate Tests Gruppenvergleich Prätest

Multivariate Tests<sup>a</sup>

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	Pillai-Spur	,704	14,923 <sup>b</sup>	7,000	44,000	<,001	,704
	Wilks-Lambda	,296	14,923 <sup>b</sup>	7,000	44,000	<,001	,704
	Hotelling-Spur	2,374	14,923 <sup>b</sup>	7,000	44,000	<,001	,704
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	2,374	14,923 <sup>b</sup>	7,000	44,000	<,001	,704
Gruppe_post	Pillai-Spur	,400	1,606	14,000	90,000	,093	,200
	Wilks-Lambda	,638	1,584 <sup>b</sup>	14,000	88,000	,099	,201
	Hotelling-Spur	,508	1,562	14,000	86,000	,107	,203
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,328	2,108 <sup>c</sup>	7,000	45,000	,062	,247

a. Design: Konstanter Term + Gruppe\_post

b. Exakte Statistik

c. Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

Tabelle Anhang 134 Korrelationen Gruppenvergleich Posttest

Korrelationen		PF_ED_post_a	PF_EI_post_a	PF_TPACK_post_a	PF_DILAS_post_a	PF_TPK_po_st_a	PF_TCK_po_st_a	PF_TK_post_a
PF_ED_post_a	Pearson-Korrelation	..						
	N	51						
PF_EI_post_a	Pearson-Korrelation	,298*	..					
	Sig. (2-seitig)	,034						
	N	51	51					
PF_TPACK_post_a	Pearson-Korrelation	,321*	,125	..				
	Sig. (2-seitig)	,022	,383					
	N	51	51	52				
PF_DILAS_post_a	Pearson-Korrelation	-,028	,123	,567**	..			
	Sig. (2-seitig)	,844	,393	<,001				
	N	50	50	51	51			
PF_TPK_post_a	Pearson-Korrelation	,001	,198	,532**	,797**	..		
	Sig. (2-seitig)	,993	,167	<,001	<,001			
	N	50	50	51	51	51		
PF_TCK_post_a	Pearson-Korrelation	,062	,250	,484**	,761**	,770**	..	
	Sig. (2-seitig)	,669	,080	<,001	<,001	<,001		
	N	50	50	51	51	51	51	
PF_TK_post_a	Pearson-Korrelation	,012	,028	,355*	,627**	,647**	,609**	..
	Sig. (2-seitig)	,936	,844	,011	<,001	<,001	<,001	
	N	50	50	51	51	51	51	51

\*. Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,05 (2-seitig) signifikant.

\*\* . Die Korrelation ist auf dem Niveau von 0,01 (2-seitig) signifikant.

Tabelle Anhang 135 Levene-Test Gruppenvergleich Posttest

Levene-Test auf Gleichheit der Fehlervarianzen<sup>a</sup>

		Levene- Statistik	df1	df2	Sig.
PF_ED_post_geankert auf PF_ED_prae	Basiert auf dem Mittelwert	,994	2	49	,377
	Basiert auf dem Median	,487	2	49	,618
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,487	2	35,210	,619
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,846	2	49	,436
PF_EI_post_a	Basiert auf dem Mittelwert	,175	2	49	,840
	Basiert auf dem Median	,099	2	49	,906
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,099	2	42,921	,906
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,148	2	49	,863
PF_DILAS_post_a	Basiert auf dem Mittelwert	,331	2	49	,720
	Basiert auf dem Median	,162	2	49	,851
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,162	2	47,391	,851
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,325	2	49	,724
PF_TPK_post_a	Basiert auf dem Mittelwert	,208	2	49	,813
	Basiert auf dem Median	,121	2	49	,886
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,121	2	42,850	,886
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,187	2	49	,830
PF_TCK_post_a	Basiert auf dem Mittelwert	,736	2	49	,484
	Basiert auf dem Median	,718	2	49	,493
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,718	2	45,031	,493
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,744	2	49	,480
PF_TK_post_a	Basiert auf dem Mittelwert	,050	2	49	,951
	Basiert auf dem Median	,061	2	49	,941
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	,061	2	41,501	,941
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	,089	2	49	,915
PF_TPACK_post_a	Basiert auf dem Mittelwert	1,003	2	49	,374
	Basiert auf dem Median	1,002	2	49	,375
	Basierend auf dem Median und mit angepaßten df	1,002	2	42,186	,376
	Basiert auf dem getrimmten Mittel	1,021	2	49	,368

Prüft die Nullhypothese, dass die Fehlervarianz der abhängigen Variablen über Gruppen hinweg gleich ist.

a. Design: Konstanter Term + Gruppe\_post

Tabelle Anhang 136 Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen Gruppenvergleich Posttest

*Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen<sup>a</sup>*

Box' M	81,318
F	1,146
df1	56
df2	6590,032
Sig.	,212

Prüft die Nullhypothese, dass die beobachteten Kovarianzmatrizen der abhängigen Variablen über die Gruppen gleich sind.

a. Design:  
Konstanter Term +  
Gruppe\_post

Tabelle Anhang 137 Multivariate Tests Gruppenvergleich Posttest

*Multivariate Tests<sup>a</sup>*

Effekt		Wert	F	Hypothese df	Fehler df	Sig.	Partielles Eta-Quadrat
Konstanter Term	Pillai-Spur	,720	15,813 <sup>b</sup>	7,000	43,000	<,001	,720
	Wilks-Lambda	,280	15,813 <sup>b</sup>	7,000	43,000	<,001	,720
	Hotelling-Spur	2,574	15,813 <sup>b</sup>	7,000	43,000	<,001	,720
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	2,574	15,813 <sup>b</sup>	7,000	43,000	<,001	,720
Gruppe_post	Pillai-Spur	,192	,668	14,000	88,000	,799	,096
	Wilks-Lambda	,811	,678 <sup>b</sup>	14,000	86,000	,790	,099
	Hotelling-Spur	,229	,686	14,000	84,000	,782	,103
	Größte charakteristische Wurzel nach Roy	,209	1,314 <sup>c</sup>	7,000	44,000	,267	,173

a. Design: Konstanter Term + Gruppe\_post

b. Exakte Statistik

c. Die Statistik ist eine Obergrenze auf F, die eine Untergrenze auf dem Signifikanzniveau ergibt.

**13.13 Interviewtranskripte**

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

Interview 1

I: Genau, richtig. Vielen Dank. Ich glaube, wir gehen schon in medias res. Und zwar gehen wir jetzt halt geistig zurück zur Fortbildung. Und da will ich einfach gerne wissen, was denn für dich die grundlegende Idee der Fortbildung war, was du jetzt noch als grundlegende Idee formulieren würdest, gerne ganz spontan? #00:04:50-0#

B: Ja. Ich habe die Fortbildung wegen des Experiments gemacht und habe jetzt dann/ das war auch der Fokus, weshalb ich das gemacht habe. Dass da noch was anderes dabei war, ist okay, aber war jetzt nicht in meinem Fokus oder so. #00:05:11-0#

I: Und das ist quasi auch das, was du jetzt sagen würdest, das war für dich auch die grundlegende/ also der Fokus der Fortbildung, also das Experiment? #00:05:20-0#

B: Ich glaube, dass du eigentlich einen anderen Fokus hattest, weil du wolltest ja eigentlich quasi alle im Unterricht miteinbinden, also eher so auf Ebene der/ na, wie heißt das so schön? Also wenn ich für die verschiedenen Lerntypen verschiedene Angebote mache, so was wie abgestufte Lernhilfen sozusagen, dass halt alle an diesem Unterricht mit teilnehmen können und dass man das halt passend macht auf die Klientel und vielleicht auch für manche ein bisschen schwieriger das dann gestaltet. Also wenn ich das jetzt an der FOS mache, dann mache ich es so ähnlich oder mache ich es ein bisschen weniger als das, was du gemacht hast, aber doch fast alles. Und wenn ich das jetzt in der fünften Klasse mache, dann würde ich halt quasi da viel mehr vorgeben und dann viel weniger von denen verlangen und einfach nur gucken, dass die das verstehen, dass der Apfel halt braun wird und dass da halt ein Enzym dran beteiligt ist. Das war, glaube ich, der Fokus, den du hattest. Ich bin aber auf die Fortbildung angesprungen, weil da was von Experimentieren stand. Sonst hätte ich sie nicht gewählt, bin ich ganz ehrlich. #00:06:32-0#

I: Wunderbar trotzdem, perfekt, danke schön. Nächste Frage ist ganz simpel zu beantworten, und zwar, hast du denn das Apfelexperiment im Unterricht

1

Interview 1

35 eingesetzt? #00:06:44-0#

36

37 B: Ja. #00:06:45-0#

38

39 I: Wie hast du es denn eingesetzt im Unterricht? #00:06:52-0#

40

41 B: Also ich habe es jetzt bisher nur an der FOS getestet. Ich habe mit der  
42 einen Klasse/ habe quasi so eine, ja, eine/ ich habe immer das Problem, dass,  
43 wenn ich das bei dir, mit dir mache, dann ist ja der Faden ganz klar  
44 vorgegeben. Und dann weiß ich genau, was ich jetzt tun soll. Wenn ich das  
45 dann aber mit dreißig Schülern mache, dann, ja, treten immer so die einen oder  
46 andern Hindernisse auf. Und deswegen habe ich denen gesagt: „Ihr seid jetzt  
47 meine Versuchskaninchen und ich probiere das jetzt einfach mit euch aus,  
48 damit ich das dann noch ein bisschen feintunen kann für den nächsten  
49 Durchgang.“ Und deswegen habe ich/ mit den einen habe ich halt einfach die  
50 Äpfel mitgebracht und die Zitrone einfach mal mitgebracht und versucht, das mit  
51 diesen Handys dann hinzukriegen. Und Daten haben wir noch aufs Papier  
52 aufgeschrieben. Im nächsten Durchgang wusste ich dann schon, okay, ich will  
53 halt Wasser nehmen, ich will Luft nehmen, ich will Zitrone nehmen. Und habe  
54 halt dann das Excel-Sheet schon versucht, noch miteinzubinden. Und wollte  
55 dann auch eben testen, ob das mit dem kollaborativ geht, weil das ja immer an  
56 den verschiedenen Systemen immer irgendwie anders und irgendwas geht, das  
57 habe ich dann auch soweit alles hingekriegt. Also ich kann jetzt mit Teams  
58 quasi Excel-Sheete kollaborativ eingeben lassen mit so iPad-Klassen, das ging  
59 ganz gut. Was nicht funktioniert hat, war, in diesem kollaborativen  
60 Teams-Excel-Sheet die Trendlinien einzufügen. Das wurde irgendwie jetzt in  
61 dem Zustand nicht gewollt. Das kann ich dann natürlich, wenn ich es  
62 runtergeladen habe, dann danach machen. Oder die Schüler machen es  
63 danach. Also das war dann eine Grenze, wo ich entweder das nicht geschafft  
64 habe oder das tatsächlich nicht geht, wenn das da so mit, ja, in dem Teams  
65 quasi nur geöffnet ist als Datei. Was mir im Nachhinein/ das mit den Äpfeln ist  
66 natürlich immer ein Problem, welche Apfelsorte, ja? Ich habe jetzt gelesen,  
67 okay, Braeburn geht auch. Die sind natürlich wesentlich besser zu kriegen als  
68 jetzt die andern. Also ich habe einen Laden, wo ich die Elstar tatsächlich kriege.

2

Interview 1

69 Was hatte ich noch? Ja, mit der Zitronensäure, da war ich jetzt mir/ bin davon  
70 ausgegangen, okay, wenn ich Zitronensaft nehme, dann sind das deine hundert  
71 Prozent. Im Nachhinein ist mir dann aber irgendwie eingefallen, na ja, vielleicht  
72 könnte ich mir auch feste Zitronensäure nehmen. Dann wäre ja eigentlich feste  
73 Form hundert Prozent und quasi die flüssige müsste ja eigentlich schon weniger  
74 sein, weil ja Wasser mit dabei, nicht? Das habe ich mir jetzt aber noch nicht  
75 ausprobiert und noch nicht weiter vertieft. Weil das mit dem Verdünnen, das  
76 müsste ich dann wirklich vorher wahrscheinlich machen, weil sonst sprengt das  
77 irgendwie die Klasse. Und ich habe halt dann letztes Mal auch die Teams schon  
78 festgelegt und quasi Zettelchen gehabt, so: „Ihr macht jetzt das, ihr macht das  
79 und ihr macht das.“ So dass das dann klar war, hatten wir oben einen Part  
80 eingefügt. Bevor du die Dokumente geschickt hast, hatte ich mir das schon  
81 etwas passender gemacht. Dass die quasi in das Excel-Sheet nur noch die  
82 Zahlen eintippen und dass der dann hoffentlich quasi gleich selber die Grafik  
83 dazu generiert, zumindest für jedes Team. Und natürlich wäre es schick, wenn  
84 das dann noch auf die Titelseite quasi rübergeholt werden würde, so dass das  
85 dann zusammenkommt. Aber da muss ich jetzt deine Sachen noch mal  
86 angucken, ob das das jetzt leistet oder ob ich das noch selber weiter da  
87 zusammenbauen muss. Und dann hatte ich eben ein Excel-Sheet, wo dann  
88 eben 15 Tabellen drauf waren, wo die das dann gleich eingetragen haben. Das  
89 ginge dann ganz gut eben. Wie gesagt, mit dem kollaborativ, das hat das  
90 System alles ausgehalten. Also jeder konnte quasi auf seine Seite da gehen  
91 und hatte da eine Nummer und wusste, okay, das ist meine Tabelle. Und dann  
92 hat es das eingetragen. Was hatte ich noch für ein Problem? Ach ja, mit den  
93 Handys, da habe ich dann, ja, deine Anleitung genommen, dein PDF. Da hätte  
94 ich mir noch einen Film gewünscht, weil die Schüler ja jetzt immer so  
95 videoorientiert und so/ und dann hätte ich denen einfach dieses Video entweder  
96 zeigen können oder geben können, dass die das dann sich selber anschauen  
97 und dann quasi das so der Reihe nach machen. Das PDF ist schon gut  
98 gewesen, aber da muss ich das dann quasi selber auch schon verstanden  
99 haben. Und wenn ich den Versuch erst einmal gemacht habe und auch nur mit  
100 einem Handy, dann habe ich natürlich/ bis ich das jetzt angewandt habe, war  
101 ein halbes Jahr rum und dann hatte ich wieder vergessen, ach, wie war denn  
102 das, wo konnte ich denn jetzt welchen Wert ablesen und so weiter. Also da

103 wäre ein Video, wäre tatsächlich noch schön. #00:11:55-0#  
104  
105 I: Habe ich notiert. #00:11:57-0#  
106  
107 B: So. Ja, also für diese Anleitungen, wenn du da noch mehr machen willst oder  
108 so, das wäre noch ganz schick. #00:12:06-0#  
109  
110 I: Und du hattest gesagt, du hast das an der FOS gemacht. Welche  
111 Jahrgangsstufe war denn das? #00:12:12-0#  
112  
113 B: Das waren die Zwölfer. #00:12:15-0#  
114  
115 I: Die Zwölfer, alles klar. Und ungefähr im Januar oder, habe ich das jetzt richtig  
116 rausgehört, halbes Jahr später? #00:12:22-0#  
117  
118 B: Nein, ich habe das jetzt tatsächlich erst/ eigentlich wollte ich es quasi in den  
119 Lehrplan an die Stelle setzen, wo die Enzyme dran sind. Und habe gedacht,  
120 okay, ich mache das, wenn die Enzymkinetik dran ist. Da habe ich es dann aber  
121 mit der Klausur nicht mehr geschafft. Und ich, ja, ich konnte es ja auch nicht,  
122 weil mir war schon klar, dass das bei den ersten Durchläufen nicht so läuft, wie  
123 ich mir das vorstelle. Und deswegen hat mir die Zeit da einfach nicht gelangt.  
124 Und deswegen habe ich es jetzt quasi an den Schuljahresende gesetzt, einfach  
125 noch als/ ja, wenn die Noten alle durch sind und man noch irgendwas braucht,  
126 damit man irgendwas Schickes machen kann und dann habe ich gedacht, okay,  
127 das passt da jetzt hin. Und ich habe festgestellt, also wie gesagt, deswegen,  
128 eigentlich würde ich es bei Enzyme verorten. Mir ist noch was anderes/ wo  
129 wollte ich es noch/ man kann es natürlich immer verwenden, wenn man  
130 irgendwie Grafiken oder Tabellen oder irgendwas üben möchte. Weil die  
131 Enzyme sind nur in den Gesundheitsklassen mit dabei. Und bei den andern, bei  
132 den Sozialern, sind die Enzyme gar nicht explizit/ sondern höchstens, wenn  
133 man halt Stoffwechsel macht, dass man dann sagt, okay, man packt es da  
134 einfach mit rein, weil Stoffwechsel immer was mit Enzymen zu tun hat. Und  
135 weiter bin ich mit meinen Gedanken noch nicht gediehen. Also // ich werde  
136 nächstes #00:13:47-0#

137  
138 I: (unv.) #00:13:47-0#  
139  
140 B: Jahr wieder noch mal machen und dann hoffentlich noch ein bisschen mehr  
141 Erfahrung haben. #00:13:54-0#  
142  
143 I: Ah, das freut mich. Das heißt, du hast es jetzt schon mindestens zweimal  
144 gemacht und wirst es auch in Zukunft wieder einsetzen wollen? #00:14:01-0#  
145  
146 B: Ja, ich möchte das gern, weil das einfach/ ja, ist eigentlich eine coole Sache.  
147 Ich muss das jetzt nur noch so ein bisschen für mich zuschneiden und so mal  
148 so/ weil DNA extrahieren, das mache ich mittlerweile im Schlaf, ja? Da gehe ich  
149 meine Zettel durch, stelle denen die Sachen hin und dann sage ich: „Jetzt legt  
150 mal los, hier ist so eine rudimentäre Anleitung.“ Und da weiß ich genau, wo es  
151 hapert oder wo es einfach läuft. Und das weiß ich halt bei dem Versuch noch  
152 nicht so. Und deswegen, den muss ich noch mindestens fünfzigmal machen,  
153 dann läuft der auch. (lacht) #00:14:34-0#  
154  
155 I: Wunderbar. Ich glaube, du hast dann schon alle meine Nachfragen eigentlich  
156 von allein beantwortet, bis auf die eine, und zwar, hast du es in einer einfachen  
157 Stunde gemacht oder in einer Doppelstunde oder über mehrere Stunden?  
158 #00:14:49-0#  
159  
160 B: Doppelstunde. Also ich habe an der FOS neunzig Minuten und, wie  
161 gesagt, da passt es eigentlich gut rein, weil da kann man den Versuch  
162 durchführen. Und man kann auch das Excel-Sheet noch befüllen und kann  
163 auch noch drüber reden. Also das passt, also in neunzig Minuten passt das  
164 perfekt rein, ist gar kein Problem. #00:15:08-0#  
165  
166 I: Sehr schön. Und die Schüler\*innen haben zusammen, also zu zweit  
167 gearbeitet und haben dann wie viel Messungen gemacht, ne, so rein  
168 interessehalber? #00:15:16-0#  
169  
170 B: Ich habe diese 15 Minuten halt gemacht. Also jedes Team hat quasi nur eine

171 Aufgabe gehabt, also hat entweder das Stückchen Apfel kurz in Wasser  
172 getaucht oder hat es kurz in Zitrone getaucht oder hat gar nichts damit gemacht  
173 und hat dann eine Messung. Das passt dann in die Stunde rein, dass man dann  
174 auch noch zum Schluss ein bisschen drüber reden kann. Also noch irgendwie  
175 Lösungen machen, klappt sicher nicht. Man kann natürlich noch mehr Teams  
176 machen. Also man kann natürlich noch sich überlegen, okay, ich möchte jetzt  
177 noch die fünfzig Prozent nehmen oder das/ ich weiß nicht, du hast mir die Frage  
178 gar nicht beantwortet, ob das jetzt auf die/ die hundert Prozent auf den Feststoff  
179 gerechnet waren oder auf die Lösung. Eigentlich wahrscheinlich auf die Lösung  
180 oder auf die/ ich kaufe Zitrone im Supermarkt im Fläschchen. #00:16:05-0#

181

182 I: Ja, also ich habe die hundert Prozent immer auf den Zitronensaft, auf den  
183 natürlichen Zitronensaft bezogen, aber es ging ja auch nicht um die  
184 Zitronensäure, sondern ums Vitamin C hauptaugenmerklich. Und ich habe das  
185 schon ausprobiert mit Zitronensäure. Wenn du natürlich mit hundertprozentiger  
186 Zitronensäure in Lösung draufgehst, dann hemmst du auch hervorragend, weil  
187 du einfach einen pH-Wert, das (Vitamin-C?)-Optimum verschiebst. Das heißt,  
188 was ich gemacht habe, ich habe also quasi die Konzentration von der  
189 Zitronensäure im natürlichen Zitronensaft recherchiert und habe diesen schon  
190 angesetzt und habe es damit ausprobiert. Das kann ich dir auch empfehlen. Ich  
191 schreibe mir das mal auf, ich schicke dir die Zahlen, die ich dazu habe, wenn du  
192 möchtest. #00:16:52-0#

193

194 B: Nein, es reicht mir. Es passt schon, weil mit Schule kriegt man so viel dann  
195 auch nicht mehr unter, aber eben dann passt es schon, wenn ich mir einfach da  
196 so eine Zitronensäurelösung in so einem Fläschchen kaufe und die dann  
197 entsprechend dann noch verdünne oder so. #00:17:06-0#

198

199 I: Genau, ja. Ja. #00:17:08-0#

200

201 B: Deswegen, weil der Kontrast von den Messwerten, der war jetzt nicht so  
202 immens. Also in diesen 15 Minuten bei dir war das irgendwie besser, lief das  
203 besser mit der Veränderung der Kurve und mit dieser Veränderung von dem  
204 Blauwert. Und das war jetzt nicht so/ lief nicht so gut. Also da war

205 wahrscheinlich halt an meinem Handling und an dem ganzen Setting war  
206 wahrscheinlich noch nicht optimal oder der Apfel war/ also da haben wir kaum  
207 eine Veränderung der Steigung gekriegt. #00:17:44-0#

208

209 I: Und könnte es am Licht gelegen haben? Also haben die Messwerte  
210 geschwankt? #00:17:48-0#

211

212 B: Ja, zum Teil hatten sie Ausreißer, ja, klar. Ach so, die Beleuchtung, das,  
213 okay. Okay. #00:17:58-0#

214

215 I: Nur als Idee. Also ich war ja nicht dabei, // ohne jetzt eine große/  
216 #00:18:02-0#

217

218 B: Ja, ja, nein, nein. // Ich kann dich ja nächstes Mal noch mal anschreiben.  
219 Vielleicht, wenn ich es noch mal gemacht habe, dann können wir noch mal  
220 ratschen, was ich vielleicht dann falsch gemacht habe oder wo du noch einen  
221 Tipp hast, woran das dann gelegen haben kann, was ich da noch irgendwie, ja,  
222 verbessern kann. Das wäre vielleicht cool, ja. #00:18:19-0#

223

224 I: Sehr gerne, ja. Jetzt sind wir ein bisschen abgekommen. Ich habe nämlich  
225 dazu gleich noch eine Frage, und zwar bei der Umsetzung, welche  
226 Heterogenitätsdimensionen hast du denn bei deinen Schülerinnen und Schülern  
227 berücksichtigt bei der Durchführung? #00:18:34-0#

228

229 B: Keine. (lacht) #00:18:35-0#

230

231 I: Du möchtest damit sagen, sie haben alle das Gleiche quasi gemacht?  
232 #00:18:41-0#

233

234 B: Ja. #00:18:41-0#

235

236 I: Und ich meine, das glaube ich dir nicht ganz, dass du nichts dabei  
237 berücksichtigt hast. Weil man hat ja bei der Planung eigentlich immer seine  
238 Schülerinnen und Schüler im Hinterkopf. // Hast du denn #00:18:54-0#

7

Interview 1

239  
240 B: Ach so. // #00:18:54-0#  
241  
242 I: Änderungen vorgenommen? Es muss ja nicht unbedingt // differenziert (unv.)  
243 #00:18:57-0#  
244  
245 B: (unv.) okay. // #00:18:57-0#  
246  
247 I: zugeschnitten sein. Weißt du, was ich // meine? #00:18:59-0#  
248  
249 B: Ja, ja. // Ja, ich habe natürlich deine/ ich habe keine Verdünnungen gemacht,  
250 ich habe halt nur die hundert Prozent sozusagen von den einzelnen Sachen  
251 gemacht, weil alles andere eben zu schwierig gewesen wäre. Ja, da, ja, so  
252 gesehen habe ich es schon angepasst an mein Klientel. Aber ich habe  
253 innerhalb der Gruppe keine Unterschiede mehr gemacht. #00:19:23-0#  
254  
255 I: Und wie hast du // die Gruppen #00:19:24-0#  
256  
257 B: Also (unv.) // #00:19:24-0#  
258  
259 I: gebildet? #00:19:25-0#  
260  
261 B: Hm? (fragend) #00:19:26-0#  
262  
263 I: Wie hast du die Gruppen gebildet? #00:19:28-0#  
264  
265 B: Die durften sich freiwillig melden. #00:19:29-0#  
266  
267 I: Okay. Jetzt habe ich dich aber grade abgewürgt, gell? Du hattest da noch  
268 einen Punkt, oder? #00:19:38-0#  
269  
270 B: Das fällt mir gleich wieder ein. Weiß ich jetzt nicht mehr. #00:19:41-0#  
271  
272 I: Alles gut. Vielleicht kommt es auch bei der nächsten Frage, und zwar, wer

273 oder was hat dich denn konkret unterstützt, das Experiment einzusetzen? Gab  
274 es da was oder jemanden? #00:19:51-0#  
275  
276 B: Inwiefern? #00:19:53-0#  
277  
278 I: Das kann Material sein, das kann ein Kollege, Kollegin sein, so was in die  
279 Richtung. Gab es irgendwas Besonderes oder // war das/ #00:20:04-0#  
280  
281 B: Nein. // #00:20:04-0#  
282  
283 I: Okay. #00:20:04-0#  
284  
285 B: Nein. Du hast mich auf die Idee gebracht. Und, ja, den Rest, da bin ich  
286 Einzelkämpferin. Ja, nein, da war jetzt/ (lacht) #00:20:15-0#  
287  
288 I: Na, das hätte ja nur sein können. #00:20:19-0#  
289  
290 B: Nein. Also das Know-how habe ich so weit, dass das so weit passt. Das ist  
291 einfach jetzt nur diese Routine, die mir halt fehlt und, ja, diese Heterogenität da  
292 noch ein bisschen mit einbringen und das alles, ja. #00:20:38-0#  
293  
294 I: Die nächste Frage hast du eigentlich auch schon beantwortet, und zwar, ob  
295 du das Ganze noch mal einsetzen würdest. Und das hast du eigentlich schon  
296 dargelegt, dass du // das tun würdest. Genau. #00:20:49-0#  
297  
298 B; Ja, (unv.) Ja. // #00:20:49-0#  
299  
300 I: Jetzt gehen wir mal ein Stück weg vom Apfelexperiment. Meine nächste  
301 Frage ist nämlich, ob sich diese Idee, dass (digitale?) Experimente  
302 beziehungsweise die Kernidee, die du vorher genannt hast, in irgendeiner Form  
303 auf deinen Unterricht ausgewirkt hat außerhalb von dem Experiment?  
304 #00:21:06-0#  
305  
306 B: Ja, dass ich jetzt versucht habe, so kollaborative Tools wieder noch mehr

307 einzubauen und diese Möglichkeiten zu nutzen, dass ich Dateien von mehreren  
308 Personen gleichzeitig bearbeiten lasse oder dass ich Dateien zur Verfügung/  
309 also nicht nur zur Verfügung stelle zum Runterladen, was man jetzt während  
310 der Pandemie halt ständig gehabt hat. Sondern dass das wirklich eine Datei/  
311 und verschiedene Leute schreiben rein in die Datei. Und da die Technik quasi  
312 zu finden und die Technik mit dem, was man zur Verfügung hat, dann in  
313 Einklang zu bringen. Weil ein iPad ist was anderes als ein Laptop, und ein  
314 Teams ist was anderes als meinetwegen ein Vitero oder ein Webex, ja?  
315 #00:21:59-0#

## Interview 2

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Dankeschön. Alle anderen Fragen sind jetzt halt auf die Fortbildung bezogen, und damit starten wir auch schon direkt. Und zwar als erstes würde ich gerne von dir wissen, was war denn für dich die grundlegende Idee der Fortbildung?

#00:01:20-0#

B: Also genau weiß ich es nicht mehr. Ich glaube, es wurde von der Fachschaft empfohlen. Da gibt es manchmal so einfach Mails, hier das gibt es, wenn euch das interessiert, macht da doch mit. Und dann dachte ich mir ja, das klingt nett, mit was Experimentellem, nach einem einfachen Experiment auch, mache ich mal mit. #00:01:44-0#

I: Und das heißt, das Experimentieren war für dich im Fokus? #00:01:4-0#

B: Ja, genau. Also auch die digitale Auswertung, aber halt, dass man was Praktisches hat, eine Idee, was irgendwie Alltagsbezug hat, und trotzdem nicht ganz gewöhnlich ist, was man halt mal mit den Schülern machen könnte.

#00:02:02-0#

I: Wunderbar. Dazu gleich die alles entscheidende Frage, hast du es denn auch mit den Schülern umgesetzt? #00:02:08-0#

B: Ich habe es gemacht, ja. #00:02:11-0#

I: Ja, hast du. Magst du auch erzählen, wie du das umgesetzt hast? #00:02:14-0#

B: Also ich habe es in der Chemieübung zum Thema Redoxreaktionen gemacht. Es war sozusagen mein Einstieg, mein Beginn in Redoxreaktionen. Da waren also nur die Begriffe, also Elektronenabgabe, Elektronenaufnahme schon geklärt, und dann habe ich das sehr vereinfacht auch mit Folien von dir kurz erklärt, dass halt ein Elektronenübergang stattfindet, aber dass uns an dieser Stelle sozusagen das Chemische dahinter gar nicht so interessiert, sondern dass wir das halt quantitativ erfassen. Und die neun plus ist das, die ist

1

Interview 2

35 ja so langgezogen, da war dieses Jahr Säure und Base und Redox das Thema,  
36 und dann sozusagen die Mischung Säure, Base Redox, hat das ganz gut  
37 reingepasst, genau. Und ich wollte es auch eigentlich differenziert auswerten,  
38 mit verschiedenen Konzentrationen an saurer Lösung, aber das hat nichts  
39 Auswertbares ergeben. Also ich denke, das liegt vielleicht auch an den Äpfeln.  
40 Ich war extra im Bioladen und habe die Boskop Äpfel gekauft, aber die haben  
41 trotzdem nicht so extrem gebräunt, wie man es vielleicht bräuchte. Also wir  
42 haben am Ende nur hundert Prozent gegen null Prozent tatsächlich dann  
43 ausgewertet, weil das andere einfach ja, einfach nicht gut war. #00:03:43-0#

44

45 I: Hatte das, also ich frage jetzt rein interessehalber, hatte das optisch keinen  
46 Unterschied gemacht, oder hat auch die App keinen Unterschied gemessen?  
47 #00:03:51-0#

48

49 B: Beides, genau. Die App hat kaum Unterschied gemessen. Also ich habe mir  
50 von allen die Dateien schicken lassen, nach dem Unterricht und habe selber  
51 mal schnell in die Excel-Datei rein, und habe gesehen okay, die Kurven  
52 unterscheiden sich eigentlich kaum, sind teilweise sogar widersprüchlich, dass  
53 sie schneller, langsamer, trotz höher, weniger Säure. Und dann habe ich die  
54 beste hundert Prozent Kurve genommen, und die beste null Prozent Kurve, und  
55 habe die dann auf Mebis hochgeladen, so dass wir alle in der nächsten Stunde  
56 mit denselben Werten von diesen beiden Gruppen dann gearbeitet haben.

57 #00:04:30-0#

58

59 I: Schön. Und haben die Schüler mit den eigenen Geräten gearbeitet?

60 #00:04:35-0#

61

62 B: Nein, wir haben es im Computerraum gemacht. Also halt jeder hat an einem  
63 Computer gearbeitet, aber halt nicht der eigene von zuhause, sondern im  
64 Computerraum. #00:04:44-0#

65

66 I: Und für die Aufnahme von den Daten? #00:04:46-0#

67

68 B: Ach so, da haben sie mit ihren eigenen Geräten gearbeitet ja, mit den  
69 eigenen Handys. Ich habe denen das vorher gesagt, in der Vorstunde, sie  
70 sollen sich die App runterladen, und es reicht auch, wenn sich einer pro  
71 Zweiergruppe, weil sie haben es immer zu zweit gemacht, sollen es halt  
72 ausmachen, wer es sich runterlädt, und das hat gut funktioniert. Die sind ja  
73 ausgestattet eigentlich. Wir hätten sogar Tablets an der Schule, mit denen man  
74 das wahrscheinlich machen kann, aber ich habe gesagt, es ist einfacher, wenn  
75 ich da nichts machen muss, und die es einfach selber mitnehmen. #00:05:15-0#  
76

77 I: Das heißt, da hattest du auch ganz gemischt dann Android und Apple-Geräte  
78 wahrscheinlich? #00:05:20-0#

79

80 B: Genau. Also die meisten hatten zum Glück Android, weil halt bei Apple das  
81 blöde ist, dann haben die als Hausaufgabe aufbekommen, diese Werte  
82 abzutippen, weil man sich das ja da nicht schicken lassen kann, aber die  
83 meisten haben es mit Android gemacht. #00:05:36-0#

84

85 I: Ja, Android ist da schon angenehmer. Ich bin grad noch am Suchen, ob es  
86 noch eine iOS App gibt, die den Datenexport zulässt. Ich habe da jetzt noch  
87 was gesehen, aber das ist nicht kostenfrei, da bin ich noch am Testen. Wenn es  
88 da Neuigkeiten gibt, dann ist das auch unter dem Link zu finden, den ich da  
89 letztes Mal mitgeschickt habe, genau. Und das heißt, du hattest quasi eine  
90 Stunde den Experimententeil gemacht, und dann eine Stunde die Auswertung?  
91 #00:06:04-0#

92

93 B: Beides Doppelstunde. #00:06:06-0#

94

95 I: Okay, also vier Stunden insgesamt, mit Theorie und Ergebnisbesprechung?  
96 #00:06:12-0#

97

98 B: Ja, genau. Also wir haben eine Stunde also genau, haben wir den  
99 Vorversuch gemacht, einfach dass sie das mal ausprobieren. Haben alle  
100 einfach ohne irgendeine Behandlung gemacht. Da hatte ich aber auch nicht die  
101 passenden Äpfel, die haben die Schüler mitgenommen, und dann haben wir

102 gemerkt okay, das bräunt nicht so schnell, und dann habe ich in der nächsten  
103 Stunde selber die Äpfel mitgenommen, und wir haben es aufgeteilt mit, wer  
104 welche Konzentration macht, genau. Und wir haben sogar ein schönes Plakat  
105 dann noch gestaltet, zu dem Experiment, und in der Schule aufgehängt. Da  
106 habe ich auch Bilder von deiner Powerpoint rausgenommen, und halt die  
107 Schüler einfach fotografiert, wie sie es machen, und unsere Ergebnisse halt  
108 dann, den Graph. Und wir haben es dann auch mit der Steigung gemacht, dass  
109 man es schöner vergleichen kann, und das haben wir aufgehängt. #00:07:05-0#

110

111 I: Cool, das klingt nach einem schönen Projekt. #00:07:07-0#

112

113 B: Es war eigentlich wirklich ganz nett. #00:07:09-0#

114

115 I: Jetzt hattest du gesagt, du hast nicht so differenziert oder, das hatte ich  
116 vorher richtig verstanden, aber ich denke, du hast ja trotzdem, oder hatte ich  
117 nicht richtig verstanden? #00:07:21-0#

118

119 B: Also ich glaube, ich habe es nicht gesagt, aber also wir haben eigentlich  
120 wenig differenziert. Also ich meine das einzige, wo ich vielleicht ein bisschen  
121 differenziert habe, bei der Excel Auswertung, manche kennen sich halt schon  
122 besser aus, dass die dann noch die Graphen einfärben, in gelb und braun, und  
123 halt die Beschriftungen irgendwie schöner machen. Wir haben es auch so  
124 gemacht, da haben dann mir zum Teil Schüler geholfen, weil ich es selber nicht  
125 wusste, wie es geht, dass die Y-Achse nicht bei null anfängt, sondern viel  
126 höher, dass man es viel weiter auseinanderziehen kann, dass die Werte halt,  
127 auch wenn sie nur gering auseinanderliegen, deutlicher auseinander aussehen,  
128 genau. Aber ansonsten, also ich habe jetzt keine so Auswertung gemacht, was  
129 wir bei der Fortbildung auch gesagt haben, dass man es nur so qualitativ macht  
130 über die Farben, dass man es vielleicht in Powerpoint einstellen kann. Also ich  
131 habe es ihnen gezeigt, das haben wir in Bio schon gemacht, zum Thema  
132 Farbsehen, dass man das halt da ganz schön ausprobieren kann, wenn man  
133 Blau-, Rot-, Grünwerte variiert, wie sich die Farbe verändert. Aber durchgeführt  
134 und ausgewertet haben wir den Versuch ziemlich gleich alle.

135 #00:08:41-0#

136

137 I: Ja, gut, aber ich meine, auch wenn man die gleichen Schritte vorgibt, dann  
138 hat man ja da immer ein bisschen Kontrolle drüber, wem gibt man welche  
139 Konzentration zum Beispiel. #00:08:50-0#

140

141 B: Genau, ja. Genau, also das habe ich schon gemacht. Also die schwächeren  
142 Schüler haben einfach mit hundert Prozent oder ohne gemacht, und genau.  
143 #00:09:01-0#

144

145 I: Ah ja, dann hast du ja doch einige Heterogenitätsdimensionen dabei. Gab es  
146 denn etwas oder jemanden, der dich dabei konkret unterstützt hat, dieses  
147 Experiment einzusetzen? #00:09:13-0#

148

149 B: Du, ja (lacht). Genau, also nein. Also ich meine, die Idee kommt von dir, und  
150 wie man es macht, welche App, wie man es auch auswertet. Ich bin selber nicht  
151 so ganz fit in Excel. Also auch nicht ganz unbeschrieben, aber es hat mir schon  
152 geholfen auch für andere Sachen, weil ich öfter mal das Problem habe mit  
153 Graphiken, dass er dann nicht die Werte nimmt, die ich haben will, oder die  
154 Skalierung, wie ich sie haben will, oder wie man die Legende ordentlich macht.  
155 Und das hat mir auch für andere Sachen viel geholfen. #00:09:52-0#

156

157 I: Aber du hast es jetzt nicht irgendwie in Kooperation mit einer anderen  
158 Lehrkraft gemacht oder so? #00:09:57-0#

159

160 B: Nein. #00:09:58-0#

161

162 I: Okay, ja gut. Interessiert mich nur. Würdest du denn das Apfelexperiment  
163 nochmal einsetzen? #00:10:05-0#

164

165 B: Ja, auf jeden Fall. Ich finde, es war gut, also aus Lehrersicht auch. Also es ist  
166 ja wirklich kaum Vorbereitung nötig. Es füllt ein paar Stunden, und es ist sehr  
167 schülerzentriert, es ist lebensnah. Also den Schülern hat es glaube ich auch  
168 gefallen, dass sie da mit ihren eigenen Handys arbeiten, also das finden die  
169 einfach cool. Und die Auswertung auch, es ist ja sehr sinnvoll, dass man

170 Graphen erstellen kann, mit Excel, eine ganz wichtige Kompetenz. Ich bin  
171 immer schockiert, wie schlecht die mit Word und Excel und Powerpoint sind.  
172 Also ich würde es auf jeden Fall glaube ich fest einplanen. Und ich finde, es  
173 passt auch zu so vielen Sachen, also man kann es ja genauso bei Enzyme  
174 machen, oder was weiß ich, bei allem Möglichen. Also ich finde, man kann es  
175 gut überall unterbringen. Ich würde es auf jeden Fall wieder machen.

176 #00:11:09-0#

177

178 I: Das freut mich. Wenn wir jetzt ein bisschen rausschauen, also außerhalb von  
179 dem Apfelexperiment, hat denn die Kernidee von der Fortbildung,  
180 beziehungsweise das, was du mitgenommen hast, aus der Fortbildung, deinen  
181 Unterricht insgesamt beeinflusst? Würdest du sagen, hast du vielleicht  
182 irgendwas verändert? #00:11:32-0#

183

184 B: Hm (überlegend). (...) Also weiß ich jetzt nicht. Ich glaube nicht wirklich,  
185 außer halt tatsächlich, dass ich wesentlich besser in Excel geworden bin und  
186 das, was man halt einfach wie gesagt für so viele Sachen brauchen kann, also  
187 auch andere, also Sachen, die damit überhaupt nichts zu tun haben, auf die  
188 gleiche Art und Weise ausgewertet halt, wo man einfach Graphen erstellen  
189 muss, Steigungen von Graphen bestimmen. Das hätte ich jetzt vorher nie  
190 gemacht, weil ich keine Ahnung habe, wie es geht, gerade mit Trendlinien,  
191 habe ich vorher noch nie genutzt. Also das auf jeden Fall ein guter Zugewinn,  
192 aber sonst glaube ich nicht, nein. #00:12:32-0#

193

194 I: Was hast du da für Daten ausgewertet? Ich bin neugierig. #00:12:36-0#

195

196 B: Das eine war so ein Experiment, da ging es darum, dass man leichter lernt,  
197 wenn das Lernen an Vorerfahrungen angeknüpft ist. Und dann kriegen die  
198 Schüler in zwei Teilversuchen erst eine Liste an drei Buchstabensilben, die  
199 überhaupt nichts heißen, und sollen sich das merken, und dann kriegen sie eine  
200 Liste an drei Buchstabenwörtern, die was heißen, wie Oma, Tod, was weiß ich.  
201 Und dann haben wir eingetragen, welche Anzahl von Schülern wusste wie viele  
202 Wörter noch, und dann sieht man halt, dass die Kurve mit der Steigung deutlich  
203 nach rechts verschoben ist, also das heißt, mehr Schüler mehr Wörter wissen,

204 wenn es bekannte Wörter sind zum Beispiel. Oder irgend so eine Aufgabe aus  
205 dem Buch, da sollte man die Ähnlichkeit von Zirpgeräuschen bei isoliert und  
206 zusammen aufgewachsenen Grillen graphisch darstellen, das war irgendwie in  
207 Prozent angegeben. Und da haben wir dann mit Excel so ein Säulendiagramm  
208 dazu gemacht, genau sowas zum Beispiel. #00:13:51-0#

### Interview 3

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33

I: Wunderbar, Dankeschön. Jetzt gehen wir quasi in medias res. Jetzt schauen wir die Fortbildung mal ganz konkret an. Und zwar einfach jetzt das Erste, was Ihnen in den Sinn kommt, was für Sie die grundlegende Idee der Fortbildung war. #00:02:47-1#

B: Für mich war die grundlegende Idee, dass ich tatsächlich einen Versuch mit den Schülern machen kann, der mit einfachen Mitteln zuhause auch gemacht werden kann, aber genauso gut in der Schule erledigt werden kann. Das war so meine grundlegende Idee. Also nichts Inklusion oder so, sondern/ #00:03:12-1#

I: Ja. Ja, ja, das, drum frage ich ja. Weil, ich habe ja viele verschiedene Schwerpunkte gesetzt, dass auch für jeden einfach was dabei ist. Wunderbar, haben Sie denn, das, ganz konkret das Apfelexperiment im Unterricht auch eingesetzt? #00:03:25-0#

B: Ja. Also ich habe es probiert dann, habe das dann tatsächlich/ Wir haben uns, im Juli haben wir die Fortbildung gemacht, ich habe die dann tatsächlich im Herbst oder sowas im Unterricht verwendet, im Live-Unterricht mit den Handys von den Schülern, die dann die App auch dementsprechend installiert haben sollten. Ich glaube, die meisten haben die Apple-Version gehabt. Wir haben das Experiment zwar durchgeführt, aber wir hatten dann tatsächlich nicht mehr die Zeit, das in Excel wirklich auszuwerten. Aber so die Grundidee des Experiments haben wir durchgeführt. #00:04:07-1#

I: Das heißt, Sie haben mit der Apple-App gearbeitet, mit den iPads gearbeitet. Waren das Schul-iPads oder haben die Schüler eigene Geräte gehabt? #00:04:14-6#

B: Die haben ihre Handys verwendet. #00:04:18-1#

I: Okay. Und haben Sie das in einer Doppelstunde durchgeführt. #00:04:23-4#

34 B: Ja, Doppelstunde. Die hatten allerdings dann noch andere Experimente auch  
35 zu machen. Es war also ein Versuch mit den anderen, wo es um (unv.) ging,  
36 einfach noch ein bisschen was anderes, weshalb dann wahrscheinlich auch die  
37 Zeit nicht gereicht hat, und wir das dann aber leider hinterher auch nicht mehr  
38 wirklich auswerten konnten. Aber so von der Idee, und manche haben es auch  
39 sehr schon aufgezeichnet. #00:04:51-0#

40

41 I: Also quasi dann von Hand aufgezeichnet, wie // (unv.) Genau. #00:04:54-1#

42

43 B: Ja. // Also die meisten haben es per Hand aufgezeichnet und haben das  
44 dann auch so gesehen und die Idee dahinter auch verstanden, dass es mit  
45 Zitrone dann halt zu einer Hemmung kommt und ohne Zitrone zu der  
46 Verfärbung. Ich glaube, das ist angekommen und hat ihnen tatsächlich diese  
47 enzymatische Reaktion auch verdeutlicht. #00:05:16-1#

48

49 I: Ich frage jetzt nur ganz neugierig, mit welchen anderen Experimenten haben  
50 Sie es kombiniert? #00:05:23-6#

51

52 B: Ach, (unv.) was war das? Das waren alte Klassiker. Ich weiß nicht mehr, ob  
53 es mit dem PH-Wert war oder dergleichen, dass man PH/ Nein, ich weiß es  
54 nicht mehr. Ich kriege es jetzt auch, ich müsste es nachschlagen. #00:05:48-1#

55

56 I: Alles gut, alles gut. Aber das heißt, das war dann nicht mit dem Apfel und  
57 auch nicht mit der App. #00:05:51-4#

58

59 B: Nein, also das war das Hauptthema, aber die anderen Experimente gab es  
60 auch noch. #00:05:57-6#

61

62 I: Okay. Ja, hätte ja sein können, weil, man könnte ja auch den Apfel mit einer  
63 Säure behandeln und dann (messen?) beispielsweise. Drum frage ich jetzt  
64 nach. #00:06:03-9#

65

66 B: Ja, ja, aber den Apfel mit der Zitronensäure, das haben wir ja gemacht. Aber  
67 wir haben, genau, wir haben glaube ich noch Konzentrationsabhängigkeit in

68 einer anderen Version gemacht. Ach, ich weiß es nicht mehr, nein, tut mir leid,  
69 weiß ich nicht. #00:06:17-5#

70

71 I: (lacht) Alles klar. Vielleicht haben Sie ja aber bei der Planung in der, ich  
72 denke jetzt, elfte Jahrgangsstufe war das, bei der Planung die Schüler ein  
73 bisschen berücksichtigt. Haben Sie denn verschiedene  
74 Heterogenitätsdimensionen abgedeckt? #00:06:35-8#

75

76 B: (...) Da bin ich jetzt tatsächlich überfragt, ob ich da jetzt so genau geschaut  
77 habe, weil die Gruppe nicht so auseinandergeht. Also von daher war da nicht so  
78 die Notwendigkeit. Die durften auch weitgehend frei arbeiten. Das heißt, ich bin  
79 da nur unterstützend dazugekommen. Und das heißt, manche haben deutlich  
80 mehr erreichen können als die anderen. Die, die weniger erreicht haben, da hat  
81 man halt dann noch ein paar Hilfestellungen, ja, live sozusagen vor Ort  
82 gemacht. #00:07:16-3#

83

84 I: Ja, das ist ja definitiv eine Form der Differenzierung. Also das // (unv.)  
85 #00:07:22-5#

86

87 B: (unv.) // also vom Experiment selber nicht differenziert irgendwie  
88 verschiedene Sachen angeboten, sondern dann tatsächlich nur verbal.  
89 #00:07:30-6#

90

91 I: Und das habe ich jetzt vorher nicht gefragt, aber Sie haben Zitronensaft  
92 genommen. Haben Sie verschiedene Konzentrationen vom Zitronensaft  
93 gemessen, oder? #00:07:39-0#

94

95 B: Wir haben einmal Wasser, einmal reinen Zitronensaft und ich glaube, wir  
96 haben es sogar abgestuft und haben gesagt, jede Gruppe nimmt eine andere  
97 Konzentration her. Also, dass wir halt dann die einen eine eins-zu-eins-  
98 Mischung hatten, die anderen eins zu zwei oder sowas in der Art. #00:07:56-7#

99

100 I: Also schon mit den Konzentrationen dann auch. Ja, gut, das, ich glaube, da  
101 macht man ganz viel auch intuitiv, wie man das dann verteilt unter den

102 Gruppen. Oder haben die Schüler es selber gewählt, welche Verdünnung sie  
103 machen wollen? #00:08:06-4#  
104  
105 B: Die haben sich dann selber abgesprochen. Ich habe ihnen das gesagt, habe  
106 gesagt: „Das brauchen wir.“ Ich habe eine sehr kleine Gruppe. Ich habe nur  
107 zwölf Schüler. Das heißt, die haben dann in Zweier- und Dreiergruppen  
108 gearbeitet, das heißt, das waren letztendlich vier Gruppen oder sowas. Und  
109 dementsprechend war da nicht so viel, ja, Vorbereitung auch nötig, ihnen da  
110 irgendwie eine Anleitung zu geben, weil man das schnell überschaubar.  
111 #00:08:32-9#  
112  
113 I: Das ist natürlich angenehm. Zwölf Schüler\*innen, das ist eine super gute  
114 Gruppe. Fast eine eins-zu-eins-Betreuung hat man ja dann im Grund schon.  
115 Das ist angenehm. Gibt es denn Aspekte, wo Sie sagen, das hat Sie ganz  
116 konkret unterstützt, das Experiment einzusetzen? #00:08:50-9#  
117  
118 B: Können Sie die Frage konkretisieren (lacht)? #00:08:54-9#  
119  
120 I: Ja, kann ich. Also vielleicht haben Sie mit einem Kollegen, Kollegin  
121 zusammen vielleicht geplant. Oder sagen Sie: „Es war das Material, was mich  
122 unterstützt hat.“? #00:09:09-9#  
123  
124 B: Das Material natürlich. Also ich wäre nie auf die Idee gekommen, so einen  
125 Versuch zu machen. Und ich habe mir natürlich das Material genommen, habe  
126 dann auch diese einfache Versuchsanleitung verwendet und so weiter. Das war  
127 auf jeden Fall cool. Kollege hat mir keiner geholfen, im Gegenteil, ich habe  
128 ihnen erzählt, was für ein cooles Experiment das war. #00:09:31-9#  
129  
130 I: Also Sie haben quasi die Werbung gemacht, alles klar (lacht). Haben Sie das  
131 neue Material gesehen, was ich hochgeladen habe? Das hatte ich ja verschickt.  
132 #00:09:40-2#  
133  
134 B: Ich habe es mir noch nicht angeschaut (lacht). #00:09:44-0#  
135

136 I: Nein, das (unv.) nicht tragisch, aber es ist ein neues Video dabei, wie man  
137 den Versuch komplett auf dem iPad auswerten kann. Das würde ich Ihnen sehr  
138 ans Herz legen, falls Sie vorhaben, das Experiment nochmal zu machen.

139 #00:09:56-0#

140

141 B: Ja, würde ich. Würde ich auf jeden Fall. Allerdings habe ich festgestellt, was  
142 tatsächlich das Schwierigste an diesem Experiment ist, so albern es klingt, ist,  
143 den richtigen Apfel zu finden. Weil, ich habe zwar alte, ich nehme nur Bio-Äpfel,  
144 ich nehme auch alte Sorten. Ich habe auch diesen, Sie hatten ja den Braeburn  
145 empfohlen und die haben tatsächlich im Zeitfenster, das wir betrachtet haben,  
146 teilweise zu wenig sich verfärbt. Und das ist glaube ich wirklich in/ Eine  
147 Schülerin, weil, die hatte sich beschwert, dass die Verfärbung so wenig zu  
148 sehen ist, hat den Versuch dann zuhause nochmal mit einem anderen Apfel  
149 nachgestellt und hat gemeint, da ist sie mit dem Experiment viel besser  
150 klargekommen, weil der Apfel halt deutlich brauner geworden ist. Und das war  
151 tatsächlich das größte Problem, einen Apfel zu finden, der dann wirklich die  
152 Farbe so verändert, wie er soll. Wenn man einen Apfel haben will, der NICHT  
153 sich verfärbt, dann findet man nur Äpfel, die sich verfärben. Aber, wenn man  
154 einen will, der sich verfärbt, dann, irgendwie sind sie alle wunderschön.

155 #00:11:07-4#

156

157 I: (lacht) Ja, Sie sprechen mir aus der Seele. Wir hatten gestern aber eine  
158 Apfel, und zwar einen Bio-Apfel von Lidl, nicht genauer spezifiziert, aber der ist  
159 auf jeden Fall braun geworden. #00:11:20-3#

160

161 B: Okay. #00:11:21-3#

162

163 I: Also ich weiß auch nicht, ob das immer die gleichen sind. Das ist ja  
164 tatsächlich ein bisschen ein Problem, wenn keine Sorte dransteht, aber  
165 zumindest der gestern hat super (lacht) funktioniert. #00:11:32-0#

166

167 B: Okay. Ja, also wir gesagt, schon alles Mögliche, immer diese Braeburn und  
168 andere. Da denkst du immer: Oh, ja, er hat sich verfärbt, aber nicht so, wie er  
169 es für den Versuch optimaler Weise es machen sollte (lacht). #00:11:47-9#

170  
171 I: Ja. Ja, das ist tatsächlich schwierig. Verstehe ich. Haben Sie Seite  
172 „Mundraub.org“ noch auf dem Schirm? #00:11:57-3#  
173  
174 B: Nein, gerade nicht. #00:12:00-6#  
175  
176 I: Das ist eine Seite, wo man in der Umgebung öffentliche Obstbäume  
177 nachsehen kann. #00:12:05-9#  
178  
179 B: Ah, okay. #00:12:08-6#  
180  
181 I: Und, also Obst und Gemüse und was auch immer es, also in der Umgebung  
182 gibt, was vielleicht der Kommune gehört. Und da sieht man quasi dann: Wo ist  
183 denn gerade was reif? Wo kann man jetzt was ernten gehen, ohne dass man in  
184 irgendein fremdes Grundstück eindringt? Das ist, funktioniert tatsächlich  
185 ziemlich gut, hat sehr viele Einträge, nicht nur in München, auch außerhalb, und  
186 das ist gut. #00:12:30-7#  
187  
188 B: Ah, gut. Das muss ich mir merken. Ist ein toller Tipp (lacht). #00:12:37-1#  
189  
190 I: Sehr gut. Ja, das ist vielleicht für die, für die Gegend gut passt. Wir hatten ja  
191 vorher schon über die Kernidee gesprochen, dass man also so ein Experiment  
192 digital gestützt einsetzt. Das war so das, was Sie gesagt hatten vorher. Haben  
193 Sie denn eine, oder würden Sie sagen, dass das vielleicht Ihren Unterricht auch  
194 außerhalb diese Apfelexperiments beeinflusst hat? Oder sagen Sie: „Nein,  
195 eigentlich war es nur der Apfel.“? #00:13:03-1#  
196  
197 B: Nein, also die Idee, dass man tatsächlich die Schüler direkt experimentieren  
198 lässt, auch im Onlineunterricht, finde ich cool, ja? Man muss es sich halt nur  
199 vorher gut überlegen und muss sich tatsächlich anschauen: Welche Materialien  
200 brauche ich? Also von daher ist es eine coole Idee, die man sich viel mehr ins  
201 Bewusstsein rufen sollte. Also das glaube ich hat schon der Kurs auch gezeigt,  
202 dass man da mit einem anderen Blick nochmal hingeh. #00:13:38-5#  
203

204 I: Und würden Sie sagen, Sie haben das auch schon mit andere Ideen dann  
205 umgesetzt? #00:13:43-5#

206

207 B: Da war nicht mehr so viel. Da war dann nicht mehr so viel, wo ich das hätte  
208 anwenden können. Oder ich hatte zu wenig Zeit, um mir darüber Gedanken zu  
209 machen, ehrlicherweise wahrscheinlich eher. #00:13:57-7#

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

#### Interview 4

I: Alles klar, habe ich. So, wunderbar. Dann würde ich vorschlagen, schauen wir gleich zur Fortbildung hin, quasi, um das es ja heute auch gehen soll. Und da würde ich gerne von dir erst einmal wissen, was war denn für dich der Kern der Fortbildung, also so die grundlegende Idee, was hast du daraus mitgenommen?

#00:01:23-4#

B: Für mich war eine grundlegende Idee, also, einmal, wie man das Apfelexperiment in verschiedenster Art und Weise einsetzen kann. War für mich das Wichtigste, ja?

#00:01:40-6#

I: Also in verschiedener Art und Weise, magst du das ein bisschen ausschmücken?

#00:01:47-3#

B: Also entweder, sage ich mal, differenzierungsmäßig, wie man es letztendlich auf verschiedene Schüler zuschneiden kann, wie man es auf verschiedene Altersstufen zuschneiden kann, wie man es von verschiedenen Blickwinkeln her betrachten kann und wie ich es, war für mich wichtig, im W-Seminar einsetzen kann. War für mich jetzt wichtig.

#00:02:17-4#

I: Wunderbar. Hast du es denn schon eingesetzt, im Unterricht?

#00:02:22-5#

B: Ja. Also kreuzt du an.

#00:02:28-5#

I: Ja, habe es schon angekreuzt. Ja, ja. Es ist so verlockend, gell, dass man hin klickt (beide lachen). Wie hast du es denn eingesetzt, da bin ich ganz neugierig?

#00:02:38-0#

B: Das ist im W-Seminar ich habe ja ein W-Seminar Nahrungsmittel und ich habe es in verschiedenen Schülerarbeiten eingesetzt. Einer hat Thema "Ascorbinsäure" gehabt, die andere das Thema "Obst", der nächste das Thema "Nahrungsmittelverderb". Und was haben wir denn noch gehabt? Ich glaube noch Vitam- / Bei "Vitamine" könnte man es, im Prinzip, auch einsetzen, ja? Aber bei diesen dreien, vorher genannten, da habe ich es eingesetzt und die

1

Interview 4

35 Schüler haben das Experiment selbstständig durchgeführt, teilweise auch  
36 daheim, und mit unterschiedlichen, ja, sage ich mal, Details. Der mit der  
37 Ascorbinsäure, für den war es letztendlich wichtig, ob diese natürliche  
38 Ascorbinsäure oder die naturähnliche Ascorbinsäure Konzentration jetzt da eine  
39 Rolle spielt. Dem habe ich also dieses abgewogen, irgendwie 53 Milligramm auf  
40 hundert Milliliter und der hat es dann außerdem, also außer dem Zitronensaft,  
41 auch noch nur mit der Ascorbinsäure getestet und dann natürlich mit Wasser.  
42 Dann, der mit dem Nahrungsmittelverderb, hat es, glaube ich, nur mit  
43 Zitronensaft, nee, der hat auch, glaube ich, beide Sachen gemacht, ja? Und die  
44 mit dem Obst, hat es jetzt, glaube ich, nur mit Zitronensäure gemacht. Also  
45 dass man da hat gesagt, auf verschiedene Facharbeiten abstimmen. Auswerten  
46 sollen sie es alle mit Excel, weil es also eine elfte Klasse ist, Gymnasium, und  
47 da, für die Facharbeit, glaube ich, ist das auch ganz gut, wenn das dann so  
48 gemacht wird. Weil sie dann halt, ja, sage ich mal, auch in der Facharbeit dann,  
49 das ganze auswerten können. Sie sollten das so auswerten, ob sie es jetzt  
50 dann wirklich machen, das ist eben die Frage, wird aber dann natürlich  
51 bewertet. Also sie sollen, wenn sie einen Einser kriegen wollen, den schon  
52 dann auch dementsprechend auswerten, ja? Wer es jetzt einfach nicht macht,  
53 der macht es halt nicht. Aber wir haben also da wirklich eine Stunde dafür auch  
54 noch Teams-Sitzung gehabt, und das also genau besprochen, wie das sein  
55 muss. Und dann auch im Einzelgespräch auch noch. Können mich auch  
56 jederzeit anschreiben, wir sind also per Teams, zurzeit, noch in Verbindung,  
57 was aber, leider, im nächsten Schuljahr nicht mehr möglich ist. #00:05:22-3#

58

59 I: Wird das eingestellt? #00:05:24-0#

60

61 B: Ja. #00:05:24-9#

62

63 I: Ah, okay. #00:05:26-0#

64

65 B: Datenschutzprobleme. #00:05:27-8#

66

67 I: Hm (bejahend). #00:05:28-3#

68

69 B: Ja (lacht). Aber war eine sehr gute Hilfe in der Corona-Zeit und auch so zur  
70 Kommunikation, vor allem im W-Seminar. #00:05:37-9#

71

72 I: Alles klar. Das kling unglaublich umfassend. Sehr, sehr cool. Mit welchen  
73 Geräten setzen die SchülerInnen das um? #00:05:49-0#

74

75 B: Mit welchen Geräten? Na, sie, ich habe ihnen beide Sachen gegeben, also  
76 die App für Apple und die App für das Android. Und es ist teils teils, also die /  
77 Zwei machen es mit Apple, soweit ich weiß, und einer mit Android. #00:06:15-  
78 6#

79

80 I: Sehr cool. Hast du das, nur kurze Zwischenfrage, hast du das neue Material  
81 angeschaut, was ich in der ersten Mail mitverlinkt hatte? #00:06:28-1#

82

83 B: Ja, habe ich auch angeschaut. Habe ich auch gekriegt, ich kann mich jetzt  
84 nur nicht mehr genau erinnern, was da drin war. #00:06:36-2#

85

86 I: Nicht so tragisch, aber da war eine neue Excel-Tabelle noch drin, die auch  
87 schon vorbereitet war und, vor allem, neue Videos. Also wie man es am iPad  
88 auch auswerten könnte mit Numbers und zu Excel auch nochmal ein neues  
89 Video. Nur für dich nochmal so zur // Info. #00:06:54-3#

90

91 B: Habe ich // gesehen und habe ich gekriegt, ja, danke. #00:06:56-2#

92

93 I: Wunderbar. Jetzt haben wir schon viel gehört, wie du das Experiment an sich  
94 eingesetzt hast, beziehungsweise, wie die SchülerInnen das machen. Was  
95 würdest du denn sagen, welche Heterogenitätsdimensionen hast du denn dabei  
96 abgedeckt? #00:07:12-6#

97

98 B: Ja. Gut, heterogen sind, naja, man muss halt sagen, es ist halt alles in der  
99 gleichen Jahrgangsstufe. Von daher könnte man das Experiment natürlich jetzt  
100 noch ganz einfach im Natur und Technik-Unterricht, fünfte Klasse, einsetzen.  
101 Oder, also ich habe dieses Jahr fünfte gehabt, nee, sechste Klasse habe ich  
102 gehabt, Entschuldigung, wäre natürlich auch noch möglich. Von daher kann ich

103 jetzt nicht sagen, das waren jetzt unterschiedliche Jahrgangsstufen. Aber die  
104 Schüler sind schon, leistungsmäßig, recht unterschiedlich. Und von daher,  
105 denke ich, muss man das jetzt mal schauen, wie das dann geht. Innerhalb der  
106 Klasse habe ich also wirklich gute Schüler, nicht so gute Schüler und einer, der  
107 ist nur gut, wenn er lernt, wenn er will und kann aber dann wirklich das sehr gut  
108 leisten. Aber der hat mir schon alles Mögliche abgegeben, also von der  
109 Schlechtesten Arbeit bis zur Besten, das kann der. Und von daher bin ich jetzt  
110 mal gespannt, wie das Ganze dann, weil ich es ja noch nicht ausgewertet habe  
111 oder die Ergebnisse noch nicht habe, dann wirkt. Aber ich würde mal sagen,  
112 innerhalb einer Klassenstufe habe ich halt jetzt das so, dass ich also das  
113 wirklich von recht schlechten Schülern bis zu sehr guten und sehr  
114 wechselhaften Schülern eingesetzt. Es sind allerdings nur drei Schüler  
115 gewesen, ja, bei denen ich es eingesetzt habe. Und, Moment, nee, vier sind es,  
116 Entschuldigung, ich hab noch eine vierte. Was hat denn die für ein Thema?  
117 Obst und Gemüse habe ich gesagt, Vitamine, Ascorbinsäure. #00:08:55-6#

118

119 I: Und Lebensmittelverderb. #00:08:57-8#

120

121 B: Ah und Pflanzenfarbstoffe, hat noch eine. #00:09:01-6#

122

123 I: Hm (erstaunt). #00:09:02-2#

124

125 B: Und da nehme ich es auch noch, genau (lacht), da ist auch / aber sie haben  
126 natürlich, also, nicht nur dieses Experiment, sondern auch noch andere, dabei,  
127 ja? Und von daher, habe ich sogar vier Arbeiten. Und von daher, kann man jetzt  
128 einfach mal schauen, wie das ankommt. Aber ich habe jetzt zumindest noch  
129 keine Rückmeldung, dass jemand gescheitert ist daran. Und sie hätten es jetzt  
130 eigentlich vor den großen Ferien machen sollen, weil sie in den großen Ferien  
131 anfangen sollen, die Facharbeiten zu schreiben. Aber ob sie jetzt wirklich dann,  
132 das wirklich jetzt durchgezogen haben, oder jetzt erst in der ersten Woche der  
133 großen Ferien noch machen, das weiß ich nicht. Wir haben halt bis November  
134 noch Zeit und im September ist dann geplant, oder ab September, dass man  
135 noch zusätzliche Versuche macht, falls jemand irgendwie noch eine  
136 Vergleichsprobe braucht oder solche Geschichten, ja? Aber, ich denke,

137 heterogen ist es also leistungsmäßig her schon, aber nicht altersmäßig, sage  
138 ich mal, ja? Es sind alle elfte Klasse. #00:10:04-2#  
139  
140 I: Und hast du in der Instruktion was verändert für die SchülerInnen, also für die  
141 verschiedenen Themen oder Leistungsniveaus von den Schülern? #00:10:14-  
142 0#  
143  
144 B: Also nicht bewusst auf Leistungsniveau zugeschnitten, sondern, wir haben  
145 eine Einzelbesprechung bei jedem im W-Seminar und da wird die Arbeit einzeln  
146 besprochen. Von daher habe ich da individuell, also mit den Schülern praktisch,  
147 die Instruktionen gemacht. Ich mache auch manchmal, Versuche die schwierig  
148 sind, beziehungsweise, bei denen ich nicht so eine Anleitung habe, mache ich  
149 mit den Schülern zusammen, oder auch gefährlich. Das war jetzt nicht so, dass  
150 ich individuell mit denen den Versuch gemacht habe, das mache ich sonst  
151 häufig. Aber ich habe also die Einzelnen und auch in der Gruppe unterwiesen,  
152 ja? #00:10:57-5#  
153  
154 I: Hm (bejahend). #00:10:58-6#  
155  
156 B: Und dann haben sie ja noch die Online-Anleitung von dir, sozusagen, ja, das,  
157 oder, beziehungsweise, das Schriftliche dann halt digital gekriegt, per Teams.  
158 #00:11:09-4#  
159  
160 I: Wunderbar. Klingt sehr gut. Gibt es denn bestimmte Faktoren oder  
161 Umstände, wo du sagen würdest, das hat dich jetzt unterstützt dabei, das  
162 Apfelexperiment so einzusetzen? #00:11:23-4#  
163  
164 B: Was hat mich unterstützt? #00:11:26-3#  
165  
166 I: Gibt es Faktoren oder irgendwas, wo du sagst, ja, das war ausschlaggebend  
167 dafür, das hat mich unterstützt, darum habe ich es gemacht? #00:11:33-6#  
168  
169 B: Ach so. Ja, ausschlaggebend war, dass es ungefährlich ist. [Hallo (unv.).  
170 #00:11:40-0#

171

172 XXXXXXXXXXXXXXXX

173

174 B: XX Also, einmal  
175 das es sicherheitstechnisch unbedenklich ist. Dass man es alleine machen  
176 kann auch, wenn es sein muss. Dass es, also war vor allem in der Corona-Zeit  
177 dann sehr gut dann, weil nach wie vor Schüler krank waren und auch längere  
178 Zeit krank waren. Also der Unterricht ist zwar, offiziell, normal gelaufen, aber wir  
179 haben schon gescheitete Lücken gehabt bei den Schülern. Dann, dass es  
180 natürlich sehr gut auswertbar ist und, ja, auch mit Excel quantitativ und  
181 qualitativ auswertbar, also beides. Und von daher kannst du halt differenzieren,  
182 auch für die fünfte Klasse das einfach auch machen. Also für die Fünftklässler  
183 ist das toll, wenn da, sich der Apfel verfärbt. Man muss aber schauen, dass es  
184 halt klappt, ne, man braucht dann einen bräunenden Apfel, der das schnell  
185 macht, und dann machen die das super gerne, diese Geschichte, ja? Also das  
186 geht von der fünften bis zur zwölften Klasse mit Sicherheit, dieses Experiment  
187 zu machen, auf unterschiedlichen Niveaus. Also von daher ist es / Und es  
188 klappt. Das ist // wichtig. #00:13:03-5#

189

190 I: wichtig. // #00:13:04-2#

191

192 B: Ja. Und hat einen Wirklichkeitsbezug, muss man auch sagen. Etwas, was  
193 die Schüler eigentlich leicht verstehen können. Ist nicht so abstrakt wie andere  
194 chemische Sachen. #00:13:17-3#

195

196 I: Hm (bejahend). Jetzt hast du gesagt, du hast ja jetzt noch Zeit, bist du das  
197 lesen darfst von deinen Schülern, gell, es ist, glaube ich, Ende Oktober, oder  
198 nach den Allerheiligen-Ferien, ist doch Abgabe von der Facharbeit, oder?  
199 #00:13:30-1#

200

201 B: Genau. #00:13:30-6#

202

203 I: Ja, genau. Was würdest du denn jetzt schon sagen, würdest du es nochmal  
204 einsetzen? #00:13:37-0#

205

206 B: Ja. Also ich werde es mit ziemlicher Sicherheit nochmal einsetzen. Im W-  
207 Seminar, weil wir, ja, oft Sachen mit Nahrungsmitteln machen, aus  
208 verschiedensten Gründen. Einmal bin ich auch Sammlungsleiter, und wenn  
209 man jedes Jahr neue Chemikalien kauft, jedes Jahr neue Gefahrstoffe kauft,  
210 dann ist das schlecht. Von daher setze ich gerne Versuche ein, die ungefährlich  
211 sind. Und dann auch mit dem Bezug zur Wirklichkeit, denke ich, wird das auf  
212 jeden Fall nochmal eine Rolle spielen. Auch dann vielleicht einmal in der fünften  
213 Klasse in Natur und Technik. Ja. #00:14:16-1#

214

215 I: Wunderbar. Jetzt hattest du vorher so die Kernidee für dich beschrieben, dass  
216 man also das Apfelexperiment in verschiedenen Facetten durchführen kann.  
217 Und auf verschiedene Art und Weisen, hattest du gesagt, gell, habe ich das  
218 richtig wiedergegeben, ja? #00:14:33-0#

219

220 B: Hm (bejahend). #00:14:33-7#

221

222 I: Hat das in irgendeiner Form deinen Unterricht, außerhalb von diesem  
223 Apfelexperiment, beeinflusst? #00:14:41-1#

224

225 B: Dass ich von verschiedenen / Unterricht außerhalb des / Du meinst von der  
226 Differenzierung her und so? An sich wenig, muss ich sagen, weil ich lege mir  
227 meinen Unterricht halt schon auch, ja / Es kommt immer auf die einzelne  
228 Unterrichtsstunde drauf an. Also mir ist schon bewusst, dass man verschiedene  
229 Schüler unterschiedlich fördern muss und dass man versuchen muss, Dinge,  
230 die also hier gemacht werden oder in der Fortbildung waren, auch machen  
231 muss. Aber, speziell, sag ich jetzt mal, auf Grund der Fortbildung, meinen  
232 Unterricht bewusst verändert, habe ich jetzt nicht, nein. #00:15:23-7#

233

234 I: Hm (bejahend). #00:15:23-9#

235

236 B: Aber, ich denke halt, grundsätzlich, versucht man halt allen, in irgendeiner  
237 Weise, gerecht zu werden. #00:15:32-2#

238

239 I: Und hinsichtlich der Medien? #00:15:35-6#

240

241 B: Ob ich die Medien verändert habe in meinem Unterricht? Nö, eigentlich, also,  
242 ich habe insgesamt jetzt mehr digital gemacht. Aber ob das jetzt wirklich auf  
243 Grund der Fortbildung war oder eher auf Grund der Corona-Zeit? Eher auf  
244 Grund der Corona-Zeit, weil ich mir da also ein Tablet zugelegt habe und mit  
245 dem Rechner dann auch viel gemacht habe. Und ich habe jetzt, letztendlich,  
246 aber auch noch meine Tafel. Das ist immer situationsbedingt, was ich halt, in  
247 Chemie vor allem jetzt, brauche. Wenn ich Formeln bespreche oder so was,  
248 dann ist es oft an der Tafel am besten, finde ich. Wenn ich andere Dinge, wenn  
249 ich also noch Filme mit dabei habe, dann mache ich es gerne mit dem Tablet.  
250 Oder wenn ich es jetzt so aufbereiten will, dass ich es möglichst einfach an die  
251 Schüler daheim schicke oder einen Online-Unterricht direkt mache, dann läuft  
252 es über Tablet, ja? Weil halt die ganze Sache dann, das Tafelbild, halt digital  
253 dann vorhanden ist, ja? #00:16:48-0#

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

### Interview 5

I: Habe ich gut geraten. Wunderbar. Ja, dann würde ich sagen, starten wir schon direkt mit den Inhalten der Fortbildung. Und zwar da die erste Frage mal zum warm werden. Was hast du denn jetzt noch im Gedächtnis? Was war für dich die grundlegende Idee der Fortbildung? #00:01:20-0#

B: Die grundlegende Idee der Fortbildung war für mich, dass man enzymatische Prozesse sichtbar machen kann, indem man die Farbveränderung digital misst. Das war jetzt für mich die grundlegende Idee bei dem Thema Enzyme, klar. // Also, #00:01:49-0#

I: (unv., Tonsörung) // #00:01:49-0#

B: ja. #00:01:50-0#

I: Wunderbar. Das ist ja auch schon ganz konkret jetzt für das Apfelexperiment, was du gesagt hast. Weil das ist ja der Kern. Hast du denn das Apfelexperiment im Unterricht bereits eingesetzt? #00:02:02-0#

B: Leider nein. Muss ich das anklicken? Nee, nee. #00:02:04-0#

I: Nee. Das mache ich für dich. #00:02:06-0#

B: Ja. Jetzt muss ich ganz kurz mein iPad anschließen. Da sehe ich, dass das nicht/ sonst ist da der Strom weg. Aber das geht ganz schnell. #00:02:16-0#

I: Gar kein Problem. #00:02:18-0#

B: So, jetzt. // Gut. #00:02:22-0#

I: Also // du hast das noch nicht // eingesetzt, oder? #00:02:25-0#

B: Nein. Leider nicht. // #00:02:25-0#

1

Interview 5

35 I: Warum hast du es denn noch nicht eingesetzt? #00:02:29-0#  
36  
37 B: Das ist jetzt bei mir ein ganz blöder Grund. Ich hatte nämlich eine  
38 Verletzung und war bis Ostern krank und musste dann schauen, dass ich mit  
39 dem Stoff weiterkomme. War da natürlich mit den Enzymen schon weg. Hätte  
40 jetzt am Ende der elften Klasse noch mal Enzyme in Chemie und habe da aber  
41 leider jetzt keine Zeit mehr. Also das war jetzt bei mir wirklich so ein, ja, blödes  
42 Aufeinandertreffen von Ursachen oder Gründen. #00:03:00-0#  
43  
44 I: Verstehe ich. Das heißt, das war eine persönliche // zeitliche #00:03:05-0#  
45  
46 B: Ja. // #00:03:05-0#  
47  
48 I: Hürde jetzt einfach // gerade. #00:03:06-0#  
49  
50 B: Ja. // Genau, genau. #00:03:07-0#  
51  
52 I: Gab es denn vielleicht noch andere Hürden? Wo du sagst: „Ah, darum habe  
53 ich damit gezaudert jetzt.“ #00:03:15-0#  
54  
55 B: Also wenn man jetzt mal davon absieht, dass man sagt: „Hör mal, ich hatte  
56 eine zehnte Klasse und da bespricht man Enzyme schon am Anfang vom  
57 Schuljahr mehr.“ Dann wäre das natürlich ein Grund gewesen, warum ich  
58 gesagt hätte: „Nee, das mache ich jetzt mittendrin nicht mehr.“ Wenn das jetzt  
59 alles nicht der Fall gewesen wäre, dann hätte für mich eine Hürde sein können  
60 vielleicht die Größe der Klasse. Ich habe in meiner Zehnten dreißig Schüler mit  
61 wirklich ganz unterschiedlichem Interesse auch für Bio und so. Also das hätte  
62 jetzt für mich eine Hürde sein können, dass es einfach so viele Schüler sind.  
63 Genau. Also die Menge. Ansonsten, ich meine, das Experiment an sich, wenn  
64 ich mich da jetzt noch richtig erinnere, war ja jetzt von der Durchführung her  
65 nicht so kompliziert. Eher die Auswertung. Da hätte ich mir vielleicht überlegt,  
66 wie könnte ich die Auswertung vereinfachen. Weil ich mich mit Excel überhaupt  
67 nicht gut auskenne. Und du hast uns ja Hilfestellungen gegeben und mir auch  
68 noch mal etwas nachgeschickt dann. Aber das hätte jetzt sein können, dass ich

69 mir überlege: „Wie könnte ich denn die Auswertung anders machen? Können  
70 die das nicht einfach aufschreiben, ohne dass man es mit Excel macht und  
71 dann einfach so einen Graphen zeichnet?“ #00:04:40-0#  
72  
73 I: Du hast jetzt viele inhaltliche Punkte genannt. Darf ich dann annehmen, dass  
74 quasi so die Ausstattung zum Beispiel kein Problem gewesen wäre?  
75 #00:04:54-0#  
76  
77 B: Nee, nee. Die Ausstattung wäre kein Problem gewesen. Nee. #00:04:59-0#  
78  
79 I: Das heißt, ihr habt Schulgeräte, die ihr nutzen könnt dafür? #00:05:03-0#  
80  
81 B: Ja. Die sind zwar jetzt nicht mehr die modernsten. Aber die können wir  
82 nutzen. Und schlimmstenfalls hätten die Schüler ja auch bei mir jetzt die  
83 Handys benutzen dürfen. Das mache ich auch immer wieder mal, wenn man  
84 jetzt etwas Kürzeres macht. Also die Ausstattung wäre jetzt kein Grund  
85 gewesen. Nee. #00:05:23-0#  
86  
87 I: Was habt ihr für Schulgeräte, wenn ich ganz // (unv., Tonstörung)  
88 #00:05:27-0#  
89  
90 B: Wir haben // Samsung. Wir haben kein Apple. Und unsere einfacheren  
91 Geräte, das weiß ich gar nicht genau, was das ehrlich gesagt für Marken sind.  
92 Wir haben verschiedene Koffer. Da ist Samsung dabei und die einfacheren,  
93 kleineren weiß ich nicht. #00:05:43-0#  
94  
95 I: Okay. Alles klar. Ja, aber ich meine Samsung steht ja Apple in nichts nach, //  
96 also. #00:05:50-0#  
97  
98 B: Ja. // Ja. // Auf jeden Fall. #00:05:51-0#  
99  
100 I: Da könnte man jetzt nicht // sagen, was da besser wäre, also. #00:05:53-0#  
101  
102 B: Ja. #00:05:54-0#

103

104 I: Was würde dir denn helfen/ also, nein, erst die andere Frage. Hast du denn  
105 vor, das Apfelexperiment einzusetzen? Und wenn ja, was würde dir denn  
106 helfen? Oder wenn nein, was bräuchtest du, um es einzusetzen? #00:06:12-0#  
107

108 B: Ich würde es auf jeden Fall einsetzen. Weil ich fand das schon toll, also mit  
109 dieser App dann da diese Farbveränderung zu messen. Das fand ich auf jeden  
110 Fall toll. Wie könnte man mich unterstützen? Also jetzt ausstattungstechnisch  
111 eigentlich wenig. Und wie gesagt, mit Excel/ ich habe mir da jetzt das noch nicht  
112 genauer angeschaut. Du hast ja da noch mal etwas nachgeschickt. Ich denke  
113 mir, man würde das auch hinkriegen. Also da würde ich vielleicht auch auf  
114 Schüler zurückgreifen. Da sind ja vielleicht auch noch welche dabei, die das  
115 schon besser können. Also ich wüsste jetzt nicht, wie du mich unterstützen oder  
116 wie man mich da unterstützen könnte. #00:06:56-0#  
117

118 I: Du darfst da auch gerne an deine LehrerkollegInnen denken. Würdest du  
119 sagen, das ist in Kooperation leichter? Könnte das dich unterstützen? Also an  
120 so etwas // hatte ich gedacht. #00:07:06-0#

121

122 B: Ja, ja. // Okay, also das würde mich auf jeden Fall unterstützen, wenn man  
123 das zu zweit versucht. Und mich würde natürlich unterstützen, wenn man jetzt  
124 sagt, man könnte irgendwie die Gruppen trennen, man könnte jetzt zwei  
125 kleinere Gruppen daraus machen. Das, glaube ich, würde mich auch  
126 unterstützen. Weil das finde ich immer anstrengend, wenn das so große  
127 Gruppen sind. Und die brauchen schon Hilfe, in der Regel. Und wenn man es  
128 macht/ es ist ja schon ein Experiment, wo auch Theorie dahintersteckt. Es geht  
129 ja nicht nur darum, das zu messen, sondern es geht ja auch um die Theorie, die  
130 dahintersteckt. Und das ist, glaube ich/ gut, das könnte ich mir vorstellen, dass  
131 man das in einer großen Gruppe erklärt, aber dann experimentiert vielleicht in  
132 zwei kleineren Gruppen. Sodass auch dann wirklich etwas dabei herauskommt,  
133 ja? Und nicht nur digital irgendetwas machen, sondern das auch schon mit  
134 Verständnis machen. Was ich mir gut vorstellen könnte, wäre, das auch in so  
135 einem Kurs für/ also entweder in einem freiwilligen Praktikum. Oder was wir  
136 auch haben und das würde ich der Kollegin/ also ich habe das auch schon

137 weitergegeben. Wir hatten auch ein biochemisches Praktikum jetzt in der elften  
138 Klasse. Und dafür fände ich, wäre das in meinen Augen sehr gut geeignet. Weil  
139 man da einfach eine kleinere Gruppe hat. Die hatte, glaube ich, jetzt halt nicht  
140 mal zehn Schüler gehabt. Ich glaube, das waren unter zehn Schüler. Und da  
141 fände ich das super. Und da könnte man auch dann wirklich mal zwei  
142 Doppelstunden machen. Dass man dann erst mal die Versuche durchführt und  
143 in der anderen in Ruhe auswertet. Also das fände ich jetzt ganz toll eigentlich, in  
144 dem Rahmen das zu machen. Wenn man das halt nicht hat, dann halt einfach  
145 wirklich mit einer kleineren Gruppe, vielleicht schon mit einem Kollegen oder  
146 Kollegin zusammen. Ja. #00:08:54-0#

147

148 I: Wunderbar. Ich glaube, zum Apfelexperiment haben wir jetzt schon recht viel  
149 gesagt. Möchtest du da noch etwas ergänzen, zum Apfel? Ansonsten habe ich  
150 weitere Fragen. Gar kein Problem. #00:09:08-0#

151

152 B: Ja, ja. Nee, eigentlich nicht. #00:09:10-0#

153

154 I: Okay. Und zwar hattest du ja vorher schon die Kernidee der Fortbildung, also  
155 das, was du mitgenommen hast aus der Fortbildung, beschrieben. Und da  
156 würde mich interessieren, hast du das denn außerhalb von dem  
157 Apfelexperiment-Gedanken vielleicht irgendwie in deinen Unterricht integriert?  
158 #00:09:28-0#

159

160 B: Also dieses Messen von Farbveränderungen, ja. Oder dieses Nutzen dieser  
161 App zum Beispiel. #00:09:42-0#

162

163 I: Zum // Beispiel. #00:09:43-0#

164

165 B: Ja. // Die Kern/ nee. Nee. #00:09:49-0#

166

167 I: Ich meine, du könntest auch sagen, keine Ahnung: „Ich habe sonstige  
168 Excel-Auswertungen gemacht“, oder so etwas in die // Richtung. #00:09:53-0#

169

170 B: Ja. // Ja. Nee. Nee, habe ich nicht. #00:09:56-0#

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

## Interview 6

I: Und zwar gab es ja viele verschiedene Aspekte in der Fortbildung, und da würde ich gerne von dir wissen: Was hast du denn jetzt noch im Kopf? Was war denn für dich die grundlegende Idee der Fortbildung? #00:01:38-0#

B: Das Experimentieren mit biologischem Material und bei gleichzeitigem Einsatz der digitalen Medien, in dem Fall des Handys. Und dann gab es ja diese Farbbestimmung über das Handy, also über dieses Software Programm. Genau, das/ #00:02:09-1#

I: Perfekt. Ja, ja, wunderbar. Du hast vorher schon verraten, dass du es noch nicht eingesetzt hast im Unterricht, liege ich da richtig? #00:02:20-4#

B: Da liegst du richtig, da muss ich wohl das Kreuz jetzt ansetzen, oder? #00:02:24-8#

I: Genau, ich kreuze mal das // jetzt an. #00:02:27-6#

B: Ach so, du kreuzt // an, // okay. #00:02:27-9#

I: Ja, // genau. Warum hast du es denn noch nicht eingesetzt? #00:02:31-7#

B: Mangels Zeit eigentlich, und Mangels Zeit mich da in die Gegebenheiten vor Ort einzuarbeiten. Also sprich, dann die, ja, mit den Kindern quasi vor Ort das zu planen und auch wirklich umzusetzen. #00:02:54-6#

I: Das heißt, es war von der Zeit her, von der Stofffülle her noch nicht möglich, oder vom Lehrplan? Was meinstest du mit Zeit? #00:03:06-7#

B: Quasi dies, ja, von der Stofffülle. Mich da quasi, ja, das so einzusetzen, das in den Unterricht einzufügen, und mich eben vorher auch schon damit auseinander zu setzen. Also das selber so zu planen, das braucht ja auch Zeit. Also das war Zeit auf meiner Seite, und Zeit auch, ja, im Lehrplan oder einer, wie sagt man? Stoffverteilung. #00:03:35-5#

1

Interview 6

---

35

36 I: Ganz klar. Wie waren denn so Aspekte wie Ausstattung oder so? Du hast jetzt  
37 gesagt, auf die Gegebenheiten sich einlassen vor Ort. Magst du das noch ein  
38 bisschen Konkretisieren? #00:03:51-7#

39

40 B: Ich muss mal kurz ein bisschen zurückdenken. Also es war ja quasi, das  
41 Handy einzusetzen, dann aber auch noch quasi die Kamera so ein bisschen/  
42 Das war jetzt ja eigentlich gar nicht so aufwendig, aber das so, mich da so rein  
43 zu denken, dass ich das quasi dann Schülern dann eben auch noch klar  
44 machen kann, und die da sozusagen einbinden kann, das Ganze mit einer, für  
45 mich, relativ großen Klasse und schwierigen Schülern und da fehlte mir jetzt  
46 einfach sozusagen, der Freiraum, das war eigentlich das hauptsächliche  
47 Problem. #00:04:32-9#

48

49 I: In welcher Jahrgangsstufe bewegen wir // uns? #00:04:35-5#

50

51 B: Achte // Klasse wäre das dann gewesen. #00:04:38-2#

52

53 I: Ja, und relativ viele. Es sind wahrscheinlich dann auch knappe dreißig  
54 Schüler\*innen, oder? #00:04:44-3#

55

56 B: Ja, in dem Fall zwar jetzt nicht, das sind dann nur 23 gewesen, aber wir  
57 haben recht, ja, charaktervolle Typen da gerade in der Klasse, und die dann, ja,  
58 alle dahin zu führen, wo ich das gern hätte, ist dann oftmals ein bisschen  
59 schwierig. #00:05:01-0#

60

61 I: Verstehe ich. Das heißt es war vielleicht auch eine ganz konkrete Hürde,  
62 also? #00:05:05-0#

63

64 B: Ja. #00:05:08-7#

65

66 I: Genau, das ist ja nicht verwerflich, ich habe ja gesagt, das spielt gar keine  
67 Rolle ob du es eingesetzt hast, oder ob du es nicht eingesetzt hast, weil wenn  
68 du es eingesetzt hättest, dann würde ich gerne wissen wollen: Wie und warum?

2

Interview 6

69 und wenn du es nicht eingesetzt hast: Was waren denn die Hürden? Weil es ist  
70 ja für mich auch sehr wichtig zu wissen, wo vielleicht die Grenzen einfach sind.  
71 #00:05:29-5#  
72  
73 B: Hm. (bejahend) #00:05:30-5#  
74  
75 I: Jetzt hatten wir quasi die zeitliche Dimension als Hürde, und die  
76 Klassenkonstellation, das da schwierige Schüler da drin waren. Kannst du die  
77 ein bisschen beschreiben. Was war schwierig an denen, dass das eben genau  
78 mit dem Experiment nicht geklappt hätte? #00:05:47-2#  
79  
80 B: Ja, die Aufmerksamkeit der Kinder so zu lenken, dass sie tatsächlich sich auf  
81 das Experiment konzentrieren und dass sie nicht alles mögliche andere machen  
82 und gleichzeitig eben dann, ja, den Überblick zu bewahren und die Kinder  
83 fachlich und auch pädagogisch zu steuern. Das sah ich da jetzt schwierig, wenn  
84 ich jetzt selber noch mit der Materie noch nicht so vertraut bin. #00:06:18-2#  
85  
86 I: Und du hattest ja gesagt, das ist die zeitliche Komponente gewesen, sich  
87 vorzubereiten, sich vertraut zu machen damit. Sich wieder damit vertraut zu  
88 machen quasi, mit der App und mit Excel, mit der Auswertung. #00:06:34-6#  
89  
90 B: Hm. (bejahend) #00:06:35-3#  
91  
92 I: Ist das so gemeint? #00:06:36-4#  
93  
94 B: Ja. #00:06:37-5#  
95  
96 I: Gab es noch irgendwie weitere Faktoren, wo du sagst, das war ganz konkret  
97 ein Hindernis? #00:06:46-3#  
98  
99 B: Ja, na ja, schon so ein bisschen auch, dass die Befürchtung, dass sich das  
100 so verläuft, also dass das bei den Schülern nicht so ankommt, wie ich das jetzt  
101 gerne hätte. Das ich das Ziel nicht erreiche, dass sie damit sozusagen Zeit  
102 verschwenden, weil, in Anführungsstrichen, weil einfach nicht das dabei

103 rauskommt, nicht annähernd, was jetzt wünschenswert wäre. Also, dass die  
104 sich, dass sich die Kinder quasi, ja, also dass sie da neue Erkenntnisse  
105 gewinnen. #00:07:20-1#  
106  
107 I: Okay, was wären das für Erkenntnisse, die man da erwarten hätte können?  
108 #00:07:29-9#  
109  
110 B: Quasi einmal der, ja, (...) ich muss kurz überlegen, der Blick auf natürlich  
111 ganz alltägliche Sachen, das wäre jetzt nicht so schwer gewesen, wäre ihnen  
112 vielleicht zu banal vorgekommen, aber dass dann eben zu verbinden, mit einer  
113 ziemlich akkuraten Vorgehensweise, da muss man ja schon sehr genau  
114 vorgehen, aber genau nach einer Minute das nächste Bild machen und, ja,  
115 quasi da so die Verbindung vollständig hinzukriegen, dass sie auch wirklich  
116 dann merken, dass das, ja, (...) ich verhaspel mich jetzt gerade ein bisschen.  
117 (lacht) #00:08:25-6#  
118  
119 I: Nein alles gut, und ja, // (unv.) #00:08:30-4#  
120  
121 B: Also dass das, // genau, dass das Fachliche irgendwas, was dabei  
122 rauskommen sollte, dass das bei den Schülern wirklich auch ankommt.  
123 #00:08:36-0#  
124  
125 I: Alles klar. Dankeschön erst einmal für die Beschreibung, was denn so Hürden  
126 waren. Wenn wir da jetzt halt nochmal drüber nachdenken, was wären denn  
127 vielleicht Möglichkeiten? Oder was würde dich denn unterstützen, das  
128 Experiment doch einzusetzen? #00:08:56-4#  
129  
130 B: Ja, vielleicht kleinere Klassen, ähm, kleinere Gruppen zu bilden, Assistenz  
131 zum Beispiel zu haben. Nebenbei irgendwie vielleicht ein zwei Kollegen, die  
132 dann quasi die anderen Gruppen übernehmen, so dass man sich dann wirklich  
133 auf einige wenige Schüler zum Beispiel dann konzentrieren kann, und auf die  
134 eingehen kann dann auch. Und genau, das ist das Eine. Das Nächste wäre  
135 wahrscheinlich, wäre mit Sicherheit gewesen, dass man das selber noch ein  
136 paar mal macht, um da einfach Sicherheit zu gewinnen, bei dem ganzen

137 Vorgehen, bei dem Prozedere. Dann auch Schwierigkeiten der Kinder besser  
138 auffangen zu können. #00:09:37-7#  
139  
140 I: Ja. #00:09:39-8#  
141  
142 B: Genau, dass war dann eben auch so ein Punkt, wo mir dann die Zeit fehlte,  
143 mich da nochmal rein zu arbeiten. #00:09:46-4#  
144  
145 I: Ja, ganz klar, ganz klar. Das hat ja schon so einen gewissen Aufwand. Wie ist  
146 denn das mit Ausstattung? Also ich meine, man kann ja mit den eigenen  
147 Geräten arbeiten. In der achten Jahrgangsstufe haben sie wahrscheinlich schon  
148 eigene Smartphones, aber hättet ihr auch die Möglichkeit, Schulgeräte zu  
149 nutzen? #00:10:02-8#  
150  
151 B: In der Klassenstufe nicht. Also wir haben jetzt für die sechsten Klassen neu  
152 eingeführt, dass die Tablets benutzen, und das zieht sich jetzt dann hoch, also  
153 nächstes Schuljahr dann auch siebte Klasse, aber in der achten haben sie es  
154 eben da jetzt noch nicht gehabt. Also, vielleicht hätte man es auch mit der  
155 sechsten Klasse machen können, kommt mir jetzt gerade so, aber ja, aber,  
156 aber, (lacht) die, ja, dass hängt dann auch ein bisschen von der Klasse ab, wie  
157 lebhaft die sind und gleiches Problem eigentlich. Aber stimmt, das wäre  
158 natürlich auch gegangen, ja. #00:10:46-8#  
159  
160 I: Ja, nur eine Frage. Also, wie denn so die Ausstattung ist überhaupt, weil das  
161 ist ja auch sehr unterschiedlich von Schule zu Schule. #00:10:53-9#  
162  
163 B: Stimmt, ja, ja. Das WLAN ist auch oft nicht so gut bei uns, also nicht so  
164 sicher und dann, ja, ist es dann eine Sache, die Frage, ob es klappt. Man hätte  
165 es natürlich auch zentral machen können, also dass man es einfach vorführt  
166 quasi und die Kinder dann nur zugucken, aber das wäre wahrscheinlich weitaus  
167 weniger spannend gewesen, könnte ich mir vorstellen. #00:11:18-2#  
168  
169 I: Ja, vor allem, weil es ja eigentlich so was schön Simples ist, was ja völlig  
170 ungefährlich ist, was man wirklich jemanden, wenn die, also auch kleinen

171 Schülern schon in die Hand geben kann. #00:11:28-0#  
172  
173 B: Ja, stimmt, ja. Ja. #00:11:29-8#  
174  
175 I: Ja, wunderbar, vielen Dank. Wir kommen nochmal auf die Kernidee von der  
176 Fortbildung zurück. Die hattest du ja vorher schon formuliert. Hat sich denn  
177 diese, dieser Kerngedanke irgendwie anders in deinem Unterricht gezeigt, dass  
178 du es irgendwo anders verwendet hast vielleicht? #00:11:51-9#  
179  
180 B: Nein, direkt verwendet noch nicht, aber es hat schon ein bisschen was  
181 ausgelöst. Also, dass ich, (lacht) ja, auch wenn ich es noch nicht eingesetzt  
182 habe, doch einfach schon ein bisschen, ja, es hat den hohen Zaun ein bisschen  
183 geöffnet schon, um da auch mal andere Wege zu beschreiten, dass es, und zu  
184 merken, dass es vielleicht nicht immer eigentlich mit so einem Riesenaufwand  
185 geschehen muss, sondern dass man das durchaus auch integrieren könnte in  
186 den ganz normalen Unterricht. #00:12:26-0#  
187  
188 I: Jetzt waren wir gerade beim Experimentieren? Oder magst du es nochmal  
189 konkretisieren, was // genau dir/ #00:12:31-9#  
190  
191 B: Ja. // Also eben das Experimentieren, dass man da eben auch so mit kleinen  
192 Mitteln eigentlich solche kleinen, ja, recht fast alltäglichen Phänomene quasi  
193 einfach nochmal sichtbar machen kann auch, wissenschaftlich angehen kann,  
194 das war mir vorher jetzt nicht so klar. Und das ist eigentlich, mit relativ geringem  
195 Aufwand möglich wäre. #00:12:56-8#  
196  
197 I: Und in Bezug auf die Digitalen Medien? Weil, die hattest du ja vorher auch  
198 erwähnt, dass man die eben dazu nutzen kann. #00:13:04-8#  
199  
200 B: Ja, genau. Eben, dass man so was dann eben auch miteinander verbinden  
201 kann. Also dass man so, eben alltägliche Phänomene tatsächlich dann auch  
202 zum Beispiel, ja Fotografieren, Filmen könnte, also das dokumentieren könnte  
203 den Vorgang, und dass dann eben gleichzeitig dann noch diese, ja, wie sagt  
204 man jetzt? Also diese Veränderung, dann sozusagen digital dokumentieren

205 könnte. #00:13:33-8#

206

207 I: Das heißt, die Idee ist da, sie wartet jetzt quasi drauf, umgesetzt zu werden?

208 #00:13:41-4#

209

210 B: Sozusagen, so könnte man sagen, ja. Das vielleicht einfach auch, wenn ein

211 bisschen Zeit da ist, vielleicht in den Ferien, nochmal so ein bisschen zu

212 überlegen, oder vielleicht auch in ganz anderen Bereichen nochmal zu

213 überlegen: Wo könnte man denn das noch vielleicht noch einsetzen? So das

214 Handy oder eben solche Software. #00:14:04-3#

## Interview 7

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Wunderbar. Dann würde ich sagen, gehen wir schon in (unv.) in die Fortbildung rein. Und zwar die erste Frage ist so ein bisschen so zum Erinnern, was war denn für dich die grundlegende Idee der Fortbildung? #00:01:10-5#

B: Mit digitalen Medien, mit digitalen Tools experimentieren im Unterricht, zu ermöglichen, zu vereinfachen und für gänzlich alle Klassen oder für alle Schüler in der Klasse möglich zu machen. (...) Gut auswendig gelernt. (lacht)  
#00:01:34-6#

I: Wie, als hättest du die Frage vorher gewusst. (lachen) Wunderbar. Das trifft es ziemlich gut, weil es waren ja viele verschiedene Punkte in der Fortbildung drin. Und ein wichtiger Punkt war natürlich dabei das Apfelexperiment. Und da meine Frage, hast du es denn eingesetzt im Unterricht? #00:01:55-2#

B: Bisher noch nicht, einfach, weil thematisch das bisher in den Klassen, die ich habe, einfach noch nicht umsetzbar war, in, wie sage ich es jetzt? Den fachlichen Hintergrund allerdings, den habe ich in der elften Klasse tatsächlich im Zuge der Enzymatik angesprochen und auch schon umgesetzt, das Experiment selber allerdings natürlich noch nicht. #00:02:19-1#

I: Das heißt, beim fachlichen Hintergrund hast du also die PPO vorgestellt und das mit Zitronensaft (unv.) ist, also mit Vitamin C und so, diese Punkte?  
#00:02:33-1#

B: Richtig, richtig. War natürlich nicht primär auf das Enzymatische gelegen, sondern eher auf L2 hinsichtlich der Gentechnik, weil wir da einen Vortrag zu den Arctic Apples hatten und das natürlich da super reingepasst hat. Und dann haben wir das Thema da noch mal so ein bisschen reingeschmissen.  
#00:02:50-8#

I: Ja, perfekt. Also das freut mich sehr. Warum hast du es dann nur theoretisch gemacht? Und warum hast du das Experiment nicht verwendet? #00:03:00-6#

1

Interview 7

35 B: Weil wir zeitlich einfach so knapp dabei waren, dass ich mir leider keine  
36 Doppelstunde dafür aus dem Kreuz leiern konnte. (unv.), mindestens eine  
37 Doppelstunde, wahrscheinlich sogar eher noch länger. #00:03:12-7#

38

39 I: Alles klar. Ja, komplett nachvollziehbar. Darum frage ich ja auch so. Wie, ich  
40 habe einfach da ein paar Nachfragen dazu. Und zwar, wenn du sagst, es war  
41 jetzt nicht, von der Zeit her nicht möglich. Das hätte ja in den Lehrplan gepasst,  
42 das heißt, es war wirklich der rein der Lehrplanfaktor im Grunde, dass da  
43 einfach sonst nicht mehr rausgegangen wäre. Wie hätte das denn mit der  
44 Ausstattung ausgeschaut? (unv.). #00:03:40-2#

45

46 B: Die Ausstattung hätten wir alles dagehabt. Wir sind eine Schule, die sehr  
47 digitalisiert ist. Bei uns hat jeder Schüler ein iPad, also von der fünften bis zur  
48 zwölften hoch. Jetzt gerade durch Corona haben wir da noch mal aufgestockt.  
49 Die letzten Jahre war es so, dass ab der zehnten Klasse ein iPad zur Verfügung  
50 gestanden ist. Und im Zuge von Corona, Homeoffice, E-Learning wurden dann  
51 natürlich alle anderen Jahrgangsstufen nach und nach auch noch ausgestattet.  
52 Und jetzt haben wirklich von fünf bis zwölf jeder Schüler ein iPad zur Verfügung.  
53 Das heißt, theoretisch von der Ausstattung her ist es absolut möglich bei uns.  
54 #00:04:20-8#

55

56 I: Okay, Respekt. Du sagst so, ja haben natürlich nachgezogen, gar nicht  
57 natürlich. Also was ich da von anderen Schulen höre, mhm, mhm. (verneinend)  
58 Finde ich schon sehr, sehr cool. Das heißt, von der Ausstattung her wird nichts  
59 gemangelt. Gibt es noch andere Hürden, die du beschreiben könntest?  
60 #00:04:40-2#

61

62 B: Ja, ich habe, glaube ich, schon direkt in der Fortbildung selber schon  
63 angesprochen oder jemand anderes war es. Ich bin mir nicht mehr sicher. Und  
64 auch bei der Evaluation danach einfach dieser Riesenrattenschwanz, den das  
65 nach sich gezogen hat mit der Auswertung. Ich finde, diese Auswertung ist  
66 super wichtig. Die gibt super viele Informationen her, auch auf Softskills. Wie  
67 gehe ich eigentlich mit Daten um? Wie gehe ich mit Programmen um und so  
68 weiter. Das Handling für eine 12. Klasse oder sogar noch weiter drunter, fand

69 ich allerdings unfassbar schwierig, unfassbar aufwendig, so dass ich entweder  
70 die Möglichkeit hätte zu entscheiden, ich mache den Versuch und lasse den  
71 dann quasi im Raum stehen. Oder ich muss noch mal mindestens zwei  
72 Stunden eigentlich einplanen, damit wir eine saubere Auswertung für das  
73 Ganze haben. Und da hat sich mir dann die Frage nach Kosten-Nutzen gestellt.  
74 Schaffe ich es wirklich oder ist es wirklich optimal, vier bis vielleicht sogar sechs  
75 Stunden dafür einzuplanen, um am Ende sagen zu können, okay, wir können  
76 jetzt Fotos mit einem iPad machen. Wir können bisschen was auswerten. Und  
77 wir wissen, der Apfel wird mit Zitronensaft nicht braun. Das war so ein bisschen  
78 diese Kosten-Nutzen-Analyse. Und wenn man da vielleicht als  
79 Verbesserungsvorschlag, du hattest ja, glaube ich, sogar schon eine Vorlage  
80 irgendwie weitergegeben, dass man da ein Excel Sheet irgendwie hat, wo man  
81 wirklich tatsächlich nur noch so ein paar Sachen eintragen muss, fände ich das  
82 erstens viel, viel angenehmer zum Umsetzen. Zweitens würde ich sagen, die  
83 Motivation der Schüler würde da drunter nicht leiden, weil ich kann mir furchtbar  
84 gut vorstellen, wenn die dran sitzen und erst mal eine halbe Stunde irgendwas  
85 in irgendwelche Excel Sheets eintragen müssen, dass die gar nicht mehr  
86 durchsehen, gar nicht mehr wissen, was sie eigentlich da gerade genau tun,  
87 also voll den Faden verlieren. Und auf gut Deutsch gesagt, (unv. #00:06:27-1#)  
88 mehr. #00:06:29-3#

89

90 I: Hast du das neue Material angeschaut, was ich rumgeschickt habe in der  
91 letzten E-Mail, also nicht in der, die ich an dich persönlich geschrieben habe,  
92 sondern in der vorher, weil da ist auf jeden Fall schon in die Richtung was drin.  
93 #00:06:43-2#

94

95 B: Richtig, genau. #00:06:44-5#

96

97 I: Ein vorbereitetes Excel Sheet. #00:06:45-9#

98

99 B: Genau, genau. Da waren schon einige Sachen drin, die sich tatsächlich oder  
100 die tatsächlich schon verbessert waren. Natürlich muss man da trotzdem noch  
101 relativ viel eintragen und diese ganzen Handling-Sachen. Und da muss ich  
102 sagen, da hatte ich auch Probleme bei der Fortbildung selber, für jemanden, der

103 wirklich tagtäglich mit Excel umgeht, der tagtäglich diese Tabellen ausführt, da  
104 sind es zwei, drei Klicks, zwei, drei Tastenkombinationen, die einem das super  
105 schnell erleichtern. Wenn ich nicht ganz tief in der Materie drin oder das  
106 vielleicht jeden Tag übe oder jede Woche übe oder das sofort drauf habe, dann  
107 muss ich natürlich erst mal mich organisieren und gucken, okay, wie war das  
108 denn jetzt noch mal? Wo muss ich denn jetzt noch mal genau draufklicken?  
109 Und wenn dann natürlich nebenbei der Vortrag weiterläuft, dann kommt man  
110 irgendwann ins Rudeln, wenn irgendwas nicht geklappt hat und verliert den  
111 Anschluss. Und da hatte ich dann das Problem, dass ich mir irgendwann  
112 gedacht habe, Mist, jetzt mache ich nicht mehr mit. #00:07:35-3#

113

114 I: (unv.). #00:07:36-2#

115

116 B: Weil vieles war dann auch wirklich über die Kamera sichtbar, dass man es  
117 natürlich gut gesehen hat, was du da anklickst. Und die zwei Fenster konnte ich  
118 nicht nebenbei öffnen. Ich konnte nicht einmal die Excelvorlage öffnen und  
119 deinen Vortrag nebenbei öffnen, so dass ich immer hin- und herklicken musste.  
120 Und wenn ich dahin geklickt habe, habe ich das andere nicht mehr gesehen  
121 und musste dann versuchen, selber irgendwie durchzusteigen. Und es war ein  
122 bisschen schwierig tatsächlich. Dementsprechend war das jetzt schon mal ein  
123 guter Punkt, dass da schon ein paar Sachen aufgearbeitet wurden. Ich frage  
124 mich, kann man es vielleicht sogar noch leichter machen? Oder gibt es das  
125 Programm einfach nicht her? #00:08:13-7#

126

127 I: Es wäre natürlich schön, wenn die App das einfach hergeben würde, gell, dass  
128 man quasi die Auswertung macht und dann direkt die RGB-Veränderung sich  
129 angucken kann. Aber/ #00:08:24-1#

130

131 B: Ich habe auch kein Problem damit, wenn man ein paar Daten eintragen  
132 muss, hätte ich überhaupt keinen Schmerz mit. Aber diese Daten eintragen, um  
133 noch mal einzutragen, um noch mal zu verändern, um noch mal graphisch  
134 darstellen, das sind mir einfach zu viele, zu viele Übertragungen, die einfach so  
135 abstrakt sind, dass, glaube ich, ein Schüler irgendwann nicht mehr folgen kann  
136 und will. #00:08:43-6#

137

138 I: Dann schaue dir mal das vorbereitete Excel Sheet an, weil das tatsächlich so  
139 ist, dass du nur noch die RGB-Werte übertragen musst und die Graphen sich  
140 automatisch erstellen. #00:08:52-5#

141

142 B: Ah, okay. Ich habe nämlich nur einmal kurz reingeguckt und habe es auch  
143 nicht ausprobiert tatsächlich. #00:08:57-4#

144

145 I: Aber du, ist ja gar kein, ich meine, zeitlich ist es immer knapp. Das ist genau  
146 der Punkt, ja? Aber ich glaube, das leitet ganz gut über zu der Frage, was dich  
147 unterstützen würde, das Experiment einzusetzen? #00:09:11-2#

148

149 B: (unv.) Eben, eben genau diese Erleichterungen in den, wie sage ich es jetzt,  
150 in den Vorlagen, in dem Arbeitsmaterial selber, denn das Handling für uns ist ja  
151 überhaupt kein Schmerz. Der Versuch ist jetzt nicht mega aufwendig. Es sind  
152 Gegenstände, die jeder zur Not auch zuhause hat oder man schnell rüber in den  
153 nächsten Supermarkt gehen kann, um sich vielleicht noch mal vorab zu holen,  
154 wenn man es vergessen hat. Bei uns sind natürlich diese iPads einfach auch  
155 schon da. Du hattest, glaube ich, auch irgendwas gesagt, weil gibt es auch  
156 irgendwelche Apps mit irgendwelchen Zeitraffern, wo man das Ganze sogar  
157 noch visuell unterstützen kann, dass man nicht nur irgendwelche Graphiken hat,  
158 sondern dass man es tatsächlich da auch visuell unterstützen kann. Vielleicht  
159 könnte man es in einem größeren Projektrahmen machen, in irgendeinem  
160 BCP-Praktikum beispielweise, dass die zusätzlich vielleicht sogar noch so ein  
161 kleines Video drumrum basteln, wo man da was einbauen könnte. Genau. Aber  
162 erörtern Sie, was Sie unterstützen würden? Ja, eben so eine Vorlage, die das  
163 ganze Handling erleichtert, denn es war ja das/ Die Anleitung war, glaube ich,  
164 mitgeschickt, ein PDF war, glaube ich, vorgeschickt. Dieses Sheet war  
165 vorgeschickt. Dementsprechend wäre jetzt soweit alles, was mir gerade  
166 einfallen würde, erleichtert worden schon. #00:10:35-3#

167

168 I: Das freut mich, ja, vorauseilender Gehorsam quasi. Nein, ich habe natürlich  
169 das Feedback eingearbeitet, was ich bekommen habe. Ich konnte während der  
170 Fortbildungsreihe nichts mehr verändern. Sonst hätte ich mir meine Studie ja

171 zerschossen. #00:10:48-2#  
172  
173 B: Ja natürlich, klar. #00:10:50-8#  
174  
175 I: Das war schon im (unv.), ja okay. Aber jetzt kann ich nichts machen. (lacht)  
176 #00:10:54-7#  
177  
178 B: Nein. Es ist vollkommen richtig. Und dafür macht man ja so was auch.  
179 #00:10:58-9#  
180  
181 I: Ganz genau. Ich glaube, wir haben zum Apfel ziemlich viel schon gesagt jetzt.  
182 Ich würde gern noch mal auf die Kernidee von der Fortbildung eingehen, also  
183 jetzt losgelöst vom Apfel. Und zwar würde ich gerne von dir wissen, ob sich das  
184 in einer anderen Form auf dein Unterricht oder auf andere Themengebiete  
185 irgendwie niedergeschlagen hat? #00:11:21-1#  
186  
187 B: (...) Dass man mit digitalen Medien für die ganze Klasse experimentieren  
188 ermöglicht, tatsächlich ja. Ich muss aber auch dazu sagen, nicht in Bio und auch  
189 nicht aufgrund des Vortrages selber, denn aus dem Seminar kannte ich schon  
190 so andere Apps, in Chemie beispielsweise diese AK Kappenberg Geschichte  
191 oder auch Chemie Interaktiv beispielsweise, wo man da ja auch  
192 Chemieversuche durchführen kann, mittels eben dieser digitalen Medien, die  
193 ich ohnehin schon benutzt habe. Mir hat halt tatsächlich so was Schönes  
194 einfach auch für den Biologieunterricht gefehlt, denn ich finde, in Chemie gibt es  
195 tatsächlich doch schon das eine oder andere, einfach aus der Notwendigkeit  
196 heraus, dass man viele chemische Versuche einfach nicht machen kann oder  
197 darf. In Biologie heißt es immer, ja darf man noch irgendwie alles machen. Kann  
198 man noch irgendwie alles, Apfel darf jeder nehmen oder was auch immer.  
199 Dementsprechend ist da, glaube ich, die Notwendigkeit gar nicht gewesen, so  
200 was vorab schon zu konzipieren. Und deswegen glaube ich, dass es da im  
201 Biologieunterricht oder vielleicht auch im Natur-und-Technik-Unterricht, da fände  
202 ich es vielleicht auch ganz schön, die Kids da tatsächlich auch schon ein  
203 bisschen ranzuführen, notwendiger gewesen wäre. #00:12:39-3#  
204

205 I: Das heißt, das ist das, was du dir wünschen würdest, dass es da einfach mehr  
206 gäbe? #00:12:45-6#

207

208 B: Genau, habe ich jetzt einfach mit unten drunter schon, unter die Frage  
209 geschoben tatsächlich. #00:12:49-8#

210

211 I: (lacht) Und du hattest jetzt gesagt, na ja im Bio-Unterricht hast du es  
212 eigentlich nicht so verändert, aber im Chemieunterricht. Magst du das mal ein  
213 bisschen konkretisieren bitte? #00:13:00-4#

214

215 B: Zum Beispiel wenn es ums (Titrieren?) geht, dass man da mit digitalen  
216 Medien den (Titriervorgang?) einfach ein bisschen schöner nachvollziehen kann,  
217 das Handling einfach auch hat, nicht primär an der Bürette drehen, sondern  
218 tatsächlich gucken, wie fragil ist denn eigentlich dieses System? Wie schnell  
219 kann da eigentlich so ein Farbumschlag tatsächlich passieren? Oder aber auch  
220 bei einer Elektrolyse beispielsweise, wenn man, man darf nicht jede Elektrolyse  
221 machen. Wenn mir da haufenweise Chlor entsteht, na ja, dann wird mir das  
222 Gesundheitsamt auf dem Dach steigen, auf das Dach steigen, wenn ich da  
223 irgendwas mache. Das heißt, da können die wirklich mit einzelnen Klicks das  
224 gewinnbringend einfach für sich hernehmen, vielleicht auch aus dem  
225 praktischen Ansatz, dass nicht jede Schule tatsächlich auch so viele  
226 Experimentiersets einfach auch hat. Und wir gerade als  
227 Sprachzweiggynasium haben keine geteilten Klassen, das heißt  
228 Experimentieren ist sowieso so eine grenzwertige Geschichte mit einer ganzen  
229 Klasse. Also ist diese digitale Sache, gerade für den Bereich eigentlich die  
230 einzige Möglichkeit, dass Schüler überhaupt, Schülerinnen und Schüler,  
231 überhaupt in irgendeiner Form am Experimentierunterricht teilnehmen können.  
232 Und ich finde, das ist eigentlich der gute Spagat zwischen live irgendwas  
233 durchführen, live irgendwas haptisch machen und alle  
234 Sicherheitsbestimmungen irgendwo einhalten können. #00:14:30-6#

235

236 I: Das heißt, das hast du für dich quasi dann beschlossen, dass da einfach mehr  
237 gemacht gehört, dass man ein digitales Hands-on einfach verwenden kann?  
238 #00:14:40-1#

## Interview 8

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Wunderbar. Okay. Dann, glaube ich, können wir uns schon auf die Fortbildung stürzen. Und zwar, erst einmal so die Frage, was hast du denn mitgenommen, also was war für dich denn die grundlegende Idee der Fortbildung? #00:01:40-7#

B: Grundlegend fand ich super eigentlich, eine Art Photometrie machen zu können mit ganz einfachem Material, also im Prinzip ist es ja von der App her das, was jeder Maler verwenden würde, um den passenden Farbton zu irgendeinem Möbelstück zu finden, wobei ich mir nicht mehr sicher bin, ob die diese tolle App kennen. Und ich habe das also auch dann gleich ganz begeistert an die Physiker weitergegeben, weil ich gesagt habe: "Schaut mal, also das könntet ihr vielleicht für irgendetwas auch brauchen, und man kann das ja für alle möglichen Sachen anwenden, also du könntest das ja rein theoretisch ja auch auf die Chemie anwenden, wenn du in Flammenfärbungen machst oder irgend sowas. Also ich sehe da viele, viele Möglichkeiten, das noch anderweitig einzusetzen. Also ich bin ganz groß hausieren gegangen, // (unv.) ganz tolles gehört. #00:02:29-6#

I: Das freut mich. // Das ist ja das Schöne, wenn man so ein Tool nicht nur für eine Sache verwenden kann, sondern das eigentlich, ja, und wie du gesagt hast, für Möbelstücke oder für Farben, ich glaube, das kommt aus der Modebranche. Also sehr cool. Hast du das denn mit deinen Schülern auch schon umgesetzt, das Apfelexperiment? #00:02:52-4#

B: Ich hätte das total gerne noch gemacht, aber wie es leider so ist, es ist vieles zum Schuljahresende jetzt untergegangen, weil einfach die Zeit nicht mehr war. Also ich habe jetzt quasi im Stehschritt Marsch noch die Enzymatik besprochen, hatte aber keine Zeit mehr, das noch in irgendeiner Weise in einem Versuch umzusetzen, weil das heuer diese Schule einfach nicht hergegeben hat. #00:03:16-6#

I: Das heißt, die zweite (unv.) Komponente war da ganz im Vordergrund? #00:03:20-3#

35

36 B: Tatsächlich, also es ist halt wirklich so, dass gerade in Biologie war die  
37 Enzymatik schon durch, wie ich die Fortbildung gemacht hatte, und ich hätte  
38 jetzt in Chemie nochmal Enzymatik gemacht, aber wie gesagt, das war das  
39 Letzte jetzt zum Schuljahresende noch, und da war es dann zu knapp.

40 #00:03:38-3#

41

42 I: Und war das von der Zeit her im Lehrplan zu knapp oder war das für deine  
43 Vorbereitung zu knapp? #00:03:46-3#

44

45 B: Nein, vom Lehrplan her einfach. Das ist durch das, dass dann doch immer  
46 wieder auch was ausgefallen ist, weil erstens mal ich relativ viele Projekte  
47 heuer hatte, wo wir dann leider auch so Tage, wo ich viel Oberstufe habe,  
48 weggefallen sind, und zum anderen die Schüler dann ja heuer erstmalig wieder  
49 auch mal wohin konnten, also sprich dann auch mal wieder Exkursionen  
50 stattfanden, ist es zum Schluss raus jetzt tatsächlich so gewesen, dass man  
51 dann schon geschaut hat noch fertig zu werden, um dann tatsächlich den  
52 ganzen Stoff abzuhaken. #00:04:16-3#

53

54 I: Ah, verstehe ich. Gab es denn, abgesehen von der Zeit, noch andere Hürden,  
55 wo du sagen würdest, oh, das hat mich gehindert, das zu machen? #00:04:28-  
56 4#

57

58 B: Ja, wir haben tatsächlich momentan noch ein anderes Problem, wir haben  
59 dadurch, dass wir mit der Digitalisierung zwar groß aufgerüstet haben, aber  
60 dadurch jetzt sehr viele gleichzeitig das Internet nutzen, Probleme mit unserer  
61 Leitungsgeschwindigkeit, was bedeutet, wir hatten jetzt gerade im Fachbereich  
62 Chemie/Biologie so schwach das Internet, dass also zum Teil die  
63 Übertragungsraten eigentlich gleich null waren, was bedeutet, du konntest also  
64 da wenig nutzen. Das heißt also, das Einzige, was du vielleicht noch so  
65 geschafft hast, ist so eine ganz harmlose Learningapp, und selbst für die hat es  
66 manchmal schon nicht mehr gereicht. Wir kriegen jetzt neue Accesspoints und  
67 das Ganze wird verstärkt, dann sollte das Ganze auch besser möglich sein,  
68 genauso wie wir jetzt zwei neue Tabletswagen gekriegt haben, das war das, was

69 ich vorher meinte mit die einzigen Digitalisierungsförderungen waren also zu  
70 den neuen Tabletts, wo man aber auch erst noch schauen musste, wie das  
71 mit den Kameras funktioniert, weil, ja, wir das so freischalten wollen, dass es  
72 die Bilder nicht speichern kann, also das ist auch immer noch mit dem  
73 Datenschutz so ein bisschen schwierig. Aber tatsächlich, wenn das im nächsten  
74 Frühjahr alles funktioniert, freue ich mich schon darauf, das alles herzunehmen.  
75 #00:05:43-1#

76

77 I: Das klingt doch schon ganz gut. Das wäre nämlich auch schon tatsächlich die  
78 nächste Frage, was dich denn dabei unterstützen würde. Jetzt haben wir schon  
79 das Technische gehört, also das muss auf jeden Fall laufen, da sind wir uns ja  
80 einig. Gäbe es denn noch was anderes, wo du sagst, das würde mir helfen, so  
81 was umzusetzen? #00:06:04-7#

82

83 B: Ja, was halt schon toll wäre, ist halt, du hast ja eh schon so eine Art  
84 Anleitung ja gebastelt gehabt. Die vielleicht noch ein bisschen komprimierter,  
85 dass es halt wirklich so als Schülerarbeitsblatt so ein bisschen mit  
86 selbsterklärend, weil das ist halt schon immer der technische Aufwand, alleine  
87 bis du die Geräte ausgegeben hast. Dann müssen sie sich hier einwählen und  
88 so weiter, dass halt dann der eigentlich Versuch relativ zügig durchzuführen ist,  
89 weil du halt in der Regel maximal diese Dreiviertelstunde eben Zeit hast. Und  
90 wenn du quasi das mit einplanst das Geräte ausgeben, jeder muss sich  
91 einwählen, dann muss ich noch jedem irgendwas dazu erklären, damit er  
92 überhaupt an die App kommt und wie es dann funktioniert, ich denke, wenn das  
93 so komprimiert auf einem Blatt noch draufsteht, weißt du, das könnte man auch  
94 laminieren als Anleitung, wir bauen uns immer gerne für unsere Versuche  
95 Boxen, wo das alles dann schon drinnen ist, und dann holst du es quasi aus  
96 dem Schrank raus, also ich bin Fachschaftsleiter, ich bereite so was gerne  
97 immer schon im Fertigen vor, und dann kann man das einfach nehmen und  
98 macht das, dann ist es für die Kollegen immer sehr hilfreich. #00:07:10-2#

99

100 I: Und du meinst jetzt quasi so diese technische // (unv.)? #00:07:14-2#

101

102 B: So eine kleine, // so eine kleine technische Anleitung wäre super. Also dass

103 sie da noch ein paar Hinweise mehr hätten, (unv.), wenn der Versuch startet.

104 #00:07:26-1#

105

106 I: Ah okay, also quasi den Weg bis zum Messen. #00:07:30-3#

107

108 B: Genau. Ob das irgendwie noch eine Möglichkeit wäre, dass man das schon  
109 mit dabei hätte. Also ich glaube, sie täten sich leichter, vor allem weil, wenn du,  
110 du versuchst es ja ihnen schon zu erklären, aber du weißt ja, wie Schüler  
111 manchmal sind, die hören dann so mit einem Ohr zu, mit dem anderen  
112 probieren sie schon rum, und irgendwie funktioniert es dann nicht. Und dann  
113 rennst du halt die ganze Zeit durch die Reihen, und bis der Letzte dann kapiert  
114 hat, wie es geht, ist die Stunde schon fast vorbei. #00:07:59-2#

115

116 I: Ah, okay. Das heißt, über diese PDFs hinausgehend, wo die App erklärt ist,/

117 #00:08:07-1#

118

119 B: Also dass du halt quasi schon den Einstieg halt hast, von vorne weg, also du,  
120 ja so Handynutzung für Doofe. Darf man so nicht sagen, aber/ Jeder, der halt  
121 nicht ganz so technikaffin ist, der braucht halt ein bisschen länger. // Das wäre  
122 vielleicht ganz/ #00:08:27-1#

123

124 I: Ja, verstehe schon, // ich meine, da wird man Schüler in der Klasse haben,  
125 die sind schneller, Schüler in der Klasse haben, die sind langsamer, was das  
126 angeht, also die Heterogenität ist natürlich auch in diesem Aspekt da.

127 #00:08:37-2#

128

129 B: Ja. Und dass man halt einfach da alle mitnimmt dann. Weil ich meine, klar,  
130 wenn ich inzwischen Learningapp mache, dann, ich habe einen QR-Code an  
131 der Tafel und dann zack, jeder mit einem iPad oder mit einem Handy und dann  
132 machen die das durch und es ist überhaupt kein Thema, dann brauche ich  
133 nichts mehr dazu sagen. Aber bei anderen Dingen, alleine schon, wo finde ich  
134 die App, das ist ja schon manchmal ein großes Zauberwerk, dann wäre eben  
135 eine Idee, das hatte ich jetzt schon mit unserem Systembetreuer, ob wir die App  
136 eventuell auf unsere iPads schon vorinstallieren, dass das dann schon mal

137 schneller geht. Also das wären so die ersten Schritte. #00:09:15-7#  
138  
139 I: Okay. Das heißt, technisch das Ganze noch ein bisschen besser anleiten,  
140 dass man schneller starten kann mit dem eigentlichen Experiment. #00:09:23-  
141 3#  
142  
143 B: Genau. Das wäre super. #00:09:25-4#  
144  
145 I: Klingt gut. Wenn du so an andere Faktoren noch denkst, jetzt zum Beispiel  
146 Kooperationen mit anderen Lehrkräften oder anderweitige Unterstützung noch,  
147 gäbe es da noch was, wo du sagst, das würde mich unterstützen? #00:09:44-5#  
148  
149 B: Im Endeffekt ist es so, wenn ich das als fertige Anleitung dann präsentieren  
150 kann, also ich habe ja dann im Endeffekt, dass ich sagen kann, okay, schaut  
151 mal, hier ist die Anleitung, ich packe das in eine kleine Kiste, ihr, also wir haben  
152 ja schon gesagt gehabt, vielleicht würde es ganz gut funktionieren, wir haben  
153 das ausprobiert, wenn du Stative nimmst und diese Ringhalterungen nimmst,  
154 da kannst du nämlich das Handy drauflegen und dann steht das schön stabil,  
155 du kannst die Kamera nutzen, dass man also quasi, die würde ich eben mit  
156 vorbereiten, dass man da dann dies als Klassensatz eben schon hat, dass die  
157 im Zweierteam oder im Dreierteam eben dann sich da nur rausnehmen müssen  
158 und die fertige Anleitung halt dann parat liegt. Also ich denke, das ist dann für  
159 alle eindeutig, also dann kann das jeder nutzen und man kann sich dann,  
160 natürlich, wenn es mehrere ausprobieren, dann nochmal austauschen, ob es  
161 noch irgendwelche Verbesserungsvorschläge gibt. #00:10:35-7#  
162  
163 I: Da bin ich dann auch mit involviert. Wunderbar. Gehen wir nochmal zurück zu  
164 der Kernidee der Fortbildung. Hat sich das denn in irgendeiner Form auf deinen  
165 Unterricht insgesamt ausgewirkt? #00:10:54-3#  
166  
167 B: Du meinst jetzt auf das Technische bezogen oder vom Versuch her  
168 gesehen? #00:11:04-1#  
169  
170 I: Beides in Ordnung und unabhängig (unv.) gesehen. #00:11:07-6#

171

172 B: Also generell, klar, man versucht, immer mehr Technik einzubinden und man  
173 versucht, was jetzt gerade so, ja, Apps und so weiter auch anbelangt, und wir  
174 hatten eben heute erst noch darüber gesprochen, wir möchten uns ein neues  
175 System anbieten, ich weiß, kennst du dieses (Kesty-System)? #00:11:26-1#

176

177 I: Wie? #00:11:27-5#

178

179 B: (Kesty?), sagt dir das was? #00:11:29-4#

180

181 I: Nein. #00:11:31-9#

182

183 B: Das ist im Endeffekt, ja das sind digitale Messmethoden, also das ist für  
184 Physik, Chemie, Biologie hast du im Endeffekt die Möglichkeit, so ein, gibt es  
185 mobile Geräte, die dann mit verschiedenen Sensoren bestückt werden können,  
186 also das heißt, du kannst von PH-Wert, Leitfähigkeit über sogar Pulsfrequenz  
187 messen und so weiter, und das Ding überträgt dir das dann nachher gleich, es  
188 passt, also macht dir die Messwerte und überträgt dir dann gleich passende  
189 Kurven dann auf dein Endgerät. Und da ist jetzt unser großer Hype, (unv.) wir  
190 versuchen, uns jetzt zusammenzutun, eben diese drei Fachschaften, um uns im  
191 Satz eben diese Geräte anzulegen, um das eben auch dann da einführen zu  
192 können und es entsprechend halt noch mehr zu digitalisieren. Und dass halt  
193 das ein bisschen mehr Einzug findet (unv., Ton weg von #00:12:25-5# bis  
194 #00:12:30-6#), unsere älteren Kollegen da noch nicht ganz so mitziehen, aber  
195 so nach und nach erneuert es sich. #00:12:36-0#

196

197 I: Sehr gut. Jetzt war gerade, der Gong hat glaube ich gerade die Signalstörung  
198 verursacht, ich bin ausgestiegen bei Einzug, glaube ich. #00:12:47-6#

199

200 B: Ja genau. Also wir versuchen eben, diese neuen Techniken einzubinden,  
201 damit halt unsere älteren Kollegen, die halt da noch nicht ganz so offen dafür  
202 sind, halt da auch mitgezogen werden und im Endeffekt das mit der  
203 Digitalisierung voranschreitet. Also das nur im Grundlegenden, und wie gesagt,  
204 wenn man einfache Methoden hat, ich fand jetzt das, zuerst das hört sich

205 wahnsinnig kompliziert an, ist es aber dann im Endeffekt gar nicht, wenn man  
206 das dann so einbinden kann, finde ich es wirklich angenehm. Und ich meine,  
207 klar, wir hatten ja bei der Fortbildung auch eine Teilnehmerin, die dann heillos  
208 überfordert war, und es muss ja nicht jeder machen, aber es ist halt schön,  
209 wenn man einfach, ja, es zumindest ausprobiert. #00:13:32-1#

210

211 I: Ja, ich mag diese Bluetooth-Sensoren auch gerne, wir haben ein anderes  
212 System, aber ich denke, die funktionieren vom Prinzip her alle gleich, bin ich  
213 großer Freund davon, weil man eben die Auswertung fast auch noch direkt auf  
214 einem mobilen Gerät machen kann. #00:13:49-7#

215

216 B: Ja genau. Und da, wie gesagt, momentan, wir versuchen das noch  
217 auszuloten, also wir bekommen am Freitag noch einen Vertreter hier, der uns  
218 nochmal alles vorführt, und dann versuchen wir, so viel Geld wie möglich dafür  
219 abzugreifen, um es dann zu kaufen. #00:14:06-3#

220

221 I: Wir nutzen (unv.) Sonden, also wahrscheinlich ein bisschen anders, aber vom  
222 Prinzip her auch das Gleiche, was du aufgezählt hast, also ja, kann ich nur  
223 empfehlen. #00:14:17-5#

224

225 B: Genau. Also dann schauen wir, ob wir das so hinbekommen. Aber wie  
226 gesagt, dann kann man halt wirklich wieder viele Dinge miteinander einbauen,  
227 und das finde ich toll. #00:14:25-6#

## Interview 9

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33

I: Wunderbar. Dann würde ich sagen, gehen wir schon mitten rein in das, was wir in der Fortbildung gemacht haben. Und zwar jetzt geht es erstmal nur um das, an was du dich noch erinnern kannst. Und zwar, was war denn für dich die grundlegende Idee der Fortbildung? #00:02:07-0#

B: Also grundlegende Idee weiß ich jetzt nicht. Aber so was ich für mich mitgenommen habe, ist es auch so zu verstehen die Frage? #00:02:18-0#

I: Ja, genau. #00:02:19-0#

B: Okay, also vor allem dieses Experiment, also als konkretes Beispiel dafür, wie man eben sowas mit Apps und Handys im Unterricht / einfach ein konkretes Beispiel wie man das anwenden kann, war eine Möglichkeit. // Genau. #00:02:34-0#

I: Wunderbar. // Hast du denn dieses ganz konkrete Experiment auch eingesetzt im Unterricht? #00:02:43-0#

B: Nee, da ich ja gerade in Elternzeit bin, nein. (lacht) #00:02:47-0#

I: Darf ich fragen, wann du in Elternzeit gegangen bist? Wahrscheinlich zu Beginn des Schuljahres, // oder? #00:02:51-0#

B: Ja, // genau. Ich war einfach jetzt dieses komplette Schuljahr, ziemlich genau bin ich nicht da. #00:02:55-0#

I: Alles klar. Ich würde sagen, das ist eine gute Entschuldigung. Das heißt, du hast es nicht eingesetzt, weil du einfach nicht unterrichtet hast im letzten Jahr? #00:03:05-0#

B: Genau. #00:03:06-0#

1

Interview 9

34 I: Wenn du an das Apfelexperiment zurückdenkst, hattest du denn überlegt, das  
35 einzusetzen beziehungsweise hast du überlegt, was dich vielleicht daran  
36 hindern würde? #00:03:18-0#

37

38 B: Ja, also ich habe es mir überlegt einzusetzen. Und der einzige  
39 Hindernisgrund wäre / aber ich glaube, das wäre keiner / wir haben  
40 Schüler-iPads in mehreren Klassensätzen, aber wir können nicht selbst Apps  
41 darauf installieren, sondern müssen das halt immer anfragen beim  
42 Systembetreuer. Aber der sagt in neunzig Prozent der Fälle ja. Also ich schätze  
43 mal diese zehn Prozent, dass er nein sagt, wäre das Hindernis. Aber ich hätte  
44 es dann tatsächlich halt vor Ort gemacht und jetzt nicht mit dem zu Hause. Weil  
45 manche Schüler haben einfach keine Smartphones und dann ist es wieder so  
46 eine Neidfrage, wenn dann welche (unv. Kind schreit) nicht haben und die  
47 anderen schon. #00:04:01-0#

48

49 I: Ja, ja. So eine Neidfrage hattest du gesagt, gell? Ja. #00:04:04-7#

50

51 B: Ja. Dann hatten wir halt auch so einen Konflikt mit den Eltern. Die Eltern  
52 finden halt die Schüler zu jung dafür. Und dann verlangt es aber der Lehrer so.  
53 Deshalb finde ich es schwierig, wenn die ihre eigenen Geräte halt in einer  
54 kleineren Jahrgangsstufe. Klar, wenn man eine ältere Jahrgangsstufe hat, dann  
55 hätte man das auch so machen können. #00:04:22-0#

56

57 I: Was würde dich denn ganz konkret dabei unterstützen, das Experiment  
58 einzusetzen? Also wenn du jetzt auch an die Zukunft denkst, wenn du wieder in  
59 der Schule bist und du denkst: „Ah, das könnte ich doch jetzt  
60 machen.“ #00:04:35-0#

61

62 B: (...) Ich habe ehrlich gesagt keine Ahnung so ganz genau, worauf die Frage  
63 hinauswill. Also du musst halt eine entsprechende Klasse mit entsprechenden  
64 Zeiten im Stundenplan haben, so würde ich es sagen. Dass es halt inhaltlich  
65 passt. #00:05:00-0#

66

67 I: Okay, das heißt, du sagst eigentlich, es muss es nur inhaltlich reinpassen,  
68 weil den Rest traust du dir ganz ohne irgendwie weitere Infos, Material oder  
69 sonstiges zu? #00:05:11-0#

70

71 B: Ja, genau. #00:05:13-0#

72

73 I: Okay, ja, ja. Dann habe ich das richtig verstanden. Wir hatten jetzt vorher  
74 schon diese Kernidee der Fortbildung angesprochen. Also wo es um die / du  
75 hattest ganz konkret das Apfelexperiment als Beispiel für den Einsatz von  
76 Smartphones und Apps im Unterricht beim Experimentieren genannt. Genau,  
77 das war das, was du als Kernidee formuliert hattest. #00:05:13-0#

78

79 B: Genau. #00:05:39-0#

80

81 I: Das ist jetzt eine Frage, ich weiß nicht, ob du die beantworten kannst. Aber  
82 hat sich das in irgendeiner Form auf deinen Unterricht ausgewirkt oder auf das,  
83 was du dir überlegt hast für den Unterricht? #00:05:49-0#

84

85 B: Also ich meine, das ist jetzt natürlich schwer zu beantworten, weil ich ja nicht  
86 in der Schule war seitdem. #00:05:56-0#

87

88 I: Ja. #00:05:57-0#

89

90 B: Also ich würde sagen so insgesamt / also im Schuljahr zuvor war ich schon  
91 auch neu eben an der Schule bei uns in XXXXXXXX. Und die ist ganz neu  
92 eröffnet und da ist alles auf Digitalisierung und super Ausstattung und es ist  
93 auch erwünscht, dass man das auch dementsprechend nutzt. Das heißt, so  
94 gesehen hat das ganz gut gepasst, weil ich eh schon versucht habe, immer  
95 wieder so Ideen zu haben oder zu finden, dass man das auch nutzt, diese  
96 ganze Ausstattung dann. #00:06:27-0#

## Interview 10

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Wunderbar. Dann starten wir auch schon und gehen mitten rein in die Interviewfragen. Und zwar zunächst einmal würde ich gerne von dir wissen: Was war denn für dich die grundlegende Idee der Fortbildung? Also was würdest du jetzt sagen, war das, was du mitgenommen hast? #00:00:58-0#

B: Ich glaube das, dass man Digitalisierung gar nicht so groß hängen muss, sondern das einfach einfließen lassen kann, ohne da einen großen Hype darum zu machen, sondern das einfach zu machen. So wie man es im Alltag ja auch verwendet und ja, das klappt jetzt eigentlich ganz gut. Also ich nehme einfach die Medien, die im Internet schon vorhanden sind und baue sie einfach ein. Wir haben jetzt auch die Ausstattung in der Schule. QR-Code rein in die PowerPoint, abscannen lassen mit Smartphone oder den Tablets, die wir vor Ort haben und dann hat man ja schon digitalen Unterricht oder Digitalisierung eingebaut, ohne dass man jetzt ein großes Hexenwerk hatte. Und ich kann das Video ja jeden selber anschauen lassen, ohne dass ich das jetzt alle gemeinsam anschauen lasse. Kann ja jeder individuell selber anschauen. Also ich glaube, das habe ich mitgenommen aus der Fortbildung, dass man das nicht so, ja, hoch hängen muss in Anführungszeichen, sondern einfach ganz natürlich damit umgehen muss, wie man es halt auch so macht. #00:02:00-0#

I: Ach, sehr schön. Ach, das gefällt mir schon sehr gut. Das war jetzt tatsächlich ganz allgemein. Und jetzt habe ich eine Frage, die mich bei jedem Interview sehr interessiert, und zwar: Hast du denn das Apfel-Experiment eingesetzt im Unterricht bisher? #00:02:16-0#

B: Bis jetzt noch nicht. Weil ich hatte nicht die passende Klasse, in Anführungszeichen. Aber ich habe es zum Beispiel einem Kollegen weitergegeben. Der hat dieses BCP-Praktikum und er hat es sich vorgenommen für nächstes Schuljahr, weil er die Thematik Enzymatik schon abgeschlossen hatte und er hat gesagt, das probiert er dann nächstes Schuljahr aus. #00:02:38-0#

I: Sehr schön. Habt ihr die neuen Materialien gesehen, die // ich geschickt

1

Interview 10

35 habe? #00:02:42-0#

36

37 B: Ich habe es noch nicht alle // durchgeschaut. Ich habe es nur gespeichert.

38 #00:02:45-0#

39

40 I: Aber gerne weitergeben. // Wunderbar. #00:02:46-0#

41

42 B: Ja, mache ich. // #00:02:47-0#

43

44 I: Du hast jetzt gesagt, der Lehrplan, hat das einfach nicht gepasst. Welche

45 Jahrgangsstufen hattest du denn? #00:02:55-0#

46

47 B: Ich hatte zwar eine elfte und das hätte thematisch ja gepasst, aber ich war

48 mit Enzymatik auch schon durch Ende November, wo die Fortbildung war. Und

49 man ist eh so im Zeitstress in der elften Klasse. Ich habe ausführlich Versuche

50 zur Osmose und mit dem Mikroskop gemacht. Und mehr Zeit konnte ich leider

51 nicht rausschneiden. Also ich hätte es gerne eingebaut, aber ist einfach der

52 Zeitdruck das Problem. #00:03:21-0#

53

54 I: Okay. Ja. Alles klar. Dann da eine Frage dazu, also es gibt ja manchmal so

55 ganz konkrete Dinge, wo man sagt: „Boah, das hat mich daran gehindert, das

56 zu machen.“ Gab es irgendwelche ganz konkreten Hürden abseits vom

57 Lehrplan, wo du sagst, das hat einfach nicht gepasst? #00:03:38-0#

58

59 B: Eigentlich nicht. Das war wirklich nur das Zeitproblem. Ansonsten ist unsere

60 Schule ganz gut ausgestattet dafür, dass es ein musikalisches Gymnasium ist.

61 Also da hat unser Fachschaftsleiter wirklich gut geschaut, dass wir da

62 Materialien dahaben. Also von der Digitalisierung her, wir haben WLAN überall,

63 jeder Schüler hat die Möglichkeit, ein Endgerät von der Schule zu nutzen, wir

64 haben die Räumlichkeiten. Also es war wirklich einfach nur ein Zeitaspekt. Wie

65 so oft // leider. #00:04:05-0#

66

67 I: Ja. // Ja, ist ganz oft der Grund, aber eben auch wichtig zu wissen, weil es

68 gibt ja schon auch Punkte, also wie die Ausstattung, du hast gesagt, das war

69 bei dir nicht relevant, weil ist ja alles dagewesen, aber auch die Heterogenität  
70 zum Beispiel in der Klasse wäre ein Punkt, wo man sagt: „Das hat vielleicht  
71 nicht so gut geklappt.“ #00:04:22-0#

72

73 B: Also die Versuche mit dem Mikroskopieren, das hat denen super viel Spaß  
74 gemacht und ich finde es eigentlich schade, dass man nicht mehr Zeit hat. Und  
75 jetzt auch mit Corona hatten die einfach gar keine Möglichkeiten, die Chemie ist  
76 sozusagen bei denen weggefallen. Neunte ist so, hat begonnen und dann Mitte  
77 der neunten Klasse war es dann vorbei mit Chemie. Zehnte Klasse war dann  
78 fast kein Chemie oder nur Homeschooling und von daher waren die eigentlich  
79 begierig darauf, nur zu experimentieren und das hat denen super Spaß  
80 gemacht und die haben auch super mitgemacht, auch die eher zurückhaltenden  
81 Schülerinnen und Schüler. Also das wäre kein Problem gewesen von der  
82 Schule, von den Schülerinnen und Schülern her. #00:05:03-0#

83

84 I: Alles klar. Und gab es irgendwas oder gibt es irgendwas, was du sagen  
85 würdest, das würdest du dir wünschen, das würde dich unterstützen das  
86 umzusetzen? Hast du ein Wunschscenario? #00:05:14-0#

87

88 B: Ich glaube, ich müsste das erstmal selbst durchführen, damit ich die Frage  
89 beantworten könnte, weil du hast das Material ja so einfach oder so gut  
90 aufbereitet zur Verfügung gestellt. Ich müsste es einfach mal durchführen und  
91 dann könnte ich wahrscheinlich konkret darauf antworten. Aber so fällt mir jetzt  
92 eigentlich nichts spontan ein. #00:05:33-0#

93

94 I: Gut. Alles klar. Ja. Die nächste Frage hast du mir am Anfang schon ein  
95 bisschen beantwortet tatsächlich, als ich dich nach der (Kernmodulik?) gefragt  
96 habe (unv.). Wir gehen wir jetzt wieder weg vom Apfel und gehen wieder hin, ja,  
97 zur Fortbildung im Grunde so im Ganzen. Und zwar inwiefern das Ganze  
98 deinen Unterricht insgesamt beeinflusst hat. Du hast jetzt schon von  
99 verschiedenen Medien gesprochen, die du einfach jetzt mit einsetzt. Gibt es  
100 noch was, was du dazu ergänzen möchtest? #00:06:01-0#

101

102 B: Keine Ahnung, manche Dinge haben sich dann/ wo ich jetzt dann im

103 Nachhinein überlege: Warum habe ich das nicht schon viel früher gemacht?  
104 Vielleicht war das schon ein bisschen ein Anstoß auch durch diese Fortbildung  
105 mit dem, dass du uns das Gefühl gegeben hast: Digitalisierung ist nicht ein  
106 Hexenwerk. Das kann man vollkommen machen, ohne da groß darüber  
107 nachzudenken. Aber ich glaube, das war eigentlich das Hauptding, dass ich  
108 jetzt einfach die Materialien einfach über Teams zum Beispiel zur Verfügung  
109 stelle und die Videos nicht gemeinsam schaue oder die haben verschiedene  
110 Quellen im Internet und die müssen sie vergleichen. Also dass ich das einfach/  
111 die Quelle nicht selber schreibe und dann als Arbeitsblatt austeile oder das  
112 Video in PowerPoint stelle und das gemeinsam anschau, sondern dass das  
113 wirklich, ja, jedem Schüler und Schülerin ist selbst überlassen: Wie oft schaue  
114 ich mir das an? Ich glaube, das ist gerade/. Habe ich nichts mehr hinzuzufügen  
115 eigentlich. Hat sich nichts mehr geändert als was ich vorhin schon gesagt habe.  
116 #00:07:05-0#  
117  
118 I: Ja, perfekt. Ich dachte nur, ich frage // mal nochmal nach. #00:07:07-0#  
119  
120 B: Ja, kein Problem. // #00:07:10-0#

## Interview 11

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Genau, ja, FOS habe ich schon. Da steht staatliche Fachoberschule Ansbach ist drin. Ich würde sagen, wir starten jetzt mal mitten in die Fortbildung rein. Und zwar würde ich da gern erst einmal von dir wissen, was hast du mitgenommen als Kernaussage? Also was war für dich die grundlegende Idee der Fortbildung? #00:02:18-9#

B: Die grundlegende Idee war einfach, dieses klar machen, dass du mit dem Smartphone mehr machen kannst, als zum Beispiel nur die Zeit stoppen, oder Recherche machen. Also mir war das nicht klar, dass es tatsächlich zum Beispiel, das hat mich wirklich überrascht, diese, wo du die Kamera dann dir aufschlüsseln lassen kannst in die verschiedenen Wellen sozusagen, in die verschiedenen Blau-, Rot-, Gelbtöne, und da dann analysieren kannst. Das war richtig, ja, professionell mit Diagrammen. Also das du nicht bloß Foto machst, das du beschreibst, sondern wirklich, also so richtiges (unv., Ton weg) dann ja auch bei meinem Physikkollegen. #00:03:04-9#

I: Jetzt hängt gerade das Internet bei mir // oder bei dir? #00:03:09-5#

B: Ja, einen vorher irgendwie, nicht klar. #00:03:11-1#

I: Ich glaube, XXXXX ich glaube, wir machen mal das Video aus. Zumindest ist gerade die // Verbindung/ #00:03:18-7#

B: Die // Verbindung ist schlecht. #00:03:19-6#

I: Hm. (bejahend) #00:03:20-6#

B: Ich schau mal, ob ich ein bisschen, weil ich habe in meinem Zimmer wenig, schlechtere, manchmal schlechtere Verbindung. Ich gehe mal schnell runter in das Wohnzimmer. Ob es dann bei uns wenigstens besser ist? #00:03:32-5#

I: Das sehe ich jetzt wieder einwandfrei, komisch. #00:03:36-6#

1

Interview 11

35 B: Ja, ist bei uns halt mit dem WLAN. Eigentlich habe ich gute Verbindung, aber  
36 manchmal, das/ Ich weiß, wir brauchen eine neue, einen neuen Router, weil der  
37 spinnt dann manchmal und dann haut er mich oben raus. So, das ist meine  
38 Küche. #00:03:52-5#  
39  
40 I: Passt. (lacht) #00:03:55-9#  
41  
42 B: Kann ich Hintergrund ändern? (lacht) Nein, ist okay, ist sowieso dunkel, also.  
43 #00:04:05-1#  
44  
45 I: Wir müssen nochmal einsteigen, bei der App. #00:04:10-2#  
46  
47 B: Bei welcher, bei der ColorApp? #00:04:14-8#  
48  
49 I: Hm. (bajahend) #00:04:15-7#  
50  
51 B: Okay. Also, was mich gewundert hat, die grundlegende Idee,  
52 beziehungsweise was ich daraus genommen habe, ist eben, dass man das  
53 Smartphone mehr nutzen kann. Vor allem eben als, auch als wirkliches  
54 Messinstrument zum Beispiel mit der Kamera, oder wie ich es dann auch  
55 nachträglich von meinem Kollegen gehört habe, dass die in Physik den  
56 Bewegungssensor nutzen. Also nicht bloß wo ich es genutzt habe, mal eine Zeit  
57 messen, oder Recherchieren, oder mal ein Foto machen oder so, sondern  
58 tatsächlich als Messinstrument, das hat mich schon, ja, das war eigentlich so  
59 mein aha Effekt, war mir so nicht klar. #00:04:54-4#  
60  
61 I: Wunderbar. Die nächste Frage ist ganz einfach zu beantworten. Und zwar,  
62 hast du denn das Apfelexperiment im Unterricht schon eingesetzt?  
63 #00:05:07-5#  
64  
65 B: Nein, liegt aber daran, dass das halt in unserem Profil beziehungsweise  
66 Lehrplan einfach zu dem Zeitpunkt, wo ich es kennen gelernt habe, noch nicht,  
67 also nicht mehr gepasst hat einfach. Zeitlich, stofflich, genau. #00:05:24-3#  
68

69 I: Es war, ich meine, im Januar war die Fortbildung, jetzt wird es Ende des  
70 Schuljahres da, ja. Wann würde es denn passen von Lehrplan her?  
71 #00:05:34.2#

72

73 B: Also wir, ich habe geguckt. Wir haben in der zwölften Klasse machen wir  
74 eben um Weihnachten herum, und ich war da halt einfach schon fertig, machen  
75 wir Enzyme, und ich könnte mir vorstellen, dass ich das in diesen  
76 Schülerexperiment, Praktikum, was wir quasi zu Enzymen machen, in  
77 irgendeiner abgewandelten Form. Ob ich es wirklich so mache, wie wir es  
78 gemacht haben, dass wir das Blaulicht dann richtig als Diagramm, oder ob ich  
79 einfach das qualitativ, wie wir es in München gemacht haben, dass man einfach  
80 nur Bilder vergleicht einsetze, das weiß ich nicht, aber könnte mir vorstellen,  
81 einfach im Rahmen dieser ganzen Enzymaktivierung, Enzyme, dass ich es da  
82 mit einsetze. Das man da gucken kann: Okay, ja, die Zitronensäure hemmt oder  
83 verändert halt diese Enzymaktivität, die Enzymkaskade, also bräunt der nicht  
84 mehr. #00:06:29-3#

85

86 I: Ja. Gab es denn neben dem zeitlichen Aspekt noch andere Hürden?  
87 #00:06:36-2#

88

89 B: Vielleicht im ersten Moment dieses: Oh Gott, ich muss da so eine große  
90 Auswertung mit Daten/ Ob ich da alle Punkte halt quasi nochmal im Kopf habe,  
91 die man bei dieser Auswertung halt benutzt, und wie ich es weiter gebe, aber  
92 ich muss da sagen, dadurch, dass wir hier dann bei der Exkursion, du quasi  
93 dieses Experiment einfach so vereinfacht hast, mit diesen: Wir schauen einfach  
94 mal, was wir noch, also nicht diese detaillierte Messung, sondern quasi dieses:  
95 Welche Farbe wird mir von der App angezeigt? Da habe ich mir dann gedacht,  
96 man könnte es ja noch vereinfachen. Also im ersten Moment war so dieses: Ich  
97 muss es genauso machen, wie wir es in der Fortbildung hatten, bis ich dann  
98 jetzt gemerkt habe: Nein, man kann es ja auch nochmal vereinfachen.  
99 #00:07:26-7#

100

101 I: Und wenn du so an andere Faktoren denkst? So, Entschuldigung,  
102 Ausstattung, oder die Klassenzusammensetzung, oder // so in der Richtung?

103 #00:07:42-2#  
104  
105 B: Also // wir haben halt schon viele Schüler, also meine Klasse da, zu dem  
106 Zeitpunkt waren 27 Schüler. Prinzipiell, die haben alles ihre Smartphones, und  
107 ich denke, wenn ich die halt, wenn ich ihnen sagen würde, oder sie halt  
108 kurzzeitig ins Internet über einen Hotspot oder so etwas lassen würde, dass sie  
109 sich die Apps runter laden: Ansonsten sollte also nur die Aufnahme sollte kein  
110 Problem sein, ne? Da wäre eher so dieses Handling mit: Wie kriegst du die  
111 Daten irgendwie in Excel rein? Aber auch da haben wir mittlerweile mit den  
112 Schülerlaptops und so, müsste das funktionieren, weil wir eigentlich genügend  
113 Schülerlaptops haben. Oder auch I-Pads haben wir für Schüler, die man  
114 ausleihen kann, genau. #00:08:23-4#  
115  
116 I: Also Ausstattung ist eigentlich kein Problem. Heterogenität in der Klasse?  
117 #00:08:28-3#  
118  
119 B: Ja, ich sage mal so, ich hatte jetzt in der einen Zwölften/ Klar wirst du halt  
120 Schüler haben, zum einem sind es halt, ja, Sozialwesen. Also, da sind, ich  
121 denke so, bei unseren Technikern wäre es leichter in der Umsetzung, als jetzt  
122 bei den Sozialen. Aber wie gesagt, ich könnte mir vorstellen, vielleicht nicht in  
123 der Ausführlichkeit, wie wir es in der Fortbildung gemacht haben, aber in einer  
124 leichteren Art und Weise, wäre es schon möglich, dass die da mit klar kommen.  
125 Aber man müsste es halt ausprobieren. Man müsste sich halt heran hangeln.  
126 Vielleicht vorher schon mal irgendwas anderes digital auswerten lassen, was  
127 kleineres, oder eben zum Beispiel mit so einem Lernpfad arbeiten oder so, dass  
128 die, was weiß ich, zu Hause schon mal ein paar Experimente machen und dann  
129 halt Gruppen. Aber ich habe zum Beispiel, ich habe ja noch eine Elfte, dass  
130 heißt, ich bereite die in Chemie auf die Zwölfte vor, und da habe ich dann schon  
131 angefangen dann, vor allem auch nachträglich, gezielter Experimente,  
132 Hypothesen und so weiter machen zu lassen, damit die einfach schon mal so  
133 ein bisschen eine Übung haben, um dann in der Hoffnung, in der Zwölften in  
134 Bio das auch zu machen. #00:09:35-7#  
135  
136 I: Ja, das beste was Sie tun können. #00:09:39-2#

137  
138 B: Ja, geht ja nicht anders. (lacht) #00:09:42-9#  
139  
140 I: Gibt es denn etwas, wo du sagst, das würde dich ganz konkret unterstützen,  
141 das Experiment einzusetzen? #00:09:49-4#  
142  
143 B: Ja, aber ich glaube, das hast du ja eh schon gesagt, dass du so etwas hast.  
144 Einfach bezüglich der Auswertung, eine, ja, klare: Wie kann ich das auswerten?  
145 Also einen klaren Leitfaden, was vielleicht auch den Schülern als Video oder  
146 eben als Tabelle, so als Schema, was sie machen müssen, um am Ende an die  
147 Daten zu kommen. #00:10:17-1#  
148  
149 I: Ja, okay. Ja, gut dass dann, dass findest du schon auf der Homepage, den  
150 Link hatte ich ja herum geschickt. #00:10:24-1#  
151  
152 B: Genau, aber das hast du, aber das auf jeden Fall. Weil ansonsten muss man  
153 sich halt heran hangeln. Dadurch, dass ich es nicht gemacht habe, ist es halt  
154 jetzt schwer zu sagen: Okay, wie würden die Schüler damit klar kommen?  
155 #00:10:36-7#  
156  
157 I: Ganz // klar. #00:10:39-0#  
158  
159 B: Man tendiert ja also Lehrer auch manchmal die Schüler zu überfordern.  
160 #00:10:42-6#  
161  
162 I: Oder zu unterfordern. #00:10:45-1#  
163  
164 B: Oder zu unterfordern, das stimmt. #00:10:46-9#  
165  
166 I: Okay, dann lassen wir den Apfel jetzt mal kurz absetzen. Ich habe nochmal  
167 eine Frage zu dem, zu der Kernidee, die du geschrieben hast, und du hast sie  
168 eigentlich schon so ein bisschen beantwortet. Und zwar würde ich gern wissen,  
169 ob sich denn da was verändert hat in deinem Unterricht insgesamt?  
170 #00:11:06-7#

171

172 B: Also, vor allem im Chemieunterricht, definitiv. Also so dieses/ Das haben mir  
173 dann auch die Schüler ganz gut als Feedback gegeben. Ich habe dann halt  
174 doch verstärkt Experimente auch machen lassen, obwohl die Klasse groß war,  
175 obwohl wir quasi räumlich, wir haben ja noch so wirklich Unistylemäßig, und da  
176 habe ich Microscale Experimente machen lassen und habe sie versucht selber  
177 so ein bisschen, ja, zu gucken, was habe ich denn jetzt gemessen, was kann  
178 ich ableiten und so, das auf jeden Fall, weil ich auch so, eben über dieses  
179 Apfelexperiment oder halt eben über dieses: Hey, die können allein auch mit  
180 ihrem Handy mehr machen, habe ich mir schon gedacht, man muss die halt  
181 einfach mehr hinführen. Also, man kann nicht schlagartig jetzt in der Zwölften  
182 oder in der 13 Sagen: So, jetzt erstellt mal Hypothesen und misst, weil das  
183 können die nicht. Da muss man sie/ Und ich habe es halt zum Beispiel in  
184 meinen elften Klassen jetzt versucht im Chemieunterricht. Ja, und dann  
185 schauen wir mal. Also das wird halt jetzt einfach dauern. #00:12:12-2#

186

187 I: Ja, ist ja klar, das geht ja nicht von Heute auf Morgen. #00:12:16-2#

188

189 B: Genau. #00:12:17-0#

## Interview 12

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Wunderbar, okay. Dann gucken wir uns mal die Apfel-Fortbildung an, auch wenn wir jetzt vom PCR geschwärmt haben, haben wir bestimmt nachher nochmal Zeit für die PCR. Und zwar, ich meine, es ist jetzt über ein Jahr her und da würde mich einfach interessieren, was ist denn bei dir als Kern der Fortbildung, also als grundlegende Idee hängengeblieben? #00:04:22-0#

B: Ja, es ging ja um irgendwie Enzymatik sichtbar zu machen, an diesem einfachen Experiment, wo man einmal den blanken Schnitt hat und einmal eben die Enzyme praktisch blockiert und man dann eben die unterschiedliche Braunfärbung auch digital messen kann. Und das kann man dann im Programm eingeben und dann sieht nachher eine schöne Kurve. Auch das finde ich super spannend, weil Enzymatik in der zwölften Klasse so stark Thema ist und viele der Enzymatik-Versuche funktionieren oft in der Schule nicht so gut. Anleitungen steht immer, ist ganz einfach, irgendwie gelingt es mir dann oft nicht und-. Das finde ich auch wieder super spannend, weil so ein bisschen aus dem Alltag ist das Obst, wenn halt der Apfel angebissen ist, dass er braun wird. Ja, also ich habe das schon vor, aber dieses Jahr ist es leider in meinem total vollen Programm heruntergefallen. Weil wir hatten echt, wir waren mit Corona sehr geplagt, wir haben dauernd, pausenlos viele Leute in Quarantäne gehabt und hatten dementsprechend so viele Nachprüfungen und Organisationen, dass ich nicht dazu gekommen bin, jetzt mir da mal Zeit zu nehmen, um das vorzubereiten, vor habe ich das aber schon. #00:05:52-0#

I: Okay. Ja, das heißt, du hast meine Frage eigentlich schon beantwortet, die nächste, ob du es schon gemacht hast im Unterricht. Also das heißt, ich darf hier auch Nein klicken dabei, oder? #00:06:02-0#

B: Ja. #00:06:03-0#

I: Ein bisschen was hast du schon gesagt dazu. Viel mit Corona gewesen, das war Zeitstress, das waren Gründe, dass du es nicht eingesetzt hast. Gab es noch andere Gründe? #00:06:17-0#

1

Interview 12

35 B: Nein, nein, es war-, ich hatte gar keine Zeit dafür. #00:06:22-0#

36

37 I: Und keine Zeit im Unterricht oder keine Zeit für die Vorbereitung? #00:06:31-

38 0#

39

40 B: Nein, eigentlich für die Vorbereitung, weil also ich kann mich gut daran  
41 erinnern, dass man das eben dann auch mit dem Handy fotografieren kann und  
42 dokumentieren kann, aber ich müsste mich komplett nochmal reinarbeiten, weil  
43 es eben schon länger her ist. Zeitlich würde das bei mir passen, so nach den,  
44 kurz vor den Osterferien. Da machen wir Enzymatik und nächstes Jahr möchte  
45 ich das machen mit meiner zwölften Klasse. #00:06:59-0#

46

47 I: Gab es denn Hürden, wo du sagen würdest, also das hat mich ganz konkret  
48 gehindert, jetzt mal von dem Zeitlichen abgesehen? #00:07:10-0#

49

50 B: Naja, eine Frage war noch, ich glaube, wir hatten Äpfel gehabt, bei denen  
51 schon diese Enzyme schon ein bisschen herausgezüchtet worden. Da hätte ich  
52 noch eine Frage, hast du welche gefunden, die sicher auch so funktionieren?  
53 Weil bei dem was ich hier hatte, hat sich kaum was verändert. Also das war  
54 auch kaum messbar. Und das wollte ich nämlich, da wollte ich auf die Suche  
55 gehen, bis ich Äpfel habe, wo das auch wirklich gut funktioniert. Also so eben  
56 nicht hochgezüchtete, sondern so eben alte Sorten, bei denen das eben  
57 entsprechend auch gut funktioniert. Weil ein Versuch, der nicht funktioniert in  
58 der Schule, das mache ich nicht gern, oder. Also eine zweite Sache habe ich  
59 jetzt gelassen, habe ich auf nächstes Jahr verschoben, weil ich übersehen  
60 habe, wir machen die Pflanzenfarbstoffe mit Papierchromatographie und das  
61 funktioniert nicht. Das ist viel zu großporig, das trennt sich nicht. Und war auch  
62 da auf der Suche, was jetzt das richtige Gel auf so einer Dünnschicht-  
63 Chromatographie, weil da sollte es besser gehen. Aber auch da hat es dann  
64 gescheitert, dass ich das immer wieder so lange verschoben habe, bis die Zeit  
65 rum war. #00:08:42-0#

66

67 I: Ja, aber manchmal ist es so, dass man einfach nicht dazu kommt, so. Zu  
68 deiner Frage mit der Apfelsorte, kennst du die Seite Mundraub.org? #00:08:56-  
69 0#  
70  
71 B: Mund? #00:08:57-0#  
72  
73 I: Mundraub, wie Mundraub.org. Ich schreibe es dir mal rein. #00:09:04-0#  
74  
75 B: Ja, ich habe es gerade schon, Mundraub.org. #00:09:08-0#  
76  
77 I: Genau. Das ist eine Seite, wo öffentliche Obstbäume eingezeichnet sind, in  
78 verschiedenen Regionen Deutschlands. Und die funktioniert ziemlich gut. Da  
79 kann man sich quasi Inspiration holen, wo dann ein Apfelbaum steht, zum  
80 Beispiel, weil diese Sorten meistens besser geeignet sind, weil das selten so  
81 Zuchtformen sind. Was nicht funktioniert, sind die ganzen neuen Formen wie  
82 Pink Lady und die ganzen Hochglanz Äpfel. #00:09:42-0#  
83  
84 B: Pink Lady kaufe ich sowieso nicht mehr, war eigentlich mein liebster Apfel,  
85 bis ich gesehen habe, dass die aus Neuseeland kommen. #00:09:49-0#  
86  
87 I: Ja. Und die funktionieren auch nicht für das Apfel-Experiment, da gibt es ja  
88 gar keinen Grund für die. #00:09:54-0#  
89  
90 B: Ja. Nein, aber eben so esse ich halt jetzt auch tatsächlich heimische Äpfel,  
91 wenn sie halt bei uns reif sind. #00:10:04-0#  
92  
93 I: Ja, es ist ja eigentlich auch, ja, Neuseeland ist der Wahnsinn. Ja. Ja, ich hatte  
94 letzters von Lidl den Bio-Apfel, direkt von der Hausmarke, der hat gut  
95 funktioniert. Braeburn funktioniert meistens, aber es ist auch keine Garantie  
96 dafür. Da weiß ich auch noch nicht, woran das liegt. Und was gut funktioniert,  
97 um die Weihnachtszeit herum, aber das ist für dich eher schlecht, wenn du  
98 sagst, du willst es vor Ostern machen. Das waren diese Weihnachtsäpfel.  
99 Weißt du, die so ganz knallrotbackig sind? Die sind superschnell braun  
100 geworden. #00:10:41-0#

101

102 B: Gut, ich schreibe mir das gerade alles mit. #00:10:48-0#

103

104 I: Ja, nur weil du eben grad gefragt hattest. #00:10:51-0#

105

106 B: Ja. Ja, das war auch wirklich eine Frage, die ich heute eh stellen wollte.

107 #00:10:55-0#

108

109 I: Perfekt. Dann kann man vielleicht auch die Such-Zeit für den perfekten Apfel

110 ein bisschen verkürzen, wenn man schon ein bisschen was für Ideen hat. Ich

111 glaube, das leitet auch ziemlich gut zur nächsten Frage über und zwar würde

112 ich gerne wissen, was dich denn ganz konkret unterstützen würde, dieses

113 Experiment einzusetzen? #00:11:15-0#

114

115 B: Ich glaube, wir haben damals noch ein Skript gekriegt. Ich weiß zwar jetzt

116 gerade nicht, wo es liegt, aber ich glaube, dass die Anleitung da drin ganz okay

117 war. Also da brauche ich, glaube ich, nicht weiter irgendwas. #00:11:32-0#

118

119 I: Und wenn du so in die, also ich meine, es gibt ja noch mehrere andere

120 Möglichkeiten für Unterstützung. Könntest du es dir vorstellen, dass es

121 irgendwie eine Kooperation, die heißen würde, mit Kollegen oder Ausstattung

122 an der Schule helfen würde oder sowas in die Richtung? #00:11:55-0#

123

124 B: Nein, das war doch gar nicht-, ich fande es halt auch spannend, dass die

125 jungen Leute, die heute alle ihre Smartphones, keine Minute eigentlich ihres

126 Lebens ohne Smartphone ist, dass wir das da einsetzen können, dass sie damit

127 praktisch das im Unterricht-. Also von daher glaube ich eigentlich nicht, dass

128 irgendwelche weiteren größeren organisatorischen Zusammenarbeiten oder so.

129 Das hat mir ja auch an ihrem Experiment gut gefallen, dass es ja eigentlich

130 wirklich einfach ist. #00:12:37-0#

131

132 I: Vom Prinzip her ist es total simpel, ja, das stimmt. Also das Experiment an

133 sich. Und das ist ja das Schöne daran, dass man einen komplizierten

134 Sachverhalt an so etwas Einfachem erklären kann. Aber

135 Ausstattungstechnisch, du wärst da voll auf die eigenen Geräte gegangen von  
136 den Schülerinnen und Schülern, dass die also das eigene mitbringen können  
137 und verwenden können? #00:13:03-0#  
138  
139 B: Ja, wir haben, wir hätten sowas auch, wir hätten zum Beispiel so einen  
140 Klassensatz iPads, aber ich nutze das immer nicht gerne. Also ich bin lieber in  
141 meinem Bio-Raum mit meinem Zeug alleine. Und das ist so ja, ich bin halt auch  
142 kein Apple Mensch. Also, da weiß ich dann sehr oft auch irgendwelche  
143 Einstellungsfragen nicht. Ich bin halt ein alter Windows-. #00:13:39-0#  
144  
145 I: Da kommt Android näher hin wie Windows? #00:13:42-0#  
146  
147 B: Ja. #00:13:43-0#  
148  
149 I: Ja, wunderbar. Möchtest du dazu noch was sagen zum Apfel? Ansonsten  
150 würde ich in den nächsten Themenbereich wechseln. #00:13:56-0#  
151  
152 B: Nein, da habe ich jetzt eigentlich nichts mehr. Nur doch, eine Frage noch. Ich  
153 hatte mal ein bisschen Datenproblem. Diese Anleitung, das war doch eine PDF-  
154 Datei damals, oder? #00:14:12-0#  
155  
156 I: Ja. #00:14:13-0#  
157  
158 B: Könntest du mir die nachher nochmal schicken? Zur Sicherheit. #00:14:19-  
159 0#  
160  
161 I: Ich habe die auch nochmal überarbeitet. Ich habe doch bei der Einladung zu  
162 dem-, bei der ersten Einladung zum Interview habe ich einen Link hinterlegt.  
163 #00:14:26-0#  
164  
165 B: Ach ja. #00:14:27-0#  
166  
167 I: Aber ich schicke dir den einfach nochmal. #00:14:29-0#  
168

169 B: Ja, das wäre nett. #00:14:31-0#  
170  
171 I: Weil ich habe das nämlich inzwischen das ganze Material auf der Homepage  
172 verlinkt. #00:14:36-0#  
173  
174 B: Okay, verstehe. #00:14:39-0#  
175  
176 I: Dass wir eine Veröffentlichung gemacht haben und ich da das ganze Online-  
177 Material hinterlegt habe und es jetzt einfach über [...] herausgebe, weil das viel  
178 entspannter ist als über eine Cloud. Und da sind auch Videos drin, da ist auch  
179 ein neues Video, wie man das ganze am iPad auswertet, auch wenn das jetzt  
180 vielleicht für dich nicht so interessant ist, aber/ #00:14:58-0#  
181  
182 B: Aber das wäre ja gut, wenn ich einen Anleitungstext für das iPad habe, dann  
183 kann ich es ja mal ausprobieren. #00:15:00-0#  
184  
185 I: Also ja, vor allem für die Kalkulationsprogramme, also Calculator, Calc auf  
186 dem iPad. Aber für Excel ist auch eine perfekte Anleitung nochmal drin, wie  
187 man das auch mit Excel machen kann. #00:15:14-0#  
188  
189 B: Das ist mir schonmal gleich sehr viel sympathischer, weil Excel war mein  
190 Programm. #00:15:16-0#  
191  
192 I: Ja, ich mag Excel auch sehr gerne, aber Calc funktioniert ganz ähnlich, man  
193 muss nur ein bisschen anders tippen, aber so die Funktionen sind ziemlich  
194 gleich. Aber das schicke ich dir, mache. #00:15:30-0#  
195  
196 B: Dankeschön. #00:15:31-0#  
197  
198 I: Ja gerne. Gerne, gerne. Und da ist eben auch die Anleitung mit drauf und die  
199 PDF-Anleitungen für die App sind drin. Also das sollte jetzt alles nochmal dabei  
200 sein. #00:15:42-0#  
201  
202 B: Gut. #00:15:44-0#

203

204 I: Genau. Wir hatten ja jetzt gerade schon über die Kernidee gesprochen und  
205 über das Apfel-Experiment. Könntest du denn, würdest du sagen, dass sich  
206 diese Kernidee, du hattest ja gesagt Enzymatik darstellen, eben auch mit dem  
207 Smartphone messen und das Ganze dann auswerten mit Excel. Hat sich das  
208 irgendwie in einem anderen Bereich in deinem Unterricht gezeigt? Hast du das  
209 irgendwo anders integriert? #00:16:12-0#

210

211 B: Nein, ich arbeite also jetzt unabhängig davon mache ich in der Biostatistik  
212 sowieso mit Excel und aber das ist, das habe ich vorher auch schon immer  
213 gemacht. Wie gesagt, Excel habe ich während meiner Doktorarbeit auch viel,  
214 alle Daten über Excel verarbeitet und das gebe ich in der deskriptiven Bio-  
215 Statistik meinen elften Klassen da mit. Indem sie auch-, da mache ich übrigens  
216 auch, also ich benutze halt digitale Messgeräte, also eine digitale kleine, feine  
217 Waage und eine digitale Schieblehre und da vermesse ich zwei verschiedene  
218 Reissorten. Und dann sollen sie das auf die verschiedenen Arten und Weisen  
219 ganz einfach schnell sichtbar Unterschiede herausarbeiten. #00:17:12-0#

220

221 I: Aha. #00:17:14-0#

222

223 B: Also Mittelwert plus minus Standardabweichung. Einmal ist das eine Reis ist  
224 größer, hat aber eine viel höhere Variabilität in der Einzelkerngröße. Und der  
225 andere, der hat eine sehr kleine Standardabweichung. Was natürlich für ein  
226 einheitliches Beißgefühl beim Kochen, ja, ja erkläre ich dann, warum sowas  
227 dann oft etwas teurer ist. #00:17:39-0#

228

229 I: Ach, ja klar. #00:17:41-0#

230

231 B: Und dann mache ich halt die Varianzanalyse, mit der dann eben mit diesen  
232 zwei Hürden 95 Prozent, 98 Prozent Wahrscheinlichkeit, also signifikant und  
233 hoch signifikant. Das ist eh schon ein bisschen mehr als glaube ich im Lehrplan  
234 steht. #00:18:02-0#

235

### Interview 13

1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34

I: Wunderbar. Nur für meine Statistik, dass ich das einordnen kann. Dann haben wir die erste Karte schon geschafft. Moment, ich schalte einmal schnell hier um, sonst hört man mich immer so schlecht. So, jetzt, so ist gut, glaube ich. Erste Frage ganz einfach, was würdest du denn heute sagen, ist die grundlegende Idee der Fortbildung gewesen? #00:01:12-0#

B: Also die grundlegende Idee war, dass die Digitalisierung, ja, in Verbindung mit Versuchen kombiniert wird, würde ich mal so sagen. Und dass grad der Versuch mit dem Apfel, mit den Farben, dass man das sehr schön eben grafisch auch darstellen kann. Und diese grafische Darstellung, die ist ja für Schüler ganz, ganz wichtig, dass sie damit umgehen können. Und dass diese Basics auch mit, nicht PowerPoint, sondern mit den Tabellen, dass sie damit eben umgehen können, genau. #00:02:01-0#

I: Ja. Hurra. Das leitet mich gleich weiter zur Frage, auf die ich immer ganz besonders neugierig bin. Und zwar, hast du denn das Apfelexperiment im Unterricht umgesetzt seitdem? #00:02:13-0#

B: Ich habe es nicht umgesetzt, weil es bei mir thematisch leider nicht gut reingepasst hat. Weil wir einfach andere Themen behandelt haben, wie Bionik zum Beispiel, da passt es halt überhaupt nicht. Oder wir haben die Sinnesorgane behandelt. Also ich hatte in einer Klassenstufe, in der zwölften Klasse Biologie. Und da hat es thematisch leider überhaupt nicht reingepasst. #00:02:38-0#

I: Es ist ja noch nicht aller Tage Abend, also/ #00:02:40-0#

B: Ja, genau. #00:02:42-0#

I: Aber, das mag ich natürlich schon nochmal ein bisschen genauer wissen. Du hast schon ein bisschen angefangen zu erzählen, es hat vom Lehrplan her nicht gepasst. Gab es denn noch andere Gründe, wo du sagst, ah, irgendwie hat es nicht dazu geführt, dass ich das jetzt gemacht hätte? 00:02:58-0#

1

Interview 13

35

36 B: Also ich glaube, vom Umfang her wäre es auch fast zu viel gewesen. Im  
37 Vergleich zu dem, was ich noch den Schülern rüberbringen habe müssen. Weil  
38 die zwölften Klassen eben jetzt schon fertig sind. Also die haben jetzt schon  
39 Abschluss geschrieben und ich musste halt bis Anfang Mai fertig sein mit  
40 meinem Stoff. Und dann ist es halt so ein bisschen schwierig, dann große  
41 Projekte noch eben anzugehen. Wir haben dann auch noch das Thema  
42 Nachhaltigkeit besprochen, was ich ganz wichtig finde. Und da passt es halt  
43 auch so gar nicht leider rein. Und deswegen habe ich es dann nicht umgesetzt,  
44 ja. #00:03:39-0#

45

46 I: Okay. Alles klar. Wenn ich so nach ganz konkreten Hürden frage, denk doch  
47 mal an Ausstattung oder an Unterstützung oder sowas in die Richtung. Gab es  
48 da was, wo du gesagt hättest, ja, selbst wenn es jetzt gepasst hätte, vom  
49 Lehrplan her, wäre es nicht möglich gewesen? Oder sagst du, nö,  
50 Rahmenbedingungen wären eigentlich dagewesen? #00:04:02-0#

51

52 B: Also vom Digitalen her wären die Rahmenbedingungen dagewesen, definitiv.  
53 Also von der Biologie her selbst ist keinerlei Ausstattung an der Schule, weil es  
54 eben nur diese Aspekte der Biologie gibt, die da unterrichtet werden für vier  
55 Stunden in den zwölften Klassen. Und von daher ist jetzt biologisch nichts  
56 vorhanden. Aber das ist ja für den Versuch eigentlich auch nicht notwendig.  
57 Also im Grunde braucht man ja wirklich nur diese, im Grunde, iPads. Die sind  
58 vorhanden an der Schule. Die kann man sich ausleihen. Also es wäre schon  
59 umsetzbar gewesen, definitiv, an der Schule. Genau. #00:04:43-0#

60

61 I: Okay. Was hätte dir denn geholfen, das Experiment tatsächlich einzusetzen?  
62 Oder was müsste jetzt passieren, sagen wir es so? (lacht) #00:04:57-0#

63

64 B: (lacht) Da hätte sich der Lehrplan ändern müssen, ganz konkret. Oder der  
65 Lehrplan ist ja im Grunde in der zwölften Klasse so konzipiert, dass er relativ  
66 frei ist, aber das Thema müsste in irgendeiner Weise vorhanden sein im  
67 Lehrplan. Und das ist es definitiv nicht. Und dann kann ich es im Grunde nicht  
68 einfach machen. #00:05:14-0#

69  
70 I: Ja, das verstehe ich. Das heißt, es war zwölfte Jahrgangsstufe, gell, über die  
71 du jetzt gesprochen hast? #00:05:21-0#  
72  
73 B: Ja, an der FOS. #00:05:22-0#  
74  
75 I: An der FOS. Okay. Ja, perfekt. Dann haben wir eigentlich das Experiment  
76 soweit schonmal abgeschlossen. Wir haben ja in der Fortbildung nicht nur über  
77 das Experiment gesprochen, nicht nur das Experiment gemacht. Es gab ja auch  
78 noch andere Ideen. Und du hast die Kernidee vorher schon so ein bisschen  
79 beschrieben. Und da würde ich gerne von dir wissen, hat sich das dann auf  
80 deinen Unterricht allgemein ausgewirkt? Also ganz unabhängig vom Apfel.  
81 #00:05:46-0#  
82  
83 B: Von der Digitalisierung her, meinst du? #00:05:50-0#  
84  
85 I: Beispielsweise, ja. #00:05:52-0#  
86  
87 B: So ein bisschen schon. Weil ich versucht habe, mehr digital zu arbeiten. Ja,  
88 ein bisschen auf jeden Fall, doch, ja. Ich habe mehr Filme noch eingebaut. Das  
89 Einzige, was ich nicht gemacht habe, ich habe tatsächlich keine iPads  
90 ausgeliehen. Weil die momentan so gefragt sind bei uns an der Schule. Und  
91 dann ist es so schwierig, die zu bekommen. Und da muss man schon immer  
92 zwei Wochen vorher wissen, was man macht. Und das habe ich dadurch, dass  
93 ich das Fach das erste Mal unterrichtet habe, so schnell war ich da noch nicht  
94 in der Vorbereitung. Genau. #00:06:30-0#  
95  
96 I: Alles klar. Das heißt, du hast da paar mehr digitale Medien eingesetzt so für  
97 den Kurs. Hast dich da so ein bisschen dran orientiert, bisschen mehr dann  
98 getraut? #00:06:42-0#  
99  
100 B: Ja. #00:06:42-0#

### **13.14 Abbildungsverzeichnis Anhang**

Abbildung Anhang 1 Präsentationsfolien .....	286
Abbildung Anhang 2 Mentimeter 1 Einstieg .....	318
Abbildung Anhang 3 PHET Simulation Color Vision Screenshot .....	319
Abbildung Anhang 4 Spectrumcolors Simulation Screenshot .....	319
Abbildung Anhang 5 Padlet 1 - Gestaltung .....	320
Abbildung Anhang 6 Padlet 2 SAMR Modell.....	320
Abbildung Anhang 7 Anleitung Apfelexperiment.....	321
Abbildung Anhang 8 Anleitung App ColorGrab .....	324
Abbildung Anhang 9 Anleitung App Colorimeter .....	326
Abbildung Anhang 10 Padlet 3 - Das Apfelexperiment .....	329
Abbildung Anhang 11 Shared Document.....	329
Abbildung Anhang 12 Mentimeter 2 - Take Home Message .....	329

### **13.15 Tabellenverzeichnis Anhang**

Tabelle Anhang 1 Steigungswerte der Sorten „Braeburn“ und der Gartenäpfel, welche in die Analyse mitaufgenommen wurden.....	263
Tabelle Anhang 2 zweifaktorielle Varianzanalyse für Ränge nach Friedman bei verbundenen Stichproben .....	264
Tabelle Anhang 3 Korrelationen EI .....	358
Tabelle Anhang 4 Itemfit EI Prätest .....	358
Tabelle Anhang 5 Schlecht fittende Antworten EI Prätest .....	359
Tabelle Anhang 6 Itemfit EI nach Bereinigung Prätest.....	360
Tabelle Anhang 7 Dimensionen EI .....	360
Tabelle Anhang 8 Cluster Plot EI.....	361
Tabelle Anhang 9 Personen EI Prätest.....	362
Tabelle Anhang 10 Score Fähigkeiten Beziehung EI .....	363
Tabelle Anhang 11 Ogive EI.....	364
Tabelle Anhang 12 Step Ordering EI .....	365
Tabelle Anhang 13 Kategorienstruktur EI .....	366
Tabelle Anhang 14 Summary Statistik EI Prätest .....	367
Tabelle Anhang 15 DIF EI .....	368
Tabelle Anhang 16 Itemfit EI Posttest.....	368
Tabelle Anhang 17 Schlecht fittende Antworten EI Posttest .....	369
Tabelle Anhang 18 Itemfit nach Bereinigung EI Posttest .....	370
Tabelle Anhang 19 Personen EI Posttest .....	371
Tabelle Anhang 20 Summary Statistik EI Posttest.....	372
Tabelle Anhang 21 Korrelationen ED .....	373

Tabelle Anhang 22 Itemfit ED Prätest.....	373
Tabelle Anhang 23 Dimensionen ED.....	374
Tabelle Anhang 24 Cluster Plot ED.....	374
Tabelle Anhang 25 Personen ED Prätest.....	375
Tabelle Anhang 26 Score Fähigkeiten Beziehung ED.....	376
Tabelle Anhang 27 Ogive ED.....	377
Tabelle Anhang 28 Kategorienstruktur ED Prätest.....	378
Tabelle Anhang 29 Step Ordering ED.....	379
Tabelle Anhang 30 Summary Statistik ED Prätest.....	380
Tabelle Anhang 31 DIF ED.....	381
Tabelle Anhang 32 Itemfit ED Posttest.....	381
Tabelle Anhang 33 Schlecht fittende Antworten ED Posttest.....	382
Tabelle Anhang 34 Itemfit nach Bereinigung ED Posttest.....	382
Tabelle Anhang 35 Personen ED Posttest.....	383
Tabelle Anhang 36 Summary Statistik ED Posttest.....	384
Tabelle Anhang 37 Itemfit TK Prätest.....	385
Tabelle Anhang 38 Schlecht fittende Antworten TK Prätest.....	385
Tabelle Anhang 39 Itemfit nach Bereinigung TK Prätest.....	386
Tabelle Anhang 40 Korrelation TK.....	386
Tabelle Anhang 41 Cluster Plot TK.....	387
Tabelle Anhang 42 Dimensionen TK.....	387
Tabelle Anhang 43 Personen TK Prätest.....	388
Tabelle Anhang 44 Score Fähigkeiten Beziehung TK.....	389
Tabelle Anhang 45 Ogive TK.....	390
Tabelle Anhang 46 Step Ordering TK.....	391
Tabelle Anhang 47 Kategorienstruktur TK Prätest.....	392
Tabelle Anhang 48 Summary Statistik TK Prätest.....	393
Tabelle Anhang 49 DIF TK.....	394
Tabelle Anhang 50 Itemfit TK Posttest.....	394
Tabelle Anhang 51 Schlecht fittende Antworten TK Posttest.....	395
Tabelle Anhang 52 Itemfit nach Bereinigung TK Posttest.....	396
Tabelle Anhang 53 Personen TK Posttest.....	397
Tabelle Anhang 54 Summary Statistik TK Posttest.....	398
Tabelle Anhang 55 Korrelationen TCK.....	399
Tabelle Anhang 56 Itemfit TCK Prätest.....	399
Tabelle Anhang 57 Dimensionen TCK.....	400
Tabelle Anhang 58 Cluster Plot TCK.....	400

Tabelle Anhang 59 Personen TCK Prätest.....	401
Tabelle Anhang 60 Score Fähigkeiten Beziehung TCK .....	402
Tabelle Anhang 61 Ogive TCK.....	403
Tabelle Anhang 62 Step Ordering TCK.....	404
Tabelle Anhang 63 Kategorienstruktur TCK .....	405
Tabelle Anhang 64 Summary Statistik TCK Prätest.....	406
Tabelle Anhang 65 DIF TCK.....	407
Tabelle Anhang 66 Itemfit TCK Posttest.....	407
Tabelle Anhang 67 Personen TCK Posttest .....	408
Tabelle Anhang 68 Summary Statistik TCK Posttest .....	409
Tabelle Anhang 69 Itemfit TPK Prätest.....	410
Tabelle Anhang 70 Schlecht fittende Antworten TPK Prätest .....	410
Tabelle Anhang 71 Itemfit TPK nach Bereinigung Prätest .....	411
Tabelle Anhang 72 Korrelationen TPK .....	411
Tabelle Anhang 73 Dimensionen TPK.....	412
Tabelle Anhang 74 Cluster Plot TPK .....	413
Tabelle Anhang 75 Personen TPK Prätest .....	414
Tabelle Anhang 76 Score Fähigkeiten Beziehung TPK .....	415
Tabelle Anhang 77 Ogive TPK .....	416
Tabelle Anhang 78 Step Ordering TPK .....	417
Tabelle Anhang 79 Kategorienstruktur TPK.....	418
Tabelle Anhang 80 Summary Statistik TPK.....	419
Tabelle Anhang 81 DIF TPK.....	420
Tabelle Anhang 82 Itemfit TPK Posttest .....	420
Tabelle Anhang 83 Personen TPK Posttest.....	421
Tabelle Anhang 84 Summary Statistik TPK Posttest .....	422
Tabelle Anhang 85 Itemfit TPACK Prätest.....	423
Tabelle Anhang 86 Korrelationen TPACK.....	423
Tabelle Anhang 87 Dimensionen TPACK.....	424
Tabelle Anhang 88 Cluster Plot TPACK .....	425
Tabelle Anhang 89 Personen TPACK Prätest .....	426
Tabelle Anhang 90 Score Fähigkeiten Beziehung TPACK .....	427
Tabelle Anhang 91 Ogive TPACK .....	428
Tabelle Anhang 92 Step Ordering TPACK.....	429
Tabelle Anhang 93 Kategorienstruktur TPACK.....	430
Tabelle Anhang 94 Summary Statistik TPACK Prätest.....	431
Tabelle Anhang 95 DIF Kennzahlen TPACK .....	432

Tabelle Anhang 96 DIF TPACK.....	432
Tabelle Anhang 97 Itemfit TPACK Posttest.....	433
Tabelle Anhang 98 Personen TPACK Posttest.....	434
Tabelle Anhang 99 Summary Statistik TPACK Posttest.....	435
Tabelle Anhang 100 Itemfit DILAS Prätest.....	436
Tabelle Anhang 101 Schlecht fittende Antworten DILAS Prätest.....	437
Tabelle Anhang 102 Itemfit nach Bereinigung DILAS Prätest.....	438
Tabelle Anhang 103 Korrelationen DILAS.....	438
Tabelle Anhang 104 Dimensionen DILAS.....	439
Tabelle Anhang 105 Cluster Plot DILAS.....	439
Tabelle Anhang 106 Personen DILAS Prätest.....	440
Tabelle Anhang 107 Score Fähigkeiten Beziehung DILAS.....	441
Tabelle Anhang 108 Ogive DILAS.....	442
Tabelle Anhang 109 Step Ordering DILAS.....	443
Tabelle Anhang 110 Kategorienstruktur DILAS.....	444
Tabelle Anhang 111 Summary Statistik DILAS Prätest.....	445
Tabelle Anhang 112 DIF DILAS Tabelle.....	446
Tabelle Anhang 113 DIF DILAS Graphik.....	446
Tabelle Anhang 114 Itemfit DILAS Posttest.....	447
Tabelle Anhang 115 Personen DILAS Posttest.....	448
Tabelle Anhang 116 Summary Statistik DILAS Posttest.....	449
Tabelle Anhang 117 Korrelationen Prätest.....	450
Tabelle Anhang 118 Korrelationen Posttest.....	450
Tabelle Anhang 119 Deskriptive Statistik Skalen EI und ED Prä-Post.....	451
Tabelle Anhang 120 Deskriptive Statistik TPACK Skalen.....	451
Tabelle Anhang 121 Normalverteilung Skalen Prä-Post-Vergleich.....	451
Tabelle Anhang 122 Perzentile für Gruppeneinteilung Prä-Postvergleich.....	452
Tabelle Anhang 123 Verarbeitete Fälle Posttest.....	452
Tabelle Anhang 124 Verarbeitete Fälle Prätest.....	453
Tabelle Anhang 125 Test auf Normalverteilung Prätest.....	453
Tabelle Anhang 126 Test auf Normalverteilung Posttest.....	454
Tabelle Anhang 127 Korrelationen Gruppenvergleich Prätest.....	454
Tabelle Anhang 128 Korrelation Prä-Post-Vergleich.....	455
Tabelle Anhang 129 Multivariate Tests Prä-Post-Vergleich.....	456
Tabelle Anhang 130 Univariate Tests Prä-Post-Vergleich.....	457
Tabelle Anhang 131 Levene Test Gruppenvergleich Prätest.....	458

Tabelle Anhang 132 Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen Gruppenvergleich Prätest .....	459
Tabelle Anhang 133 Multivariate Tests Gruppenvergleich Prätest.....	459
Tabelle Anhang 134 Korrelationen Gruppenvergleich Posttest.....	460
Tabelle Anhang 135 Levene-Test Gruppenvergleich Posttest .....	461
Tabelle Anhang 136 Box-Test auf Gleichheit der Kovarianzmatrizen Gruppenvergleich Posttest .....	462
Tabelle Anhang 137 Multivariate Tests Gruppenvergleich Posttest .....	462