Studien zum Physik- und Chemielernen

M. Hopf und M. Ropohl [Hrsg.]

379

Jana Marlies Rehberg

Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn

Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention

λογος

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Diese Reihe im Logos Verlag Berlin lädt Forscherinnen und Forscher ein, ihre neuen wissenschaftlichen Studien zum Physik- und Chemielernen im Kontext einer Vielzahl von bereits erschienenen Arbeiten zu quantitativen und qualitativen empirischen Untersuchungen sowie evaluativ begleiteten Konzeptionsentwicklungen zu veröffentlichen. Die in den bisherigen Studien erfassten Themen und Inhalte spiegeln das breite Spektrum der Einflussfaktoren wider, die in den Lehr- und Lernprozessen in Schule und Hochschule wirksam sind.
Die Herausgeber hoffen, mit der Förderung von Publikationen, die sich mit dem Physik- und Chemielernen befassen, einen Beitrag zur weiteren Stabilisierung der physik- und chemiedidaktischen Forschung und zur Verbesserung eines an den Ergebnissen fachdidaktischer Forschung orientierten Unterrichts in den beiden Fächern zu leisten.

Martin Hopf und Mathias Ropohl

Studien zum Physik- und Chemielernen

Band 379

Jana Marlies Rehberg

Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn

Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention

Logos Verlag Berlin

Studien zum Physik- und Chemielernen
Martin Hopf und Mathias Ropohl [Hrsg.]

Bibliografische Information der Deutschen Nationalbibliothek

Die Deutsche Nationalbibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über http://dnb.d-nb.de abrufbar.

Dieses Werk ist lizenziert unter der Creative Commons Lizenz CC BY-NC-ND (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).
Die Bedingungen der Creative-Commons-Lizenz gelten nur für Originalmaterial. Die Wiederverwendung von Material aus anderen Quellen (gekennzeichnet mit Quellenangabe) wie z. B. Schaubilder, Abbildungen, Fotos und Textauszüge erfordert ggf. weitere Nutzungsgenehmigungen durch den jeweiligen Rechteinhaber.

Logos Verlag Berlin GmbH 2024

ISBN 978-3-8325-5850-5
ISSN 1614-8967
DOI 10.30819/5850

Logos Verlag Berlin GmbH
Georg-Knorr-Str. 4, Geb. 10
D-12681 Berlin
Tel.: +49 (0)30 / 42 85 10 90
Fax: +49 (0)30 / 42 85 10 92
https://www.logos-verlag.de

Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn

Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften

vorgelegt beim Fachbereich Physik
der Johann Wolfgang Goethe-Universität
in Frankfurt am Main

von
Jana Marlies Rehberg
aus Frankfurt am Main

Frankfurt am Main 2024

D30

Vom Fachbereich Physik der
Johann Wolfgang Goethe-Universität Frankfurt am Main
als Dissertation angenommen.

Dekan: Prof. Dr. Roger Erb

Gutachter:

Prof. Dr. Thomas Wilhelm

Prof. Dr. André Bresges

Datum der Disputation: 20.06.2024

Inhaltsverzeichnis

1. Abstract **15**

2. Vorwort **19**

3. Einleitung **21**
3.1. Relevanz des Themas 21
3.2. Aufbau der Arbeit 24

I. Theorieteil **27**

4. Theoretische Grundlagen **29**
4.1. Mindset – Theorien zur Intelligenz 29
4.1.1. Begriffsklärungen und Übersetzungskonventionen 29
4.1.2. Exkurs: Intelligenz 31
4.1.3. Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck 36
4.1.4. Überzeugungen 38
4.2. Entstehung eines Mindset 43
4.2.1. Kausalattribution 43
4.3. Die Bedeutung des Mindsets für das Lernen 48
4.3.1. Lernerfolg 48
4.3.2. Motivation 49
4.3.3. Motivation im Lernprozess 54

5. Forschungsstand **61**
5.1. Ideengeschichte und Erkenntnisstufen 61
5.1.1. Erste Erkenntnisstufe – Attribuierung von Rückschlägen . . . 62
5.1.2. Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit 63
5.1.3. Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens . . 64
5.1.4. Vierte Erkenntnisstufe – Mindset-Interventionen können Leistungen verbessern 66

5.2. Aktuelle Entwicklungen . . . 68
5.2.1. Mindset-Interventions-Forschung . . . 68
5.2.2. Probleme der Mindset-Interventions-Forschung . . . 69
5.2.3. Hochskalierte Studien . . . 70
5.2.4. Explizite Messung impliziter Überzeugungen . . . 72
5.2.5. Neurobiologische Belege . . . 73
5.2.6. Neuroplastizität . . . 76
5.3. Abgrenzung zu verwandten Konstrukten . . . 78
5.3.1. Fähigkeitsselbskonzept und Selbstwertgefühl . . . 79
5.3.2. Selbstwirksamkeit . . . 81
5.4. Domänenspezifität . . . 82
5.4.1. Domänenspezifität und Anstrengungsüberzeugung . . . 84
5.5. Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik . . . 86
5.6. Schlussfolgerungen . . . 87

6. Forschungsfragen 91
6.1. Forschungsfragen – Fragebogenentwicklung . . . 91
6.2. Forschungsfragen – Interventions-Entwicklung . . . 92
6.3. Überblick über den Aufbau der Studien . . . 93
6.3.1. Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie . . . 93

II. Entwicklung eines domänenspezifischen Fragebogens zum Mindset und dessen Pilotierung 95

7. Grundlagen und Methoden 97
7.1. Signifikanzniveau . . . 98
7.2. Konfidenzintervalle . . . 99
7.3. Effektgrößen . . . 100
7.3.1. Nettoeffekt . . . 101
7.3.2. Teststärke . . . 103
7.4. t-Test . . . 104
7.4.1. Voraussetzungen . . . 104
7.4.2. Fehler-Inflation und Korrekturmöglichkeiten . . . 105
7.5. Varianzanalyse . . . 107
7.6. Gütekriterien psychologischer Fragebögen . . . 110
7.6.1. Ausgangssituation und Zielsetzung . . . 110

7.6.2. Objektivität . . . 111
7.6.3. Reliabilität . . . 114
7.6.4. Validität . . . 115

8. Aufbau und Validierung des Testinstrumentes 123
8.1. Aufbau des Fragebogens – Erläuterung grundlegender Entscheidungen 123
8.1.1. Skalierung . . . 123
8.1.2. Kopfteil . . . 125
8.1.3. Anordnung der Fragen . . . 127
8.2. Konstrukte im Fragebogen . . . 127
8.2.1. Vorarbeiten für einen domänenspezifischen Fragebogen zum Mindset in Physik . . . 128
8.2.2. Mindset nach Dweck . . . 129
8.2.3. Achievement Motive Scale . . . 130
8.2.4. Grit . . . 131
8.2.5. Fachspezifische Resilienz . . . 133
8.2.6. Attributionsfragebogen nach Schneewind . . . 135
8.3. Pilotierung des Fragebogens – Beschreibung der Stichprobe . . . 136
8.4. Explorative Faktorenanalyse . . . 137
8.4.1. Voraussetzungen für die Berechnung der explorativen Faktorenanalyse . . . 139
8.4.2. Eignung der Daten für eine explorative Faktorenanalyse . . . 140
8.4.3. Bestimmung der Faktorenanzahl . . . 142
8.4.4. Untersuchung der ursprünglichen physikfachspezifischen Mindset-Fragen . . . 149
8.4.5. Skalenbildung zum physikfachspezifischen Mindset . . . 152
8.4.6. Skalen der anderen Konstrukte . . . 166
8.5. Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset . . . 172
8.5.1. Korrelation „Theories of Intelligence“ zum domänenspezifischen Mindset . . . 176
8.5.2. Konstruktvalidität . . . 177
8.6. Konfirmatorische Faktorenanalyse . . . 179
8.6.1. Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse . . . 181
8.7. Exkurs: Anstrengung und Begabung . . . 184
8.8. Clusteranalyse . . . 188
8.8.1. Anzahl an Clustern . . . 189
8.8.2. Ergebnisse der Clusteranalyse . . . 193

8.9. Diskriminanzanalyse . . . 197
8.9.1. Übertragung der Diskriminanzanalyse auf weitere Messungen . 200
8.9.2. Beurteilung der Ergebnisse der Clusteranalyse . . . 201
8.10. Zusammenfassung der Validierung und Ausblick . . . 203
8.11. Längsschnittuntersuchung 2019 bis 2021 . . . 206

III. Entwicklung und Evaluation einer domänenspezifischen Mindset-Intervention als Online-Workshop 211

9. Entwicklung einer Mindset-Intervention 213
9.1. Mindset-Interventionen zum Studienbeginn . . . 213
9.1.1. Studienerfolg und Studienabbruch . . . 213
9.1.2. Exkurs Mathematikvorwissen . . . 214
9.1.3. Vorüberlegungen zum Einsatz einer Intervention . . . 217
9.2. Forschungsstand zu gelungenen Interventionen . . . 218
9.2.1. Geeigneter Zeitpunkt . . . 220
9.2.2. Geeignete Dauer . . . 221
9.2.3. Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung . . . 221
9.3. Struktur einer klassischen Mindset-Intervention . . . 223
9.3.1. Vermeidung eines falschen Growth Mindsets . . . 227
9.4. Design Thinking . . . 228
9.4.1. Minimum Viable Product . . . 229
9.4.2. Design-Based-Research . . . 229
9.4.3. Berücksichtigung der Zielgruppe . . . 230
9.4.4. Personas . . . 231
9.5. Aufbau des Interventionsworkshops . . . 234
9.6. Lernstrategien . . . 237
9.6.1. Illusionen des Lernens . . . 238
9.6.2. Gute und schlechte Lernstrategien . . . 239
9.6.3. Intervalllernen . . . 241
9.6.4. Gemischtes Lernen . . . 242
9.6.5. Abrufstrategie / Testen . . . 244
9.6.6. Feynman-Technik . . . 246
9.6.7. Weitere Faktoren für den Lernerfolg . . . 250
9.6.8. Zusammenfassung Lernstrategien . . . 254

9.7. Art und Länge der Videos . . . 255
9.7.1. tet.folio . . . 259
9.7.2. Einstiegsvideo . . . 261
9.7.3. Video Neuroplastizität . . . 262
9.7.4. Video Lernstrategien AGIL . . . 264
9.7.5. Video Feynman-Technik . . . 267
9.7.6. Video Best-Practise . . . 268
9.8. Personas und Diversität . . . 276
9.8.1. Aufbau der Selbstberichte . . . 277
9.8.2. Themen der anderen Selbstberichte . . . 277
9.9. Weitere Elemente des Workshops . . . 278
9.9.1. Value-Affirmation . . . 278
9.9.2. Schreibübung: saying-is-believing . . . 279

10.Durchführung und Auswertung einer Mindset-Intervention 281
10.1. Studiendesign . . . 281
10.1.1. Kurzfragebogen . . . 282
10.1.2. Struktur des Online-Workshops . . . 283
10.2. Akzeptanz . . . 285
10.2.1. Betrachtungsdauern – Videos gesamt . . . 286
10.2.2. Betrachtungsdauern – Videos einzeln . . . 288
10.2.3. Vergleichbarkeit der Akzeptanz . . . 291
10.3. Wirkung der Intervention beim Kurzfragebogen . . . 294
10.3.1. Einteilung in Gruppen nach Betrachtungsdauern . . . 295
10.3.2. Untersuchung von Teilgruppen . . . 300
10.4. Intervention – Pilotstudie mit großem Fragebogen . . . 305
10.5. Zusammenfassung der Interventionsstudie und Ausblick . . . 309

IV.Schlussteil 315

11.Zusammenfassung 317

12.Diskussion und Ausblick 327
12.1. Weiterentwickelter Fragebogen . . . 327
12.2. Deutschsprachige physikspezifische Mindset-Intervention . . . 329

13.Summary 331

14.Danksagung **341**

V. Anhang 343

15.Fragebogen-Skalen **345**
15.1. Items – fachspezifisches Mindset . . . 345
15.2. Items – Attribution nach Schneewind . . . 348
15.3. Items – Physik-Fachspezifische Resilienz . . . 349
15.4. Items – AMS . . . 350
15.4.1. Skala – Hoffnung auf Erfolg . . . 350
15.4.2. Skala – Furcht vor Misserfolg . . . 350
15.5. Items – Grit . . . 351
15.6. Finale Items – großer Fragebogen . . . 352
15.6.1. Items – Mindset nach Dweck . . . 352
15.6.2. Items – Überzeugung zur Anstrengung . . . 352
15.6.3. Items – Überzeugung zur Begabung . . . 352

16.Anhang – Daten **353**
16.1. Tabellen . . . 353
16.1.1. Item-Item-Korrelation der ursprünglichen Konstrukte . . . 360
16.1.2. Clusteranalyse . . . 366
16.2. Transkripte der Videos . . . 369
16.2.1. Video Einstieg . . . 369
16.2.2. Video Neuroplastizität . . . 370
16.2.3. Video Lernstrategien AGIL . . . 374
16.2.4. Video Feynman-Technik . . . 378
16.2.5. Video Best-Practise . . . 380
16.3. Erfahrungsberichte . . . 385
16.3.1. David, 20 Jahre . . . 385
16.3.2. Kira, 22 Jahre . . . 385
16.3.3. Rachid, 24 Jahre . . . 386
16.3.4. Yasemine, 22 Jahre . . . 386
16.4. Feedback-Kategorien im Interventionsworkshop . . . 387

17.Anhang – Handout zum Onlinekurs **397**

VI. Verzeichnisse **423**

Tabellenverzeichnis **425**

Abbildungsverzeichnis **427**

Literaturverzeichnis **430**

1. Abstract

The present work supplements the existing mindset research of the past decades with a first in-depth look into the German-speaking and domain specific context. This work transfers a physics-specific questionnaire develeped from Gros (2017) with high-school students to the university context. Factor analyses show a different distribution of items to scales than in the original studies: The assignment of the items to the scales is done differently by university students compared to the previous surveys of (high-)school students. Nonetheless, the newly constructed scales can be validated divergently to related scales in various tests. Subsequent analyses can also show how the empirical findings can be reconciled with the theoretical framework of social psychology. In addition, the two new scales for ›effort beliefs‹ and ›talent beliefs‹ („Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung“) can be validated convergently to the original mindset according to Dweck by looking at correlative relationships and confirmatory factor analyses for several surveys Dweck (1999). In conclusion, the refined psychometric instrument provides a reliable foundation for future research.

Furthermore, a first German-speaking physics-specific mindset intervention was constructed and evaluated in the context of this work. The development followed the guidelines for creating effective social psychological interventions based on “Design and Research“ principles of the last two decades (Romero et al., 2016; see also Hecht et al., 2021). For the single-session online workshop learning techniques[1] were interwoven with the mindset message to create a “synergistic intervention“ (Yeager et al., 2022). This developed prototype shows a high acceptance by the participants, short-term shifts of the mindset in a learning-promoting direction with low-medium effect size ($d \approx 0.3$) and no disadvantage for marginalized groups. Consequently, the workshop prototype provides as a good foundation for future work in subsequent cycles or epochs according to a Design-Based-Research.

[1]The “AGIL-Methodology“ built on the meta-analyses by Dunlosky et al. (2013) who confirm retrieval practice, interleaving and spaced repetition as the most effective learning strategies – cf. Dunlosky et al., 2013, S. 5; see also section »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 239.

The findings from this study suggest a measured optimism that, some day soon, further refined interventions may indeed be capable of preventing doubting students from dropping out as they come to understand they may ***not yet*** have acquired the necessary skills for their endeavors.

Kurzzusammenfassung

Die vorliegende Arbeit ergänzt die bestehende Mindset-Forschung der letzten Jahrzehnte um einen ersten tiefergehenden Blick in den deutschsprachigen und physikspezifischen Kontext.[2]

Das weiterentwickelte Testinstrument dieser Arbeit baut auf dem Darmstädter Fragebogen nach Gros (2017) auf. Es zeigt sich, dass die Zuordnung der Items zu den Skalen von den Studierenden abweichend zu den bisherigen Befragungen von Schüler:innen stattfindet, mit denen der Fragebogen ursprünglich in Interview- und Fragebogenstudien aufgebaut wurde. Dennoch lassen sich die neu aufgebauten Skalen nicht nur divergent zu verwandten Skalen in verschiedenen Testungen validieren. Auch können nachträgliche Analysen aufzeigen, wie sich die empirischen Befunde mit dem sozialpsychologischen Theoriegerüst in Einklang bringen lassen. Darüber hinaus lassen sich die beiden neuen Skalen zur Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung durch Betrachtung von korrelativen Zusammenhängen und konfirmatorischer Faktorenanalysen für mehrere Erhebungen konvergent zum ursprünglichen Mindset nach Dweck validieren Dweck (1999). Damit stellt das weiterentwickelte Testinstrument eine gute Ausgangsbasis für weitere Forschung dar.

Mit der vorliegenden Arbeit wurde zudem die erste deutschsprachige und physikspezifische Mindset-Intervention aufgebaut und ausgewertet. Die Entwicklung orientierte sich an den Leitlinien für die Erstellung von wirksamen sozialpsychologischen Interventionen, die durch die „Design and Research“-Forschung der letzten zwei Jahrzehnte herausgearbeitet wurden (Romero et al., 2016; vgl. auch Hecht et al., 2021). Für den Einzelsitzungs-Online-Workshop wurden Lernmethoden[3] mit der Einstellungsbotschaft verflochten, um eine „synergistische Intervention” zu schaffen (Yeager et al., 2022).

Wie dargestellt konnte im Sinne des Design Thinkings ein erfolgreicher Prototyp aufgebaut werden, der die folgenden Ansprüche erfüllt: hohe Akzeptanz seitens der Teilnehmenden, kurzfristige Verschiebung des Mindsets in lernförderliche Richtung mit einer Effektstärke von $d \approx 0,3$ und ohne Benachteiligung marginalisierter Gruppen. Damit stellt der Prototyp eine gute Grundlage für die Weiterarbeit in zukünftigen Zyklen bzw. Epochen gemäß einem Design-Based-Research dar.

[2]Vgl. zu diesem Abschnitt »Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik«, S. 86.

[3]Die „AGIL-Methode” basiert auf den Metaanalysen von Dunlosky et al. (2013), die **A**brufstrategie, **g**emischtes Lernen und **I**ntervall-**L**ernen als die effektivsten Lernstrategien bestätigen Dunlosky et al., 2013, S. 5, vgl. auch Abschnitt »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 239.

Die gewonnenen Erkenntnisse geben Grund zu einem gehaltenen Optimismus, dass weiterentwickelte Interventionen vielleicht wirklich bald zweifelnde Studierende vom Abbruch abhalten könnten, weil diese dadurch realisieren, es eben ggf. ***noch*** nicht zu können.

2. Vorwort

„Nothing in life has any meaning except the meaning you give it.“

Anthony Robbins[1]

Als ich nach dem Abitur mein Studium in Physik begann, war ich, wie wohl die meisten meiner Kommiliton:innen motiviert und guter Dinge, erfolgreich sein zu können. Es dauerte in meinem Fall jedoch nur einige Wochen, bis sich Zweifel an meiner Eignung einstellten. Dieses Hadern sollte mich noch eine ganze Weile begleiten, bis ich mein Physikstudium schließlich nach vielen Auf und Abs doch erfolgreich abschließen konnte.

Doch ganz offensichtlich war ich nicht die einzige mit Zweifeln. Kommiliton:innen, die eifrig in Übungsgruppen mitarbeiteten oder die ich für ihre *schlauen* Fragen in der Vorlesung bewunderte, waren nach den Ferien verschwunden. Semester für Semester wurden *wir* weniger. Die Frage, die sich mir daraus schon früh im Studium aufdrängte, motivierte mich zu der vorliegenden Arbeit: „Warum gaben so viele meiner Kommiliton:innen ihr Physikstudium auf, obwohl sie doch zum Teil viel bessere Startbedingungen hatten?”

Den Kern dieser Arbeit stellt die Forschung ausgehend von den Studien der Psychologie Professorin Carol Dwecks dar, die ihren Forschungsantrieb im Kern derselben Frage zuschreibt:

„Why would students of roughly equal ability show such different attributions and reactions [to failure and setbacks]?” (Dweck und Yeager, 2019, S. 483).

[1] Robbins, 2001, S. 103

3. Einleitung

„Education is the most powerful weapon which you can use to change the world.“

Nelson Mandela[1]

3.1 Relevanz des Themas

Die Menschheit befindet sich an einem Punkt, in der ihr mehr Möglichkeiten zur weltweiten Vernetzung zur Verfügung stehen als jemals zuvor. Gleichzeitig ist sie konfrontiert mit Herausforderungen, der sich keine Generation vor ihr in diesem Ausmaß stellen musste. Die drängendsten darunter sind der Klimawandel, der eng verbunden ist mit einer nachhaltigen Versorgung mit Energie und schließlich der Frage danach, wie die endlichen Rohstoffe dieses Planeten sinnvoll wiederverwendet werden können. Daher besteht eine bedeutende Aufgabe unserer Zeit darin, die künftigen Generationen in die Lage zu versetzen, diese Probleme angehen und hoffentlich eines Tages lösen zu können.

Dem gegenüber stehen die Zahlen der MINT[2]-Studiengänge, deren Absolvent:innen die genannten Problemfelder angehen könnten. Seit 2015 sind die Studienzahlen deutschlandweit stagnierend und die Anzahl der Bachelorabschlüsse insgesamt leicht rückläufig (Heublein et al., 2022, S. 4). Wesentlich dramatischer stellt sich die Situation dar, wenn ein genauerer Blick in den Bereich Mathematik und Naturwissenschaften gewagt wird. Hier zeigt sich, dass die Studienabbruchquoten in den letzten zehn Jahren immer stärker steigen und zuletzt einen Wert von ca. 50 % angenommen haben (Heublein und Schmelzer, 2018, S. 7; Heublein et al., 2022, S. 6).

In Deutschland besteht eine besondere Situation im internationalen Vergleich, da hierzulande ein Studium mit nahezu keinen Studiengebühren verbunden ist, von Beiträgen zu Asta und Mensa sowie Semesterticket für den öffentlichen Nahverkehr abgesehen. Tatsächlich führt das Einschreiben an einer deutschen Hochschule im

[1] Rede, Madison Park High School, Boston – USA, 23. Juni 1990.

[2] MINT steht als Akronym stellvertretend für: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaft und Technik. Das englischsprachige Pendant hierzu ist STEM und steht für: Science, Technology, Engeneering and Mathematics.

Gegenteil zu einer Reihe von Annehmlichkeiten, von denen auch Personen Gebrauch machen, die nicht vorhaben, ein Studium zu beginnen oder gar abzuschließen – sogenannte „Parkstudierende“ (Matz und Düchs, 2013, S. 29). Zu diesen Vorteilen gehören in erster Linie die Aufrechterhaltung der Kindergeldzahlung sowie der Fortbestand des Krankenversichertenstatus in der Familienversicherung der Eltern.

Diese Beleuchtung erscheint wichtig, um zu verstehen, warum gerade Fächer wie Physik, die keine Grenze für den Notendurchschnitt (»Numerus Clausus«) der Hochschulzugangsberechtigung voraussetzen, so stark davon betroffen sind. Matz und Düchs stellen daher fest, dass rund ein Drittel aller Studienabbrechenden erst gar nicht zu auch nur „einer Prüfung angetreten sind“ (Matz und Düchs, 2013, S. 31). Auch im Jahr 2019 bestätigen Düchs und Mecke die gleichbleibend hohe Quote an Parkstudierenden im Physikstudium (Düchs und Mecke, 2019, S. 26). Wird die Anzahl der Studienabbrechenden um die Anzahl dieser Parkstudierenden korrigiert, ergibt sich allerdings immer noch, dass mehr als 30 % der Physikstudiums-Beginnenden ihr Studium noch vor dem Bachelor-Abschluss wechseln oder abbrechen.

Ein Physikstudium gilt wie auch bereits in der Schule als schweres Fach (Fruböse, 2010, S. 389). Wer also ein Studium in diesem Bereich beginnt, wird das nicht tun, weil er oder sie davon ausgeht, damit den *leichten Weg zu wählen*. Somit erscheint es noch tragischer, dass ein Drittel der Studierenden, die wirklich vorhatten, Physik zu studieren, es schließlich nicht erfolgreich mit einem Bachelor- geschweige denn Masterabschluss beenden kann.

Dies ist vor dem Hintergrund der genannten globalen Herausforderung problematisch, jedoch auch lokal betrachtet. So steigt die sogenannte „MINT-Lücke“ in Deutschland im Jahr 2022 auf über 320 000 unbesetzte Fachkräftestellen an, was die größte Differenz zwischen Fachkräften und dem Bedarf an selbigen darstellt „seit dem Beginn der Aufzeichnung im Jahr 2011“ (Anger et al., 2022, S. 5). Zusammengenommen stellt ein Studienabbruch bzw. -wechsel im Bereich der Physik daher nicht länger nur eine persönliche bedeutsame Situation dar. Vielmehr wird es eine damit auch ein gesellschaftspolitisch bedeutendes Thema (Heublein und Wolter, März/April 2011, S. 215), welches wie dargestellt an Brisanz gewinnt.

Ein Studienabbruch oder -wechsel kann im Einzelfall durchaus die richtige Entscheidung sein. Jedoch stellt sich angesichts der hohen und weiter steigenden Zahlen die Frage nach der systemischen Komponente. So erklären über 84 % der Studienabbrechenden im Bereich der Mathematik und Naturwissenschaften, dass Leistungsprobleme „eine wichtige Rolle für den Studienabbruch“ spielen (Heublein et al., 2017, S. 28). Hochschulen unternehmen zum Teil daher bereits große Anstrengungen,

um mit Förder- und Brückenkursen ihre Studierenden zu unterstützen. Einerseits zeigt sich, dass gerade die Abbrechenden weniger Gebrauch von diesen Angeboten machen (Heublein et al., 2017, S. 130-131). Andererseits zeigt dies zusammen mit den vorliegenden Trends auch auf, dass diese Unterstützungsmaßnahmen alleine nicht ausreichen, um das Problem vollständig zu adressieren.[3] Es erscheint daher notwendig, auch psychologische Faktoren in die Betrachtung miteinzubeziehen. „Leistungsprobleme im Studium“ können verschiedene „individuelle Komponente[n]“ umfassen. Hierzu zählen neben dem fachlichen Vorwissen auch der „Zweifel an persönlicher Eignung“ und das Gefühl „dem Leistungsdruck nicht gewachsen“ zu sein (Heublein und Wolter, März/April 2011, S. 225).[4]

Studien von Dweck und Kolleg:innen (2019) zeigen hier einen vielversprechenden Ansatz auf. Nach der Mindset-Theorie (vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36) besitzen Personen Laien-Theorien zur Überzeugung über die Veränderbarkeit von Intelligenz (vgl. Abschnitt »Exkurs: Intelligenz«, S. 31). Glauben Personen, Intelligenz sei etwas Unveränderbares, weisen diese häufig ein lernhinderliches Verhalten auf. Sind Personen dagegen davon überzeugt, dass Intelligenz etwas Erweiter- und Entwickelbares ist, so kann dies einen positiven Einfluss auf ihr Lernverhalten und somit auf die Inanspruchnahme von Förderkursen, Zensuren oder und die Wahl von fortgeschrittenen Mathematikkursen haben (vgl. Hong et al., 1999 und Yeager und Dweck, 2020 in Rehberg et al., 2023). Das Besondere an dieser Forschung ist, dass sie zum einen diese Zusammenhänge beschreiben kann. Zum anderen besteht darüber hinaus seit über 20 Jahren eine extensive Interventions-Forschung. Diese zeigt auf, dass die Überzeugungen von Personen in lernförderliche Richtung verschoben werden können (Dweck und Yeager, 2019). Motiviert durch die erfolgsversprechenden großen Studien aus den USA, Norwegen und weiteren Ländern (Yeager et al. (2019); Rege et al. (2021)) sollen die Ansätze in dieser Arbeit aufgegriffen werden und überprüft werden, inwieweit eine Übertragung auf deutschsprachige Studienbeginnende im Fach Physik möglich ist.

[3] Vgl. zu diesem Abschnitt auch (Rehberg et al., 2023, S. 358).

[4] Werden jedoch die Vornoten in Mathematik und Physik, sowie die hohe Anwahl von Leistungskursen in diesen Bereichen betrachtet, legt das nahe, dass hier auch subjektive Verzerrungen *erfolgsverwöhnter* Leistungsträger:innen am Werke sein könnten. (Vgl. Abschnitt »Exkurs Mathematikvorwissen«, S. 214).

3.2 Aufbau der Arbeit

Die vorliegende Arbeit verfolgt im Wesentlichen zwei Ziele. Das Erste besteht in der Weiterentwicklung eines deutschsprachigen Testinstrumentes in Form eines Fragebogens zum physikspezifischen Mindset. Das zweite Ziel besteht in der Entwicklung eines Prototypes einer Online-Mindset-Intervention für Physik-Studierende.

Teil I: Theorieteil

Daher wird zunächst im Kapitel 4 »Theoretische Grundlagen«, S. 29 ff. eine Klärung des Mindset-Begriffs vorgenommen. Hierzu wird dieser in den sozial-psychologischen Gesamtzusammenhang eingeordnet. Dafür ist es entscheidend, ebenfalls die motivationalen Aspekte zu beleuchten, welche die Grundlage bzw. Voraussetzung für Lernen im schulischen und akademischen Sinne darstellen.

Auch wenn der Mindset-Begriff bislang[5] noch spärlichen Eingang in die deutschsprachige Physikdidaktik gefunden hat, basiert er auf 50 Jahren ausgiebiger Forschung. Daher wird im Kapitel 5 »Forschungsstand«, S. 61 ff. die Ideengeschichte und Entwicklung der Forschung herausgearbeitet. Anschließend werden hieraus vier Erkenntnisstufen abgeleitet, die diesen Prozess über die letzten Jahrzehnte vorangetrieben haben. Dabei bestätigen aktuellere Erkenntnisse und Methoden, wie Studien über Neuroplastizität und Hirnaktivitäten Lernender, einen Großteil der vormals aufgestellten Vermutungen.

Der Großteil der beschriebenen Forschung fand bislang in den USA statt und somit nicht nur in einer anderen Sprache, sondern auch in einem anderen Kulturraum. Zusammengenommen mit der Erkenntnis, dass das Mindset domänenspezifisch[6] ist, bestand die Notwendigkeit, die gewonnen Erkenntnisse für den hiesigen Raum zugänglich zu machen und für Studienbeginnende im Fach Physik anzupassen. Daher wurde für den zweiten Teil der vorliegenden Arbeit ein deutschsprachiger und physikspezifischer Fragebogen weiterentwickelt und mit vielfältigen Methoden validiert. Entsprechende Forschungsfragen werden in Kapitel 6, S. 91 ff. formutliert. In Kapitel 7, S. 97 ff. werden zunächst die notwendigen »Grundlagen und Methoden« hierfür dargelegt.

[5] Zu Beginn der Erstellung der vorliegenden Arbeit im Jahr 2019.
[6] Vgl. Abschnitt »Domänenspezifität«, S. 82.

Teil II: Entwicklung eines domänenspezifischen Fragebogens zum Mindset und dessen Pilotierung

Kapitel 8, S. 123 ff. stellt den Aufbau und den Validierungsprozess des Testinstrumentes dar. So kommen verschiedene Methoden zum Einsatz wie die explorative Faktorenanalyse[7], um aus dem ursprünglichen Itempool schließlich diejenigen Items zu isolieren und zu Skalen zu bündeln, die sich sowohl inhaltlich als auch in ihren statistischen Kennwerten am besten im Sinne eines Physik-domänenspezifischen Mindsets interpretieren lassen.

In einem anschließenden mehrschrittigen Verfahren werden in diesem Kapitel diese gefunden Skalen mit Hilfe von Clusteranalyse, Diskriminanzanalyse, konfirmatorischer Faktorenanalyse und unter Betrachtung der Korrelationen mehrfach für die insgesamt fünf Quer- bzw. Längsschnittuntersuchungen ($113 < n < 541$) validiert.

Dabei wird eine längsschnittliche Untersuchung, die mit dem weiterentwickelten Fragebogen durchgeführt wurde, in diesem Kapitel im Abschnitt 8.11 »Längsschnittuntersuchung 2019 bis 2021«, S. 206 ff. nur knapp dargestellt, da die beiden letzten der drei Messzeitpunkte (2020 und 2021) unter den Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung von CoVid-19 durchgeführt wurden. Die Ergebnisse sind daher nur als Hinweise für weitere Forschung über die Entwicklung des Mindsets während der ersten Semester eines Physik-Bachelor-Studiums zu verstehen.

In einem Exkurs (Abschnitt 8.7 »Exkurs: Anstrengung und Begabung«, S. 184) ff. werden die Funde noch einmal mit den Grundlagen aus der Sozialpsychologie abgeglichen und das „Kompensationsschema“ als psychologischer Mechanismus dargestellt.

Teil III: Entwicklung und Evaluation einer Mindset-Intervention

Das Interessante an der Mindsetforschung ist dabei nicht nur der Umstand, dadurch Verhalten von Lernenden erklären zu können. Vielmehr eröffnet die Möglichkeit, die Überzeugungen dieser in eine lernförderliche Richtung zu beeinflussen, einen vielversprechenden Ansatz, die Problematik des Studienabbruch bzw. -wechsels zu adressieren. Daher wurde gemäß der bestehenden Forschung ein »Interventionsworkshop« aufgebaut, wie in Kapitel 9 dargestellt (S. 213 ff.). Die Anforderungen an die Entwicklung einer wirkungsvollen Intervention sind jedoch komplex. Ein solches Unterfangen kann daher nicht allen Ansprüchen bei der Erstellung eines ersten Prototyps *auf einen Streich*[8] gerecht werden. Im Sinne des Design Thinkings wurde

[7] Vgl. Abschnitt »Explorative Faktorenanalyse«, S. 137.
[8] Geflügelter Begriff – vgl. „Das tapfere Scheiderlein“, Märchensammlung der Gebrüder Grimm.

daher das Prinzip eines MVP („minimum viable product" – vgl. S. 229) für die Planung und Umsetzung aufgegriffen – gemäß des iterativen Ansatzes eines Growth Mindsets. Hierfür wurde der Stufenplan nach Hecht und Kolleg:innen (2021) als Orientierung genommen, um den Workshop an den Grundanforderungen auszurichten: Das Kernziel bestand somit darin, eine Verschiebung des Mindsets in lernförderliche Richtung herbeizuführen (Stufe 1). Dabei lag bereits beim Aufbau des Workshops ein Hauptaugenmerk darauf, diesen so zu gestalten, dass keine marginalisierte Personen bzw. sogenannten Risikogruppen durch diesen benachteiligt werden (Stufe 2).

Bei der Literaturrecherche für die vorliegende Arbeit wurde schnell ersichtlich, dass ein solcher Interventionsworkshop nicht isoliert funktionieren kann, wenn die Studienbeginnenden nicht gleichzeitig mit Strategien versorgt werden, wie Lernen im Physikstudium gelingen kann. Daher wurden Lernstrategien ein integraler Bestandteil, in den die Mindset-Botschaft eingewoben wurde.[9]

Kapitel 10, S. 281 ff. beschreibt die durchgeführte Interventionsstudie (Wintersemester 2021/22; $N = 1119$) und stellt die Ergebnisse der erhobenen Daten des Prä-Post-Designs dar. Hierbei wurden diese nach drei Aspekten untersucht. (1) Zunächst wurde anhand des Betrachtungsverhaltens des Workshop-Videomaterials die Akzeptanz der Studierenden für die Inhalte des Workshops untersucht. (2) Im Anschluss wurde überprüft, inwieweit eine Verschiebung des Mindsets in lernförderliche Richtung nachweisbar war und (3) schließlich sollte überprüft werden, ob auch die sogenannten Risikogruppen von der Intervention in gleichem Maß profitieren konnten. Darüber hinaus wurden noch mit zwei kleineren Stichproben ($n_1 = 39$, $n_2 = 43$) untersucht, inwiefern sich langfristigere Effekte der Intervention andeuten.

Teil IV: Schlussteil

Abgeschlossen wird die Arbeit mit dem »Schlussteil« in Teil IV, S. 317 ff., welcher einerseits die wichtigsten Erkenntnisse zusammenfasst und anhand dieser die Leit- bzw. Forschungsfragen beantwortet. Andererseits werden im Anschluss die Vorgehensweisen und Ergebnisse der vorliegenden Arbeit reflektiert und mögliche Implikationen für weitere Forschung formuliert.

[9] Yeager und Kolleg:innen bezeichnen dieses Vorgehen als synergistische Mindset-Intervention („synergistic mindset intervention" – vgl. Yeager et al., 2022, S. 1 ff), da hier eben nicht ausschließlich die Überzeugungen der Studierenden angesprochen werden, sondern konkrete Lernstrategien helfen, diese Änderungen erfolgreich in den Studienalltag zu integrieren. Vielmehr wird durch dieses Vorgehen einem falschen Growth Mindset („false growth mindset" – Dweck, 2019, S. 23) vorgebeugt: die isolierte Mindset-Botschaft kann im negativen Fall zu einem „blame the victim" führen (Dweck und Yeager, 2019, S. 490; vgl. auch Abschnitt »Vermeidung eines falschen Growth Mindsets«, S. 227).

Teil I.

Theorieteil

4. Theoretische Grundlagen

„Der Mensch gibt sich gewöhnlich nicht damit zufrieden, die ihn umgebenden beobachtbaren Tatsachen einfach zu registrieren ... Die zugrundeliegenden Ursachen von Ereignissen ... sind es, die unseren Erfahrungen Bedeutung verleihen – Bedeutungen, die wir als die Wirklichkeiten unseres Lebensraumes registrieren und abspeichern, und gemäß denen wir dann handeln.“

Fritz Heider[1]

4.1 Mindset – Theorien zur Intelligenz

4.1.1 Begriffsklärungen und Übersetzungskonventionen

Der Begriff Mindset wurde durch die Stanford Psychologie-Professorin Carol S. Dweck geprägt. In ihrem Übersichtsartikel „Mindsets: A View From Two Eras“ (Yeager und Dweck, 2020, S. 483) benennt sie selbst die Notwendigkeit einen Nutzer:innenfreundlicheren Begriff zu verwenden und benennt ihr populärwissenschaftliches Buch „Mindset – The New Psychology of Success“ (Dweck, 2008a) als Quelle für den Begriff „Mindset“. Dieser hat als griffiger Zweisilber in Folge den Ausdruck der impliziten Theorien zur Intelligenz sogar in wissenschaftlichen Artikeln über die Zeit ergänzt oder sogar ersetzt (Lüftenegger und Chen, 2017).[2]

Mindset ist dabei kein geschützter oder im wissenschaftlichen Kontext eindeutig definierter Begriff und wird daher in verschiedenen Zusammenhängen unterschiedlich benutzt. Daher soll zunächst eine Skizze des Begriffs aufgestellt werden. Anschließend soll das Mindset in den sozial-psychologischen Kontext gestellt und schließlich der aktuelle Forschungsstand erörtert werden.

[1] Heider (1958, S. 81) in Schlag (2004, S. 89).
[2] Dweck nutzt den Begriff Mindset jedoch bereits vorher als „mind-set“ z.B. in Dweck (1999) oder Dweck und Sorich (1999).

Konventionen zur Übersetzung

Da der Großteil der Forschungen zum Mindset in englischer Sprache vorliegt, sollen hier knapp die entscheidenden Übersetzungen bzw. Definitionen der Begriffe dargestellt werden. Wo es sinnvoll erscheint, wird im weiteren Verlauf der Arbeit hinter dem deutschen Begriff der englische Originalbegriff in Klammern und Anführungszeichen gesetzt, um mögliche begriffliche Interpretationen kenntlich zu machen z.B. Anstrengung („effort“).

Mindset

Im Fortlauf der Arbeit wird bei Verwendung des Ausdrucks **Mindset**s immer von dem Mindset im Sinne der „impliziten Theorien zur Intelligenz“ basierend auf den Arbeiten von Carol Dweck gesprochen.[3] Diese werden im Abschnitt »Ideengeschichte und Erkenntnisstufen«, S. 61 weiter ausdifferenziert.

Anstrengung und Begabung

Der Dualismus bzw. das Kompensationsschema zwischen Anstrengung („effort“) und Begabung („ability“ oder „talent“) stellt sich als Grundschema der Mindset-Theorie dar (vgl. Abschnitt »Exkurs: Anstrengung und Begabung«, S. 184).

Anstrengung

In der englischsprachigen Forschungsliteratur wird einheitlich der Begriff „effort“ verwendet, was sich im Deutschen mit „Anstrengung“, „Mühe“ oder je nach Zusammenhang etwas neutraler mit „Einsatz“ übersetzen lässt.

Begabung

Der Begriff „ability“ stellt einen weiteren Kernausdruck der Mindset-Literatur dar. Jedoch verbergen sich, je nach Sinnzusammenhang, verschiedene Konzepte dahinter. So kann der Begriff zunächst allgemein mit Fähigkeit bzw. Kompetenz übersetzt werden. Wird der Begriff jedoch in den Zusammenhang mit der Überzeugung der Unveränderbarkeit von persönlichen Eigenschaften gestellt, erscheint es teilweise sinnvoller Übersetzungen wie Begabung oder Talent zu bemühen. Wie oben beschrieben, findet sich daher in diesen Fällen fast immer der englische Begriff beigestellt.

[3] Vgl. Dweck (1999).

4.1.2 Exkurs: Intelligenz

Da der Begriff der Intelligenz Dreh- und Angelpunkt der weiteren Mindset-Theorie darstellt, soll im Folgenden zunächst kurz ausgeführt werden, was Intelligenz ist und welcher Diskussionsstand bzgl. der Veränderbarkeit besteht. Intelligenz beschreibt die geistige Kapazität der Informationsverarbeitung, des Informationsaufrufs („Retrieval“) und des schlussfolgernden Denkens (Reis und Spinath, 2018, S. 307). Die einzelnen Dimensionen lassen sich mit alters- und zielgruppenspezifischen Intelligenztests valide erheben und können unter dem Begriff der allgemeinen Intelligenz (Faktor ‚*g*‘) zusammengefasst werden.[4] Die semantische Diskussion, ob unter Auffassungsgabe, Verstand oder kognitiven Fähigkeiten etwas anderes verstanden werden könnte, kann aus psychometrischer Sicht recht knapp beantwortet werden: es zeigt sich, dass die einzelnen Komponenten der allgemeinen Intelligenz ‚g‘ aus faktorenanalytischer Sicht als *quasi identisch* zu bewerten sind. So zeigen sich beispielsweise im 5-Faktorenmodell des WISC-V, eines Intelligenztests für Kinder und Jugendliche, dass vier der fünf Faktoren eine Korrelation von r = .83–.97 zu ‚g‘ aufweisen (Reynolds und Keith, 2017, S. 39). In der Regel wird bei derart hohen Korrelationen von anderen psychologischen Konstrukten unterstellt, dass es sich um ein und dasselbe handelt.

Die erhobene Zahl wird dabei in der Regel als IQ (Intelligenzquotient) bezeichnet und entsprechende IQ-Tests werden fortlaufend normiert. Diese Normierung dient einer Normalverteilung um den Wert 100.

Ist Intelligenz veränderbar?

Das zentrale Konzept eines Growth Mindsets besteht darin, Intelligenz als veränderbar einzuschätzen. Diese Überzeugung, wie auch andere Laien-Theorien, müssen jedoch nicht zwingend zutreffend sein, um dennoch einen Einfluss auf die Reaktion einer Person zu haben (vgl. Abschnitt »Überzeugungen«, S. 38).

In wissenschaftlichen Kreisen besteht Einigkeit darüber, was Intelligenz ist und wie sie gemessen werden kann. Jedoch ist der Diskurs über den Einfluss von Umwelt versus Gene aktueller denn je.[5] Insbesondere die Fortschritte in der Sequenzierung des menschlichen Genoms geben wieder mehr Ausschlag in Richtung der *erblichen*

[4] Diese Dimensionen unterscheiden sich jedoch deutlich von den „multiplen Intelligenzen“ welche Gardner (1983) postuliert hatte und die sich bis zum heutigen Tag großer Beliebtheit erfreuen – gerade unter Lehrkräften (Stern und Neubauer, 2016, S. 1).

[5] Dabei zeigt sich, dass dieser nicht immer sachlich geführt wird (Stern und Neubauer, 2016, S. 1–2). Themen der positiven Psychologie, zu denen auch das Mindset gehört – und die eine Art Gegenentwurf zur Theorie der erblichen Begabung darstellen – finden hohen Anklang in Wissenschaftsjournalismus und populärwissenschaftlicher Literatur (ebd.).

Intelligenz. Aktuellere Studien zeigen dabei auf, dass zwischen 20–50 % der Unterschiede in der Intelligenz von Personen genetisch bedingt sind (Hill et al., 2018, S. 2347; Plomin und von Stumm, 2018, S. 148). Dabei bleibt jedoch festzustellen, dass es nach dem aktuellen Kenntnisstand kein einzelnes *Intelligenz-Gen* gibt. Vielmehr wird in diesem Zusammenhang von „polygenetischem" Einfluss gesprochen, was bedeutet, dass zig Gene jeweils einen kleinen Beitrag zur Entwicklung der Intelligenz im Gesamten leisten (Myers, 2014, S. 424).

Zwillingsstudien kamen in der Intelligenzforschung der Vergangenheit eine besondere Rolle in der Untersuchung der erblichen Komponente zu. Eineiige Zwillinge verfügen über ein identisches Genom und schneiden in Intelligenztest derart ähnlich ab, dass statistisch nicht mehr nachweisbar ist, ob nicht ein und dieselbe Person den Test zweimal gemacht hat (McGuffin et al., 2001 in Myers, 2014, S. 424). So zeigt sich, dass eineiige Zwillinge auch dann noch eine höhere Korrelation im IQ aufweisen als Geschwister oder zweieiige Zwillinge, sogar wenn die eineiigen Zwillinge direkt nach der Geburt voneinander getrennt wurden und in unterschiedlichen Haushalten aufwuchsen (Myers, 2014, S. 425). Dies gilt als ein großer Stützpfeiler für das Argument einer hohen genetischen Komponente der Intelligenz. Dennoch bleibt festzuhalten, dass immer noch Unterschiede von zehn bis 20 IQ-Punkten beobachtbar sind (Sauce und Matzel, 2018, S. 34)

Interessanterweise steigt die Korrelation der Intelligenz zwischen Zwillingen mit dem Alter, also je länger das Umfeld Einfluss auf eine Person nimmt (Haworth et al., 2009, S. 366). Flynn und Dickens argumentieren, dass der Effekt der Gene zunächst den Eindruck gibt, dass sie eine große Rolle in der Entwicklung der Intelligenz spielt (Willingham, 2009, S. 177): *Aber was ist, wenn die Gene nur dafür sorgen, dass Personen sich ein gewisses Umfeld suchen?* (ebd.). Diese Vermutung wird durch Untersuchungen zum Zusammenhang von Intelligenz und Persönlichkeit gestützt: das Persönlichkeitsmerkmal Offenheit („Openness")[6] korreliert gerade für Hochbegabte („gifted individuals"), also Menschen, die einen hohen IQ-Wert besitzen (Ogurlu und Özbey, 2022, S. 227). Offenheit beinhaltet die Tendenz von Personen aufgeschlossen gegenüber neuen Erfahrungen zu sein. Personen, die hoch in dieser Skala *punkten*, sind häufig interessiert, wissbegierig und suchen immer wieder neue Situationen und Abwechslung auf (Myers, 2014, S. 574).

[6]Dieser Fragebogen misst fünf Ausprägungen des menschlichen Charakters, die sich in der westlichen Gesellschaft durch eine Vielzahl von Studien als Grundeigenschaften gezeigt haben (Gurven et al., 2013, S. 355). Sie werden daher auch teilweise mit „Big-Five" bezeichnet (Urhahne et al., 2019, S. 318).

In der Psychologie ist seit Jahrhunderten bekannt, wie sehr ein anregungsarmes Umfeld die kognitive Entwicklung behindert. So ist die Geschichte von Caspar Hauser[7] ein stehender Begriff. Genauso ist auch der Umkehrschluss bekannt: ein anregungsreiches Umfeld erlaubt es Personen ihr Potential an kognitiven Fähigkeiten auszuschöpfen. László Polgár stellte in den 1970er Jahren die These auf, Begabungen sei nicht angeboren, sondern anerzogen würde. Um dies zu beweisen, bildete er seine Kinder in Schach aus. Alle drei Töchter wurden hochklassige Schachspielerinnen. Seine Letztgeborene wurde 1992 sogar weltweit die jüngste Großmeisterin im Schach (Ericsson et al., 1993, S. 370).

Somit könnte für Kinder, bei denen genetisch nur ein kleiner Vorsprung bezüglich der Intelligenz besteht oder eben auch nur im Bereich der Offenheit, ein *Matthäus-Effekt* greifen: ein neugieriges Kind, das sich selbst stetig neuen Situationen aussetzt, wird schließlich auch immer mehr Lerngelegenheiten für sich schaffen, als eines, dessen Neugierde bzw. Offenheit gering ausgeprägt ist.[8]

Der sogenannte Flynn-Effekt war einer der ersten großen wissenschaftlichen Hinweise darauf, dass Intelligenz offenbar zu einem deutlich größeren Teil durch die Umwelt geprägt ist, als bis dahin angenommen wurde. Flynn (1987) bemerkte, dass in mehreren westlichen Industrienationen der IQ über einen Zeitraum von einigen Jahrzehnten anstieg. Diese Entdeckung machte er eher zufällig, als er feststellte, dass die verwendeten IQ-Tests über die Jahre immer wieder nach oben normiert werden mussten. Somit konnte jemand mit einem Wert von 100 in einem neueren Test nur noch ein niedrigeres Ergebnis erzielen. Zwischen 1932 und 1978 stieg der IQ in der Stichprobe für die USA um 14 Punkte.[9] Die Ursachen für den beachtlichen Anstieg der Intelligenz im letzten Jahrhundert sind nicht abschließend geklärt (Myers, 2014, S. 415). Die naheliegende Vermutung, dass eine bessere Versorgung mit Nahrung die Ursache ist, trifft nur zum Teil zu (ebd.).

[7] Caspar Hauser wurde in völliger Isolation großgezogen und war daher *zunächst* unfähig sich sozial angemessen zu artikulieren und verhalten. Ein Arzt bestätigte ihm jedoch, dass er „‚weder verrückt noch blödsinnig sei'", allerdings „‚auf die heilloseste Weise von aller menschlichen und gesellschaftlichen Bildung gewaltsam entfernt worden' [sei]"(Böhmer, 2023, S. 2).

[8] Das Gehirn ist eine Art *Hypothesengenerator*. Permanent stellt ein Mensch Theorien über die Welt auf und leitet aus seinen Beobachtungen allgemeine Regeln ab (Gopnik, 2012, S. 1623 ff.). Ein Kind mit mehr Vorwissen, kann bessere Theorien aufstellen und neue Informationen besser an bestehendes Vorwissen anknüpfen (Wild und Möller, 2020, S. 33). Jedes Mal, wenn bestehendes Wissen bzw. aufgestellte Theorien bestätigt werden, wird wiederum Dopamin ausschüttet, was Lernen und Hypothetisieren – also sich kognitiv mit der Welt auseinanderzusetzen – auf neurobiologischer Ebene mit einem guten Gefühl belohnt und damit einen positiven Kreislauf verstärkt (vgl. Glimcher, 2011).

[9] Vgl. zu diesem Abschnitt (Moosbrugger und Kelava, 2012, S. 198–199).

Eine weitere Vermutung für den Anstieg des IQs in der westlichen Bevölkerung liegt daher in der Verbesserung und Verweildauer im Bildungssystem. So belegen auch aktuelle Meta-Analysen, dass eine höhere und längere Ausbildung zu einer Verbesserung in den Leistungen bei einem IQ-Test führen kann (Ritchie und Tucker-Drob, 2018, S. 1358).

Studien belegen jedoch, dass der beschriebene Anstieg des IQs in westlichen Industrienationen inzwischen den Zenit überschritten zu haben scheint. So zeigen Bratsberg und Kolleg:innen (2018) zum einen, dass der durchschnittliche IQ der Gesamtbevölkerung inzwischen sogar wieder fällt. Zum anderen untersuchten sie in ihrer Studie innerfamiliäre Variationen. Damit konnten sie belegen, dass dieses Absinken nicht in Zuwanderung oder anderen unterstellten Einflussfaktoren begründet liegt. Vielmehr zeigt sich der Abfall in IQ-Punkten selbst über die Generationen innerhalb von Familien betrachtet (vgl. Bratsberg und Rogeberg, 2018).

Abgesehen von generationsübergreifenden Änderungen erscheint es auch möglich, durch gezieltes Training Einfluss auf den IQ von Personen vorzunehmen. So belegen einige Studien, dass bestimmte Formen von kognitiven Übungen – von denen einige auf das Arbeitsgedächtnis[10] abzielen – geeignet sind, um auch die fluide Intelligenz[11] zu verändern (Colbert et al., 2018, S. 509; Jaeggi et al., 2011, S. 10084).

Die Frage danach ob Intelligenz veränderbar ist, kann somit zunächst mit einem *Ja* beantwortet werden. In welchem Umfang dies möglich ist, ist jedoch noch nicht abschließend geklärt. Kurzfristige Interventionen zeigen belegbare Effekte, ähnlich wie reguläre Bildung. Je jünger ein Kind ist, umso plastischer ist sein Gehirn (vgl. Abschnitt »Neuroplastizität«, S. 76). Es ist daher zu erwarten, dass Effekte umso stärker ausfallen, je jünger die Zielgruppe ist. Die berichteten Studien weisen Ergebnisse in einem überschaubaren Bereich von 1–5 IQ-Punkten für den Einfluss von Bildung auf.

Hierbei muss beachtet werden, dass dies Durchschnittswerte sind und ein möglicher oberer Deckeneffekt nicht sichtbar werden würde. So bestätigen Jaeggi und Kolleg:innen (2011), dass sich Kinder mit bereits hohen Werten im IQ in ihrer Intervention kaum noch steigern konnten und die größte Steigerung bei Kindern mit niedrigen Werten zu verzeichnen ist (Jaeggi et al., 2011, S. 10084).

[10] Das Arbeitsgedächtnis zeigt sich als der gemeinsame Nenner der verschiedenen Komponenten des allgemeinen Intelligenzfaktors ‚g' (Matzel et al., 2013, S. 342) und scheint gleichsam sein *Nadelöhr* zu sein (Conway und Kovacs, 2019, S. 513–514).

[11] Der Begriff ‚fluide Intelligenz' bezieht sich auf die Fähigkeit zum problemlösenden Denken, wenn eine Person beispielsweise mit neuartigen Problemen konfrontiert ist. Dem gegenüber beschreibt der Begriff ‚kristalline Intelligenz' die Fähigkeit erworbenes Wissen in neuen Situationen zu nutzen (vgl. Wild und Möller, 2020, S. 329).

Allgemein gilt: damit ein Training zu einer Steigerung der Leistung führt, muss ein Trainingsreiz bestehen, der in der Regel über dem aktuellen Leistungsniveau liegt. Nun ist es allerdings so, dass im Schulsystem normalerweise gerade keine Förderung von Schüler:innen vorgesehen ist, die bereits im guten bis sehr guten Bereich liegen. Das könnte dazu führen, dass Lernende, deren Intelligenz bereits im höheren Bereich startet, nicht aus ihrer *Komfortzone* herausmüssen. Somit würde eine Erhebung des Einflusses von Bildung auf die Intelligenzentwicklung den Durchschnitt zwar korrekt wiedergeben – jedoch außer Acht lassen, dass eine Teil-Gruppe systematisch von einer Bildungsförderung *ausgenommen* ist.

Implikationen für das Growth Mindset

Abschließend bleibt festzuhalten, dass Intelligenz nach dem aktuellen Forschungstand sowohl eine fixe erbliche – als auch eine Umwelt-Komponente besitzt, die in einem gewissen Umfang trainierbar ist. Nach den vorangegangenen Ausführungen zeigt sich somit, dass eine Zustimmung zu dem Mindset-Item „Man kann seine Intelligenz immer noch ein Stück weit ausbauen.“ auch aus wissenschaftlicher Sicht haltbar ist.[12]

Interessanterweise stellen Forschende im Bereich von Intelligenz-Training fest, dass nicht alle Kinder von diesen Übungen in gleichem Umfang profitieren. Es zeigten sich Hinweise, dass Teilnehmende, die die Aufgaben als zu schwer und zu anstrengend empfanden, keine signifikante Steigerung in ihren Leistungen verzeichnen konnten (Jaeggi et al., 2011, S. 10084) – und das, obwohl sich das Programm eigentlich selbstständig an das Fähigkeitsniveau der Proband:innen anpasste. *Es verbleibt jedoch im Bereich der Spekulation, inwiefern hier ebenfalls Überzeugungen zur Intelligenz am Werke sind. So könnten manche Kinder mit einem Growth Mindset glauben, dass Anstrengung ein Zeichen dafür ist, dass sie gerade etwas lernen und Fortschritte machen. Während Kinder mit einem Fixed Mindset Anstrengung mit Überforderung assoziieren und somit die Motivation verlieren.*

[12] Alle Items des originalen Fragebogens enthalten den Begriff Intelligenz. Studien von Limeri und Kolleg:innen (2020b) zeigen jedoch auf, dass Intelligenz zum einen sehr unterschiedlich interpretiert wird von Studierenden („undergraduates“) im Bereich „Life Sciences“ und MINT („STEM“), und zum anderen, dass das Antwortverhalten für die originalen Mindset-Items wiederum stark davon abhängt: so kreuzen Personen, die Intelligenz als reine kognitive Fähigkeit interpretieren, in Abgrenzung zu Wissen, die Skala eher im Bereich des Fixed Mindset an (Limeri et al., 2020b, S. 9). Die Autor:innen sehen hierin auch einen Grund für uneinheitliche Ergebnisse in der Erhebung des Konstruktes.

Zahlreiche Studien belegen die Bedeutung von Intelligenz auf schulischen bzw. akademischen und beruflichen Erfolg[13] (Roth et al., 2015, S. 118; Ng et al., 2005, S. 384). Neben dem Ausbildungsstand („education level“) besteht für Intelligenz („cognitive ability“) zudem die höchste Korrelation zum Einkommen (ebd.). Je nach Studie weist Intelligenz eine niedrige bis moderate Korrelation zum Erfolg auf. Sie ist damit der beste Einzelprädiktor – gerade im (hoch-) schulischen Kontext (Roth et al., 2015, S. 126). Für sich alleine genommen, trägt sie zu einer Varianzaufklärung von knapp 30 % bei (ebd.). Damit verbleiben jedoch noch mehr als 70 % für weitere Faktoren. So zeigen andere Studien auf, dass neben Intelligenz, Übung die entscheidende weitere Voraussetzung für das Erreichen eines Expertenniveaus ist (Vaci et al., 2019, S. 18363).[14] Wie im Abschnitt »Konsequenzen für den Lernprozess«, S. 55 dargelegt, liefern somit auch Motivation und andere psychologische Mechanismen einen entscheidenden Beitrag. In wieweit ein Growth Mindset und Interventionen mit hineinspielen, soll in den weiteren Kapiteln besprochen werden.

4.1.3 Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck

Die Überzeugungen, die ein Mensch im Leben entwickeln, entscheiden darüber, wie dieser mit seiner inneren und äußeren Welt interagiert (Hecht et al., 2021, S. 170). So zeigt sich, dass objektiv gleiche Ereignisse zu ganz unterschiedlichen Interpretationen und damit Reaktionen führen können. Zu diesen Überzeugungen gehören auch die „naiven“ Theorien[15] einer Person über Eigenschaften wie Intelligenz und Begabung.

Diese Mindset-Theorie nach der amerikanischen Stanford Psychologie-Professorin Carol S. Dweck besagt, dass sich Personen entlang eines Spektrums zwischen zwei Polen aufstellen (Dweck und Leggett, 1988, S. 256). Auf der einen Seite steht das Growth Mindset (dynamisches Selbstbild). Personen an diesem Ende des Spektrums glauben, dass Eigenschaften wie Intelligenz und Begabung etwas veränder- und trainierbares sind wie ein Muskel (Dweck, 1999, S. 83). Am anderen Ende des Spektrums, dem Fixed Mindset (statisches Selbstbild), glauben Personen, dass ihre Eigenschaften fest und unveränderbar angeboren sind wie beispielsweise ihre

[13] Im Abschnitt »Online-Workshop zu Lernstrategien«, S. 234 wird dargelegt, dass schulischer Misserfolg trotz hoher Intelligenz häufig auf den Mangel geeigneter (Lern-) Strategien zurückzuführen ist.

[14] Wobei die genannte Studie auch aufzeigt, dass intelligentere Individuen stärker von Übungen profitieren und sich schneller einem Expertenniveau nähern (ebd.).

[15] Siehe Abschnitt »Überzeugungen«, S. 38 für die Einordnung des Mindsets in Einstellungen und Überzeugungen

Augenfarbe (Dweck, 1999, S. 83; Willingham, 2009, S. 169). Ein Mixed Mindset liegt in der Mitte der beiden Pole.

Fixed Mindset

Der Begabungsbegriff eines Fixed Mindsets kann dazu verleiten, dass Rückschläge eher auf den Mangel von Talent oder Intelligenz zurückgeführt werden.[16] Da diese Eigenschaften beim Fixed Mindset als unveränderbar angesehen werden, kann das unter Umstände dazu führen, dass Personen mit dieser Überzeugung nicht bereit sind, bei Schwierigkeiten viel Mühe aufzubringen. Dies lässt sich auf zwei Aspekte zurückführen. Zum einen werden Schwierigkeiten und Rückschläge als Zeichen für mangelnde Begabung interpretiert (Hong et al., 1999, S. 597). Zum anderen lohnt es sich aus dieser Perspektive nicht, viel in Lernen und Strategien zu investieren, da das (eigene) Weiterentwicklungspotential als niedrig eingeschätzt wird. Dies zeigt sich in der Zustimmung zu Items wie dem Folgendem: „You can learn new things, but you can't really change how intelligent you are" (Molden und Dweck, 2006, S. 12; Dweck, 1999, S. 175 ff.).

Somit können die Folgen eines Fixed Mindsets darin bestehen, dass Lernende nur Themen und Aufgaben wählen, für die sie sich selbst als begabt einschätzen (Hong et al., 1999, S. 596). Bei subjektiv empfundenen Schwierigkeiten und Rückschlägen neigen sie daher eher zum Wechseln oder Aufgeben (Dweck und Leggett, 1988, S. 256).

Growth Mindset

Wer ein Growth Mindset besitzt, glaubt dagegen, dass die eigenen Kompetenzen immer wieder ein Stück weiter ausgebaut werden können.[16] Somit sind Lernende mit dieser Überzeugung auch eher bereit, mehr Zeit und Energie aufzuwenden angesichts von Schwierigkeiten (Diener und Dweck, 1978, S. 460; Dweck und Sorich, 1999, S. 249; Schroder et al., 2017, S. 47).

Rückschläge bedeuten aus dieser Perspektive, dass etwas ***noch*** nicht beherrscht wird. Sie werden wie eine Rückmeldung interpretiert, ob das nächste Mal mehr getan werden muss und/oder wie die Strategien anzupassen ist (Diener und Dweck, 1978, S. 460; Moser et al., 2011, S. 1484). Die Grundhaltung ist: es immer möglich ist, sich zumindest noch ein „kleines Stück zu verbessern", was sich in der Zustimmung zu

[16] Vgl. auch Rehberg et al., 2023, S. 358.

Items wie „No matter how much intelligence you have, you can always change it quite a bit“ ausdrückt (Molden und Dweck, 2006, S. 12; Dweck, 1999, S. 175 ff.).

4.1.4 Überzeugungen

Nach Yeager und Dweck kann das Mindset beschrieben werden als die Überzeugung darüber, ob intellektuelle Fähigkeiten entwicklungsfähig sind oder nicht (Yeager und Dweck, 2020, S. 1269). Um im Folgenden mit dem Begriff des Mindsets weiterarbeiten zu können, soll zunächst eine Einordnung in die deutschsprachige sozial-psychologische Begriffswelt vorgenommen werden (Garms-Homolová, 2020, S. 52).

Im englischsprachigen Original wird das Mindset bzw. die „Theories of Intelligence“ als „Beliefs“ bezeichnet. Diese „Beliefs“ werden hierbei synonym mit dem Begriff der „(Self-) Theories“ verwendet (Dweck, 1999, S. xi).

Diese Annahmen über die Zusammenhänge der Welt, des Erlebens und Verhaltens werden auch als „common-sense-psychology“/ „lay-theories“ (Laien-Psychologie) oder „naive Theorien“ bezeichnet (Rudolph, 2013, S. 22; Molden und Dweck, 2006, S. 192). Wie wissenschaftliche Theorien schaffen auch diese Annahmen einen Interpretationsrahmen für die Vorhersage und Beurteilung von den Vorgängen in der Welt (Yeager und Dweck, 2012, S. 303; Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 41 – vgl. Abschnitt »Kausalattribution«, S. 43). Durch den bewertenden Charakter dieser Annahmen können diese auch im sozial-psychologischen Sinn als Überzeugungen beschrieben werden (Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 40-42). Dabei besitzt die wertende Dimension eine Valenz, die sich in ihrer Ausrichtung entlang eines Spektrums zwischen positiv und negativ unterscheidet inklusive einer mittigen neutralen Haltung. Werden Beispiele hierzu ausformuliert wie: „Sport ist gesund und gut für mich“, so zeigt sich, dass Überzeugungen in einem engen Zusammenspiel zwischen affektiven und kognitiven Komponenten existieren. Eine Trennung ergibt daher zwar Sinn im Zusammenhang einer wissenschaftlichen Beschreibung. Bei psychologischen Vorgängen im Menschen jedoch „bilden Einstellungen, Eigenschaften, das Verhalten und Gefühle zusammen mit deren neuropsychologischen Grundlagen eine unzertrennbare Einheit“ (Garms-Homolová, 2020, S. 9).

Die selbstbezogenen Überzeugungen stellen zusammen mit den Meinungen und Glaubensgrundsätzen die Unterkategorie der evaluativen – also wertenden sozialen Einstellungen dar. Dabei besteht ein Wechselspiel zwischen ihnen: Einstellungen und Überzeugungen beeinflussen und bedingen sich gegenseitig (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 198).

Überzeugungen sind subjektive Interpretationen der Wirklichkeit. Sie müssen keineswegs reale Sachverhalte korrekt abbilden. Daher wäre eine weitere mögliche Zuordnung der Mindsets in den verwandten Bereich der emotionsrelevanten Bewertungsprozesse („Appraisals“) möglich. Diese stellen ebenfalls kognitive Bewertungsprozesse dar, die schließlich Emotionen hervorrufen (Götz, 2017, S. 33). Diese Bewertungsprozesse werden durch Individuen unterschiedlich vorgenommen und führen daher auch ggf. zu deutlich abweichenden Ergebnissen trotz scheinbar gleicher Ausgangssituation. Beispiel: erhalten zwei Schüler:innen die gleiche Note 2 (gut) auf einen Test, kann sich eines der Kinder sehr darüber freuen und das andere gleichzeitig am Boden zerstört sein. Das Ereignis entscheidet nicht über die Reaktion, sondern vielmehr die Überzeugung darüber, was unter den gegebenen Voraussetzungen als gute Benotung durch die beiden Bewerteten interpretiert wird. Dweck beschreibt, wie sie zu Beginn ihrer Forschung förmlich perplex war, wie unterschiedlich Lernende auf das gleiche erfolglose Lösen eines Rätsels reagierten – selbst wenn die kognitiven Voraussetzungen der Kinder kontrolliert wurde (Dweck und Yeager, 2019, S. 483).[17]

Einstellungen können zudem einen impliziten oder expliziten Charakter haben. Explizit beschreibt in diesem Zusammenhang die Fähigkeit einer Person, sich ihrer Überzeugungen bewusst zu sein und diese verbalisieren zu können (Garms-Homolová, 2020, S. 10).[18]

Das Mindset wird von Dweck im Bereich der impliziten Überzeugungen verortet, da sich Personen dieser häufig nicht bewusst sind und daher auch nicht spontan formulieren können (vgl. „Implicit Theories of Intelligence“ (Dweck und Yeager, 2019, S. 483)). Auch wenn diese Überzeugungen der Personen unbewusst sind, bestimmen sie dennoch die Bewertung und im Weiteren das Verhalten dieser (Garms-Homolová, 2020, S. 10; Jonas und Brodbeck, 2014, S. 203). Insbesondere der unbewusste Charakter führt dazu, dass sich somit gerade implizite Überzeugungen („implicit Theories“) einer rationalen und daher „logischen Falsifizierung“ entziehen (Spinath und Freiberger, 2011, S. 101).[19]

[17] Eine genauere Beschreibung erfolgt im Abschnitt »Erste Erkenntnisstufe – Attribuierung von Rückschlägen«, S. 62.

[18] Jedoch können solche Aussagen nicht unbedingt als Grundlage genommen werden, um daraus direkt auf die zugrunde liegende Einstellung zu schließen. Eine geäußerte Bewertung besitzt möglicherweise eine Relevanz in Bezug auf sozialen Status und Interaktion. Daher kommt es bei der Äußerung von Überzeugungen häufig zu dem Effekt der sozialen Erwünschtheit. Hierbei werden Verhalten oder Aussagen aus „Furcht vor sozialer Verurteilung“ an die antizipierten „gesellschaftlichen Normen und Erwartungen“ angepasst (Döring und Bortz, 2016, S. 437).

[19] Vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36.

Änderungen von Überzeugungen

Einstellungen und damit auch die Überzeugungen gelten nach dem sozialpsychologischen Paradigma zum großen Teil als „gelernt und erworben“ (Garms-Homolová, 2020, S. 8). Dieser Ansatz wird gestützt durch eine geringe Erblichkeitseinschätzung sozialer Einstellungen (Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 66). Gleichzeitig muss jedoch auch festgehalten werden, dass Definitionen von Einstellungen stets die Stabilität und Resistenz gegen „punktuelle Änderungen“ betonen (Garms-Homolová, 2020, S. 8) – gerade dann, wenn Überzeugungen ein „kohärentes System“ darstellen (Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 41). Ist das der Fall, so erzeugt der Versuch einer Überzeugungsänderung einen Widerstand. Dieser bedingt sich durch Widersprüche einer neuen Überzeugung zu den bestehenden. Petersen und Stahlberger sprechen in diesem Zusammenhang von „innerpsychischen Kosten“, die umso höher ausfallen, je stärker bestehende Überzeugungen zu einem großen Bedeutungssystem verwoben sind (Petersen et al., 2000, S. 243; Dweck, 1999, S. 132 ff.). Sind die Widersprüche selbstwertrelevant, kann es zu einer kognitiven Dissonanz kommen, wenn sie sich „nicht in Übereinstimmung bringen lassen“ (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 30).[20] Werden die Entstehung von Überzeugungen und deren Entwicklung über die Lebensabschnitte hinweg betrachtet, so wird deutlich, dass diese weit über die frühe Kindheit immer wieder neu erworben und angepasst werden, jedoch besonders in den großen sogenannten „Biografie-Phasen“ wie Schulzeit, Studium und „beruflicher Sozialisation“ (Garms-Homolová, 2020, S. 8).

In Bezug auf die Absicht, das Mindset durch Interventionen zu beeinflussen, muss daher auch ein genauerer Blick auf die Übergänge zwischen diesen Phasen gelegt werden. Transitphasen selbst bedingen, dass Personen ihre Interpretationsrahmen und damit ihre Überzeugungen an die neuen Umstände anpassen (müssen). Dies kann dazu führen, dass Überzeugungen in diesen Lebensabschnitten zum Teil vollständig neu aufgebaut oder zumindest stark umstrukturiert werden müssen (Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 41).

Anders ausgedrückt, zeichnen sich diese Übergangsphasen durch das Aufbrechen bestehender kohärenter Bedeutungssysteme aus, wodurch ein möglicher „Änderungswiderstand“ reduziert wird. Dieser Effekt lässt sich somit z.B. in Mindset-Interventionsstudien zeigen, in denen US-Schüler:innen während der kritischen Übergangsphasen von Middle- zur Highschool begleitet wurden (Tirri und Kujala, 2016,

[20] Gerade im Hinblick auf Mindset-Interventionen stellt sich an diesem Punkt die berechtigte Frage, inwieweit als „relativ stabil“ definierte Überzeugungen überhaupt beeinflusst oder gar langfristig änderbar sind (Garms-Homolová, 2020, S. 13).

S. 1232). Eine tiefergehende Beschreibung dieser Interventionen folgt im Kapitel »Entwicklung einer Mindset-Intervention«.[21]

Funktionen von Überzeugungen

Das Überleben der meisten höheren Organismen hängt im Allgemeinen davon ab, wie gut sie einschätzen können, ob ihnen etwas schadet oder nützt. Hierbei haben diejenigen Lebewesen einen Vorteil, die zum einen aus Erfahrung lernen und zum anderen schnell und zuverlässig auf mögliche Gefahren oder Vorteile kurzfristig reagieren können. Diese Muster von Stimulus (Reiz) und Reaktion entwickeln sich ebenso im Menschen, wobei zwischen ihnen häufig eine bewusste oder unbewusste Kognition bzw. gedankliche Leistung stattfindet (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 108; Bednorz und Schuster, 2002, S. 15).[22]

Erfolgt diese gedankliche Leistung bewusst, so werden mehr Ressourcen (Zeit und Energie) benötigt als bei automatisierten Vorgängen, was wiederum zu Einbußen im Bereich der Selbstkontrolle bzw. Willenskraft führen kann („ego depletion“ – Baumeister, 2002, S. 129). Durch die Entwicklung von Schemata, kann der benötigte Ressourceneinsatz beim Fällen von Entscheidung reduziert werden. Unter Schemata können mentale Repräsentationen verstanden werden, die helfen, Komplexität von Vorgängen und Umständen (Entitäten) zu reduzieren (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 110). Vereinfacht kann somit die Funktion von Einstellungen und Überzeugungen als „energiesparendes Hilfsmittel“ bei der Bewertung dieser Entitäten beschrieben werden (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 208).

Überzeugungen und Self-Handicapping

Neben der Funktion zum Erhalt von Selbstkontrolle spielen die Erfüllung von physischen und psychischen Bedürfnissen ebenfalls eine zentrale Rolle für die Entwicklung von Einstellungen und Überzeugungen. Auch wenn unterschiedliche Autor:innen immer wieder andere Definitionen und Aufzählungen der Gesamtheit von Grundbedürfnissen geliefert haben, nimmt das Bedürfnis nach Selbstwert eine besondere Rolle in der Ausbildung von Motivation ein (Petersen et al., 2000, S. 239). Dieser

[21] Dweck und Yeager beschreiben, dass sich die Wirkung von Interventionen erst zeigen, wenn Lernende mit schwierigen Umständen konfrontiert sind (Yeager und Dweck, 2020, S. 1279; Dweck, 2002, S. 75). Nach den vorhergehenden Ausführungen, stellt sich jedoch die Frage, ob herausfordernde Umstände nicht sogar eine Voraussetzung darstellen, um eine Überzeugungsänderung überhaupt zu ermöglichen.

[22] Dennoch finden sich auch beim Menschen noch eine Vielzahl an Reflexen, beispielsweise die Pupillendilatation durch Lichteinwirkung oder das Zusammenzucken bei lauten plötzlichen Geräuschen.

Umstand trägt dazu bei, dass Einstellungen und Überzeugungen, die ein Mensch aufbaut, unter anderem dazu dienen, den Selbstwert dieser Person zu schützen oder zu erhöhen (Rüdiger und Schütz, 2014, S. 274).

Da viele Einstellungen und Überzeugungen bereits in den frühen Abschnitten des Lebens gebildet werden, kann auf diese Weise ein in sich kohärentes System entstehen, dass ggf. zu einem früheren Zeitpunkt im Leben tragfähig war in Bezug auf die Funktion des Selbstwert-Erhaltes. Mit sich ändernden Lebensumständen können diese Überzeugungen im besten Fall obsolet werden. Im schlechtesten Fall führen sie jedoch zu erheblichen langfristigen Kosten beispielsweise durch den Verlust der Lern- und Leistungsbereitschaft (Nussbaum und Dweck, 2008, S. 610).

Ist ein Kind z.B. in Grundschuljahren noch in der Lage ohne jedes weitere Zutun dem Unterrichtsstoff sehr gut zu folgen, kann dieses Kind die Überzeugung entwickeln, *besonders schlau zu sein*. Diesen Umstand macht es eben genau daran fest, dass andere Kinder noch zusätzlich lernen müssen, um gute Noten zu erhalten, es selbst aber nicht. Die Umwelt könnte diese Überzeugung in Form von den Rückmeldungen und personenbezogenen Lob durch die Bezugspersonen zusätzlich bekräftigen[23] (Mueller und Dweck, 1998, S. 33 ff.).

Kommt dieses Kind nun auf die weiterführende Schule, kann es dazu kommen, dass es nun das erste Mal im Leben damit konfrontiert wird, den Schulstoff nicht durch *bloßes Anschauen* verstehen zu können. Wurde der Selbstwert in den vorangegangenen Jahren über das eigene *Schlausein* definiert und die Schlussfolgerung gezogen, andere Kinder, die für ihren Erfolg lernen müssen, könnten nicht so schlau sein, so entsteht nun eine Pattsituation für das Kind: Auf der einen Seite waren gute Noten der Beleg für die selbstwertdienliche Überzeugung über die eigene Intelligenz. Auf der anderen Seite wurde ‚Lernen für Erfolg in der Schule' jedoch mit der Überzeugung verknüpft, dass dies ein Hinweis auf mangelnde Intelligenz bzw. Begabung ist.

Dieses beschriebene Kind kann daher nicht ohne Weiteres damit anfangen zu lernen, um (wieder) gute Noten zu erhalten, ohne dabei den eigenen Selbstwert zu gefährden. Viel eher kann der Aufbau eines solchen Überzeugungssystemes zu einem Verhalten führen, dass als „Self-Handicapping" oder auch „Selbst-Sabotage" bezeichnet wird. (Martin et al., 2003, S. 618). Lernvermeidendes Verhalten wie Prokrastination[24] dient dann als vorgefertigte Begründung für einen möglichen Misserfolg. Besonders perfide wird diese Rückkopplungsschleife allerdings durch die doppelte Verstärkung

[23] Vgl. Abschnitt »Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens«, S. 64.

[24] Tendenz zum Aufschieben von Aufgaben z.B. Lernen, Aufräumen etc., umgangssprachlich auch *Aufschieberitis*.

bei Erfolg. Zum einen sieht sich die Person in der Vorgehensweise des reduzierten Einsatzes bestätigt. Zum anderen hebt es „in ganz besonderem Maße [...] die eigene Fähigkeit“ hervor (Spinath und Freiberger, 2011, S. 108), denn: *Wie hätte man auch anders erfolgreich sein können bei so geringem Lernaufwand, als offenbar besonders begabt zu sein?*

Diese Strategie führt wohl nur bei den wenigsten Individuen dauerhaft zu guten Ergebnissen. Zumal selbst diese dann per Definition nicht ihr volles Potential ausschöpfen. Der Gewinn an Selbstwert-Erhalt wird somit langfristig bezahlt, wenn nicht doch noch eine Anpassung des Überzeugungssystems vorgenommen wird (Nussbaum und Dweck, 2008, S. 610; Zuckerman et al., 1998, S. 1625).

Diese Art von selbstwertschützenden Überzeugungen konnte Dweck bereits in ihren frühen Studien bei Kindern im Zusammenhang mit lernhinderlichen Verhalten beobachten Dweck (1999). Einen ähnlichen Umbruch erleben Lernende nicht nur beim Übergang von der Grund- an die weiterführende Schule, sondern ggf. erneut beim Übergang von der Schule an Hochschulen und Universitäten. Im Folgeabschnitt sollen die zugehörigen Mechanismen unter Einbezug der „impliziten Theorien zur Intelligenz“ näher beleuchtet werden.

4.2 Entstehung eines Mindset

4.2.1 Kausalattribution

In der Theorie von Weiner zur Kausalattribution steht das Motiv des Menschen „Ursachen von Handlungen zu verstehen“ im Mittelpunkt der Erklärung von menschlichen Reaktionen und Verhaltensweisen (Schlag, 2004, S. 88). Sie ist die „einflussreichste Theorie der leistungsbezogenen Attribution“ (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 81). Dabei rückt der Fokus besonders auf die Ursachenzuschreibung von Erfolg und Misserfolg (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 475). Diese wurden nach Weiner (1971) zunächst in die zwei Dimensionen der Lokalisation („Locus of Control“) und ihrer Stabilität („Causal Stability“) eingeteilt. Die Lokalisation beschreibt, ob eine Ursache auf das Wirken einer Person selbst oder auf Umwelteinflüsse zurückzuführen ist. Die Stabilität geht mit der Erwartung des Eintretens zukünftiger Ereignisse einher: bei stabilen Ursachen wird davon ausgegangen, sie auch in der Zukunft sicher anzutreffen. Beispiele für nicht-stabile Ursachen wiederum sind Glück bzw. Zufall, von denen nicht (sicher) erwartet werden kann, dass sie erneut eintreten.

Später (1986) nahm er die Dimension der (wahrgenommenen) Kontrollierbarkeit („Controllability“)[25] hinzu (Weiner, 2010, S. 32; Götz, 2017, S. 112). In Tabelle 4.1 sind die Kategorien für Leistungssituationen aufgestellt. Dabei können in der Theorie alle Kategorien gleichzeitig herangezogen werden, um (Miss-)Erfolg zu erklären. Jedoch verwenden Personen in der Regel eine Kombination von Auf- und Abwertungsprinzip („discounting/ augmenting principle“), so dass eine Kategorie als Hauptursache in den Vordergrund gestellt wird (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 78).

	internal		**external**	
	stabil	**variabel**	**stabil**	**variabel**
kontrollierbar	Wissen	Anstrengung, Strategie	Schwierigkeit des Faches	Unterstützung
nicht kontrollierbar	Fähigkeit/ Begabung	Konzentration	Aufgabenschwierigkeit	Zufall, Störung

Tabelle 4.1.: Achtfelderschema der Kausalattribution *angepasst nach Weiner, 1985 in Faber (2012, S. 27), vgl. auch Götz (2017, S. 113)*

Der Kerngedanke der Mindset-Theorie dreht sich um Veränderbarkeit von persönlichen Eigenschaften – zumeist Intelligenz (Dweck und Yeager, 2019, S. 481). Damit rückt besonders die Attributions-Dimension der Kontrollierbarkeit in den Fokus. Wie kontrollierbar eine Situation eingeschätzt wird, hängt dabei davon ab, welche „kausalen Schemata“ eine Person besitzt (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 77). Diese können auf „allgemeinen kausalen Prinzipien“ oder auf „bereichsspezifischen Vorstellungen“ beruhen[26] (ebd.). Sie lassen „retrospektiv den Schluss auf einen nicht bekannten Ursachefaktor zu oder ermöglichen die Vorhersage eines zukünftigen Handlungsergebnisses, wenn die wichtigsten Ursachefaktoren (v.a. Fähigkeit und

[25] Je nachdem wie wir den Erfolg für den Ausgang einer Situation einschätzen, reagiert auch unser Körper mit anderen Reaktionen, die in drei Kategorien eingeteilt werden können: „Fight-, Flight- oder Freeze-Response“. Dabei erscheint die Grundeinstellung („default“) auf einer defensiven Haltung („Freeze-Response“) zu stehen, um „Verletzungen und Bedrohungen“ zu minimieren (Maier und Seligman, 2016, S. 361). Dies wird als physiologische Grundlage der erlernten Hilflosigkeit betrachtet (ebd.) – (vgl. nächste Abschnitt »Erlernte Hilflosigkeit«, S. 46). Diese Haltung kann jedoch aufgegeben werden, sofern die Möglichkeit für *erfolgreiche* Kontrolle wahrgenommen wird. In diesem Fall wird je nach Einschätzung des Ausgangs der Situation bei antizipiertem Erfolg der „Fight-Response“ getriggert.

[26] Jonas und Kolleg:innen (2014) verwenden das Beispiel einer Fahrradfahrerin am steilen Abhang. Eine beobachtende Person wird eine hohe Fahrgeschwindigkeit vermutlich auf die Steigung zurückführen (allgemeines kausales Prinzip). Würde sie jedoch diesen Berg sehr schnell heraufahren, würde die Ursache wohl eher auf die Kraftausdauer der Radfahrerin bezogen werden („bereichsspezifische Vorstellung“).

Anstrengung) bekannt sind“ (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 515). Oft fehlen jedoch Informationen, um die Ursachen für den Ausgang einer Situation vollends einschätzen zu können. In diesem Fall greifen unsere Überzeugungen darüber, wie Dinge zusammenhängen – und das ist mitnichten immer zutreffend (vgl. Abschnitt »Überzeugungen«, S. 38). Dies liegt an der Art des Erwerbs dieser Schemata: häufig lernen Kinder Zusammenhänge über Koinzidenzen und Kovariationen herzustellen (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 75). Dennoch ist – wie hinlänglich bekannt – der korrelative Zusammenhang von Ereignissen noch kein kausaler.[27]

Dahinter steht der grundsätzliche Wunsch von Menschen den „verborgenen Prozess“ bzw. die „kausale Kraft“ aufzudecken, also zu verstehen, warum ein „*Ding* die Fähigkeit“ besitzt, ein anderes *Ding* zu beeinflussen. Mit Hilfe des „probalistischen Kontrastes“ werden schließlich die „Häufigkeit eines Effekts bei Vorhandensein einer potenziellen Ursache mit seiner Häufigkeit bei Nichtvorhandensein dieser Ursache“ verglichen. (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 80–81).

In der Ursachenerklärung von Leistungssituationen spielen die daraus resultierenden Kategorien eine prominente Rolle, da sich – je nach *Wahl* der Zuschreibung – Auswirkungen auf die Motivation, das Selbstvertrauen und die Lernleistung ergeben (Götz, 2017, S. 113 ff). Insbesondere die Attribuierung auf externale und unkontrollierbare Ursachen kann sich hier als lernhinderlich zeigen und umgekehrt: eine gute Note könnte damit erklärt werden, dass einer Person – trotz *Mut zur Lücke* – genau die richtigen bzw. *leichten* Fragen gestellt wurden (Glück, Zufall – external, unkontrollierbar). Es könnte jedoch auch sein, dass sie die gute Note darauf zurückführt, den Stoff gut und strukturiert gelernt zu haben (Anstrengung – internal, kontrollierbar). Entscheidend ist hier die *wahrgenommene* Ursache. Je nach Schlussfolgerung leiten sich hieraus andere Konsequenzen für die weitere Erwartung und Lernmotivation ab (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 81). Diese Wirkung liegt auch an den selbstbewertenden Emotionen, die damit einhergehen – beispielsweise „wie stolz eine Person auf ihre Leistungen sein kann“ (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 515). Nicholls (1976) führt die Zuschreibungen an, Anstrengung sei löblich, aber erst Begabung („ability“) mache wirklich stolz[28] (ebd.). Im Umkehrschluss können im Misserfolgsfall auch – je nach Attribuierung – Scham und Selbstwertverlust initiiert

[27] Die Autorin dieser Arbeit nahm beispielsweise in ihrer Grundschulzeit an, dass sie vom Konsum von Walnüssen besonders *schlau* würde: die Ferien über aß sie sehr viele davon, als sie bei ihrer Großmutter war und erhielt in Folge sehr gute Noten in Mathematik. Was sie bei dieser Annahme außer Acht ließ – sie hatte jeden Tag mit dieser intensiv rechnen geübt. Siehe auch das Beispiel von Jonas und Brodbeck, 2014, S. 80.

[28] „Effort is virtuous, but it's better to have ability“ (Nicholls, 1976, S. 306).

werden (vgl. Scheff, 2000, S. 92). Im Abschnitt »Exkurs: Anstrengung und Begabung«, S. 184 wird das sogenannte „Kompensationsschema“ dieser beiden Konzepte und dessen Grenzen diskutiert.

Jedoch zeigt sich hier zugleich ein wesentlicher Unterschied zur Attributionstheorie nach Weiner: Fähigkeit („ability“) wird bei ihm zwar ebenfalls als internal, aber gleichzeitig als stabil kategorisiert und somit als unkontrollierbar festgelegt. Damit grenzt sich das Mindset als Konstrukt klar von der Attributionstheorie wie vorgestellt ab:

Dweck beschreibt, wie folgt, die Emergenz der Erkenntnis, dass Fähigkeiten zwar mit dem gleichen Begriff von den Teilnehmenden ihrer Studien beschrieben wurden, im Verlauf dieser allerdings immer deutlicher wurde, dass sich dahinter mehr verbirgt: „[. . .] we suddenly realized that the ‚ability‘ that people wish to prove had a different feel to it than the ‚ability‘ that people wish to improve.“ (Dweck und Yeager, 2019, S. 483). Mit diesem differenzierten Blick auf unterschiedliche Attribution von Fähigkeiten war der Grundstein für die Erarbeitung der „Theories of Intelligence“ gelegt.

Um die Bedeutung und Folgen der unterschiedlichen Interpretation von Kontrollierbarkeit für das Erleben und Handeln von Personen zu verstehen, soll im Folgenden knapp auf die Forschung von Seligman und Maier[29] zur erlernten Hilflosigkeit (engl. „learned helplessness“) eingegangen werden. Bereits Ende 1960er Jahren konnte damit die Bedeutung der wahrgenommenen Kontrollierbarkeit (bzw. das Fehlen selbiger) für höhere Lebewesen aufgezeigt werden (vgl. Seligman und Maier, 1967).

Erlernte Hilflosigkeit

Die erlernte Hilflosigkeit beschreibt das Verhalten von Lebewesen, die bereits Situationen von mangelnder *wahrgenommener* Kontrolle oder Kontrollverlust über (negative) Umstände erfahren haben und konfrontiert mit ähnlichen Situationen (Triggern) hilflos reagieren, obwohl in der neuen Situation durchaus die Möglichkeit zur Einflussnahme bestünde (Harvey und Martinko, 2009, S. 151). Entscheidend ist in der weiteren Betrachtung die Betonung der subjektiven bzw. wahrgenommenen Ohnmacht/Kontrolle, da Individuen gemäß ihrer Wahrnehmung – statt der Realität – auch hilflos reagieren wie im Folgenden kurz umrissen werden soll.

Hilflose Reaktionen sind[30]: Niedergeschlagenheit, Verlust von Interesse, Gefühl der Wertlosigkeit, Unentschlossenheit oder schlechte Konzentrationsfähigkeit, Abgeschlagenheit, Psychomotorische Probleme, Gewichtsverlust und Schlafprobleme.

[29] Vgl. Maier und Seligman, 2016, S. 349 ff.
[30] Vgl. Maier und Seligman, 2016, S. 351-352.

Damit werden acht der möglichen neun[31] klinischen Symptome zur Diagnose von Depressionen[32] einzig durch die Teilnahme an Experimenten zur Hilflosigkeit erzeugt.

Sowohl in Versuchen mit Tieren als auch mit Menschen konnte gezeigt werden, dass diese Art der Hilflosigkeit induzierbar ist (Hiroto und Seligman, 1975, S. 311). Dabei wurden Experimente dergestalt aufgebaut, dass die Teilnehmenden im ersten Teil unangenehme Situation (laute Geräusche, Elektroschocks) erlebten, die sie erdulden mussten, ohne durch das eigene Zutun etwas daran ändern zu können. Im zweiten Teil des Experiments wurde das Setting so verändert, dass nun die Möglichkeit bestand zu entkommen („escape from the box“) bzw. die unangenehme Einwirkung zu beenden. Statt in der neuen Situation diese Möglichkeit zu nutzen, harrten die Teilnehmenden (Mensch wie Tier) größtenteils auch in diesem zweiten Aufbau der Dinge.[33]

Doch nicht nur körperlich unangenehme Einwirkungen konnten diese Reaktionen erzeugen. Hiroto und Seligman konnten aufzeigen, dass sich ein hilfloses Verhalten ebenfalls angesichts von unlösbaren Aufgaben einstellen kann. Damit zeigten sie überraschenderweise auf, dass „erlernte Hilflosigkeit innerhalb einer kognitiven Aufgabe erzeugt werden kann, [auch] ohne aversive unkonditionierte Stimuli oder instrumentale Komponenten“(Hiroto und Seligman, 1975, S. 325, eigene Übersetzung[34]).

Dweck knüpfte an die Studien zur Attribution und erlernten Hilflosigkeit an, indem sie Kinder ebenfalls mit für diese unlösbaren Aufgaben konfrontierte. Sie konnte in diesen Studien bereits gegen Ende der 1970er zeigen, dass eine hilflose oder dem gegenübergestellt eine meisternde Reaktion („mastery response“) von Kindern durch deren Attributionsstil vorhergesagt werden kann (Diener und Dweck, 1978, S. 460). Besondere Betonung sollte dabei auf den Umstand gelegt werden, dass diese Effekte unabhängig von den eigentlichen kognitiven Fähigkeiten der untersuchten Kinder auftraten (Yeager und Dweck, 2020, S. 1271). Spinath et al. konnten zudem zeigen, dass das Mindset unabhängig vom Fähigkeitsselbstkonzept ist (Spinath und Stiensmeier-Pelster (2001) in (Spinath und Freiberger, 2011, S. 103)). In weiteren Studien zeigten Dweck und andere Forschende, dass die „Theorien [zur Intelligenz]

[31] Das einzige Symptom, dass nicht bei den Versuchen zur erlernten Hilflosigkeit produziert werden konnte, waren die suizidalen Gedanken.

[32] Vgl. Gebhart und Schmidt (2013).

[33] Zum letzten Abschnitt vgl. Maier und Seligman (2016), Maier und Seligman (1976) und Hiroto und Seligman (1975).

[34] Original: „A group pretreated with four insoluble discrimination problems was debilitated at solving later anagrams relative to a control and soluble pretreated groups. This demonstrates that learned helplessness can be produced within cognitive tasks, without aversive unconditioned stimuli or instrumental components.“ (Hiroto und Seligman, 1975, S. 325).

ein [ganzes] Bedeutungssystem [bzw. Interpretationsrahmen] erschaffen, in dem die Attributionen stattfinden“ (Hong et al., 1999, S. 597, eigene Übersetzung[35]).

4.3 Die Bedeutung des Mindsets für das Lernen

4.3.1 Lernerfolg

Die Fähigkeit, zu lernen und somit auf zukünftige Situationen besser reagieren zu können, stellt eine fundamentale Größe für das Überleben von höheren Organismen dar. Dabei findet der Lernprozess neben der kognitiven auch auf der biologischen Ebene statt (vgl. Abschnitt »Neuroplastizität«, S. 76). Allgemein sind diese Prozesse evolutionär auf Effizienz getrimmt[36]. Eine neue synaptische Verknüpfung oder gar die Entstehung neuer Neuronen geschieht daher nur, wenn ausreichender *Anpassungsdruck* besteht (Schmithüsen, 2015, S. 28 ff.).

Dieser *Anpassungsdruck* entsteht unter normalen Bedingungen[37] durch einen wiederholten Verarbeitungsaufwand. Daher kann Lernen im akademischen Sinne (Schule, Studium und Beruf) nur unter Einsatz von Anstrengung und den geeigneten Strategien gelingen.

Anstrengung bedeutet in diesem Zusammenhang das Aufbringen von Ressourcen durch die lernende Person in Form von Zeit und kognitivem Aufwand. Diese Ausdifferenzierung ist notwendig vor dem Hintergrund, dass Lernende einen Ressourceneinsatz in einem eigenen Interessensgebiet (Hobby o.ä.) durchaus als *mühelos* beschreiben können, trotz z.B. stundenlanger intensiver Beschäftigung. Dennoch wird auch bei diesem Lernen der beschriebene Ressourceneinsatz erbracht. Lern-Anstrengung kann also je nach Kontext als anstrengend und mühevoll *empfunden* werden oder eben nicht.

[35] Original: „We proposed at the outset that implicit theories create a meaning framework within which attributions occur.“ (Hong et al., 1999, S. 597).

[36] Im Zusammenhang mit den Kognitionskosten wird auch der Begriff „cognitive miser“ verwendet. Dieser kann mit „kognitiver Geizkragen“ übersetzt werden und bedeutet, dass Menschen dazu neigen, kognitive Anstrengung einzusparen und „kognitive Abkürzungen zu nehmen“, da ihre „Verarbeitungskapazität begrenzt“ ist. Vgl. (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 120).

[37] Dieser kann zudem durch (*insbesondere negative*) Intensität aufgebaut werden: So haben gerade traumatische Erlebnisse die zweifelhafte Ehre zumeist sehr gut und eindrücklich erinnert zu werden (Urhahne et al., 2019, S. 610). Es wird vermutet, dass sich diese Art der Speicherung deutlich unterscheidet vom Lernen im akademischen Sinne, da hierbei maßgeblich die Amygdala beteiligt ist und die zugehörigen Erinnerungen somit emotional getriggert sind. Vgl. Metcalfe und Mischel, 1999, S. 5.

Lernen ist selten ein linearer Vorgang. Viel typischer ist es, dass Performanz und Lernen immer wieder phasenweise scheinbar entkoppelt verlaufen – trotz Lernanstrengung verbleibt die Ausführung auf einem Plateau. Umgekehrt ist es ebenso möglich, dass sich Fortschritte nach einer längeren Lernpause oder in einem anderen Zusammenhang zeigen (Bjork und Bjork, 2011, S. 57 ff.). Dieses Ausbleiben von unmittelbaren Resultaten des Lernens führt nicht selten zu Frustration. Darüber hinaus können falsche Vorstellungen von Lernen und geeigneten Lernstrategien entstehen.[38]

Eine weitere Quelle der Frustration kann der Umstand darstellen, dass erfolgreiches Lernen immer wieder neue Impulse benötigt. Dafür muss immer wieder die sogenannte *Komfortzone* verlassen werden und bewusst die Dinge erarbeitet und vertieft werden, bei denen noch Schwächen bzw. Lücken bestehen. Erst diese Art der reflektierten Praxis („deliberate practise“) ermöglicht dauerhaft eine Steigerung des Kompetenzniveaus, wird jedoch von Lernenden „häufig als aversiv erlebt“ (Harder, 2019, S. 1). Die Bereitschaft der Lernenden Anstrengung aufzubringen und Frustration auszuhalten, kann daher als wesentliche Voraussetzung für Lernerfolg festgehalten werden.

4.3.2 Motivation

Da Lernerfolg in jedem Fall mit dem beschriebenen Ressourceneinsatz verbunden ist, hängt er demnach – neben den rohen kognitiven Fähigkeiten – auch stark von den „motivationalen und emotionalen Prozessen“ ab (Schneider et al., 2008, S. 74 ff.). Erst diese bedingen überhaupt die Bereitschaft einer Person zur vertieften Auseinandersetzung mit einem Lerngegenstand. Es zeigt sich, dass beispielsweise ein hohes Interesse einen positiven Einfluss auf den Lernerfolg haben kann (Deci und Ryan, 2000, S. 243). Besitzen Personen Interesse für einen Lerngegenstand, so entwickeln sie eine intrinsische Motivation für das Lernen in dessen Bereich. Intrinsisch bedeutet, dass einer Tätigkeit um ihrer selbst willen nachgegangen wird. Dabei kann diese das „Neugiermotiv“ wecken und alternativ oder ergänzend die Durchführung als angenehm wahrgenommen werden (Asendorpf und Neyer, 2012, S. 180).

Dem gegenüber steht eine extrinsische Motivation. Bei dieser Form der Motivation stehen die Folgen der Handlung im Zentrum, beispielsweise durch die Aussicht auf eine Belohnung oder das Vermeiden eines Verlustes (Urhahne et al., 2019, S. 214). Dabei zeigt sich, dass intrinsisch motivierte Personen häufig vorteilhaftere Lernstrategien

[38] Der Themenkomplex der Lernstrategien wird im Abschnitt »Lernstrategien«, S. 237 wieder aufgegriffen und vertieft.

verwenden und ihre Motivation länger aufrechterhalten können, während sich eine nicht-internalisierte extrinsische Motivation mit der Zeit abträgt – unter anderem bedingt durch einen Gewöhnungseffekt (Schmithüsen, 2015, S. 28).

Bedeutung, Bedürfnisse und Motivation

Erst die Zuordnung von Bedeutung zu den Ereignissen unseres Lebens schafft Sinn und Sinnzusammenhänge, mit denen Erlebtes eingeordnet und für Lernen und zukünftiges Handeln bewertet werden kann (Urhahne et al., 2019, S. 104). Dabei stehen dem Menschen verschiedene Systeme zur Verfügung, die ihm helfen, diese Einordnung und Bewertung effizient vorzunehmen (vgl. Abschnitt Überzeugungen). Grundlage für diese Prozesse stellen die Bedürfnisse einer Person dar (Petersen et al., 2000, S. 239). Dabei kann zunächst eine grobe Einteilung zwischen den physischen und psychischen Bedürfnissen vorgenommen werden. Physische Bedürfnisse drehen sich in erster Linie um den Erhalt der eigenen körperlichen Unversehrtheit und werden in die Kategorie der homöostatischen Triebe (Schmithüsen, 2015, S. 232) eingeordnet.[39]

Dem gegenüber stehen psychische Bedürfnisse[40]. Über die Definition von psychischen Bedürfnissen und darüber, welche darunterfallen, besteht kein allgemeiner Konsens (Götz, 2017, S. 96). Es zeigt sich, dass Autor:innen durchaus einen großen Überlapp besitzen, gerade wenn es sich um die Beschreibung von psychischen Grundbedürfnissen handelt. So wird das Bedürfnis nach sozialer Sicherheit mit unterschiedlichen Begriffen wie Bedürfnis nach Wärme, Akzeptanz, Verbundenheit, Zugehörigkeit oder Liebe beschrieben.[41] Unabhängig davon, welche Begriffe für Bedürfnisse verwendet werden, ist ihnen gemein, dass sie die Basis für die Motivation von Menschen zum (Nicht-)Handeln darstellen.

Dabei spielen die Bedürfnisse nach Konsistenz und nach Selbstwerterhöhung bzw. -schutz in der motivationstheoretischen Forschung eine zentrale Rolle (Petersen et al., 2000, S. 239). So zeigt sich, dass Personen Informationen über diese beiden Motive

[39] In die Kategorie der physischen Bedürfnisse kann auch der Sexualtrieb eingeordnet werden. Er wird jedoch den nicht-homöostatischen Trieben zugeordnet, da er zwar notwendig für den Erhalt der Spezies ist, jedoch nicht unmittelbar für das Individuum selbst.

[40] Bei genauerer Betrachtung zeigt sich, dass eine klare Trennung aus der Sicht des Subjekts nicht immer möglich ist. So kann das Schutzbedürfnis beispielsweise beiden Dimensionen zugeordnet werden und ist bereits Säuglingen zu eigen (Dweck, 2017, S. 691).

[41] Auflistung nach Autoren siehe (Dweck, 2017, S. 691).

bevorzugt verarbeiten.[42] Empfindet eine Person Bedürfnisse als nicht befriedigt, entsteht eine Art Potentialdifferenz zwischen dem Ist-Zustand und dem gewünschten Ziel-Zustand. Wird dieses Gefälle in ein zielgerichtetes Verhalten überführt, so wird die freigesetzte Handlungsenergie als (psychische) Motivation beschrieben (Fischer et al., 2021, S. 4).

Prozessmodell der Motivation

Motivation bedingt sich durch zwei Faktoren. Zum einen gibt es die Situation, die einer Person „Gelegenheit und Anreiz“ geben kann, eine Handlung zu initiieren oder zu inhibieren. Seit einigen Jahren werden diese kontextbezogenen Variablen auch in der Mindset-Forschung aufgegriffen (vgl. Hecht et al. (2021) „Mindset x Context“). Die vorliegende Arbeit konzentriert sich im Folgenden auf den zweiten Faktor, nämlich die Person selbst mit ihren „Bedürfnissen, Motiven und Zielen“, die allesamt die Bildung von Überzeugungen bedingen und wiederum durch diese beeinflusst werden.[43]

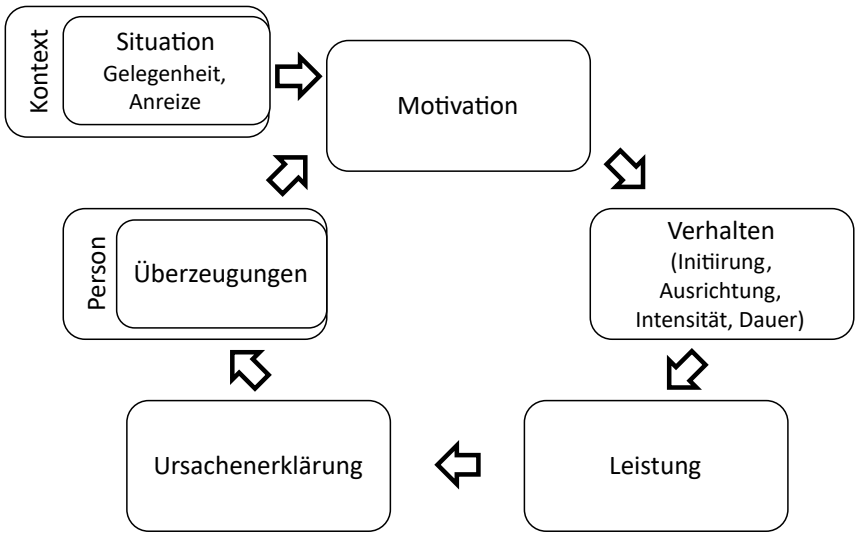


Abbildung 4.1.: Motivationsprozess als Rückkopplungsschleife,
angepasst nach (Bak, 2019, S. 62) und (Fischer et al., 2021, S. 9)

Nach dem erweiterten Prozessmodell wirken Kontext und Situation sowie die Person und ihre Überzeugungen gemeinsam auf die Entstehung der Motivation,

[42] Im Verlauf dieses Kapitels wird und wurde insbesondere das Streben nach einem Schutz des Selbstwerts immer wieder aufgegriffen, da es Dreh- und Angelpunkt der Grundmotivation für die „Theorien zur Intelligenz“ darstellt.
[43] Zu diesem Absatz vgl. Bak, 2019, S. 62.

wodurch ein zielgerichtetes Verhalten aufgebaut wird (siehe Abbildung 4.1). Dabei äußert sich der Grad der Motivation sowohl im Einleiten (oder Unterbinden) einer Handlung als auch in der „Ausrichtung, Intensität und Dauer“ (Fischer et al., 2021, S. 6). Wie im Abschnitt »Lernerfolg«, S. 48 dargestellt, ist die Voraussetzung für erfolgreiches Lernen nur dann gegeben, wenn ein gewisser Ressourceneinsatz erfolgt. Erst durch die Bereitschaft für den Einsatz geeigneter Strategien („Ausrichtung“), Anstrengung („Intensität“) und Zeiteinsatz („Dauer“) kann ein vertieftes Verständnis im jeweiligen Fachgebiet erwirkt und entsprechende Leistung erbracht werden (ebd.).

Der Schritt der Ursachenerklärung stellt im Hinblick auf die Mindset-Theorie den Kernaspekt des Prozessmodells dar. Dieser erzeugt einen Rückkopplungszyklus, so dass sich Entstehung und Folgen der Motivation gegenseitig bedingen. Somit wird Motivation nicht nur Ursache von Leistungen. Vielmehr kann das Leistungsergebnis selbst wieder die Motivation beeinflussen – vermittelt über Ursachenerklärung und Überzeugungen einer Person.

Ein Leistungsergebnis kann sehr unterschiedlich erklärt werden: würde eine gute Note statt auf Anstrengung beispielsweise auf leichte Aufgaben zurückgeführt – als glücklichen äußeren Umstand – wird eine Person wohl anders auf das Ergebnis reagieren, als wenn sie viel dafür gelernt hätte (vgl. Abschnitt »Kausalattribution«, S. 43). Im letzteren Falle könnte die Überzeugung, dass sich Arbeitseinsatz für gute Ergebnisse lohnt, bestärkt werden, was damit auch die Motivation für dieses Verhalten in der Zukunft erhöht (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 82).

Phasenmodell der Motivation

Motivationsprozesse spielen eine entscheidende Rolle zu jedem Zeitpunkt des Lern- und Leistungsprozesses (Siegler et al., 2016, S. 295). Sie gelten daher „neben den kognitiven Lernvoraussetzungen [...] als wesentliche Determinanten der Qualität von Lernhandlungen und schulischen [bzw. allg. akademischen] Leistungen“ (Urhahne et al., 2019, S. 209). So zeigt sich, dass motiviertere Lernende bereits im schulischen Bereich effektivere Lernstrategien nutzen, weniger Prokrastinieren (vgl. S. 42) und ausdauernder bei Schwierigkeiten reagieren (ebd.). In diesem Abschnitt sollen vor allem mögliche Einwirkungen der Überzeugungen im Sinne des Mindsets in den verschiedenen Phasen des Motivationsmodells dargestellt werden, um daran die lernförderlichen oder lernhinderlichen Reaktionen zu illustrieren.

Ein weiteres etabliertes Modell, um sich dem aktuellen Verständnis von Motivation anzunähern, ist das Rubikon-Modell von Heckhausen et al.[44] In diesem wird die Handlung von Personen in verschiedene Handlungsphasen aufgeteilt. Der Begriff des Rubikon beschreibt in diesem Zusammenhang den Übergang von der Überlegung zum Handeln. Ist der sprichwörtliche Rubikon überschritten, gibt es keinen Weg mehr zurück.[45] In diesem Modell steht die Betrachtung der zeitlichen Abfolge der Motivationsschritte in vier Phasen im Zentrum: Prädezisionale Phase (*Abwägungsphase*), Präaktionale Phase (*Planungsphase*), Aktionale Phase (*Handlungsphase*) und Postaktionale Phase (*Bewertungsphase*) (Götz, 2017, S. 82).

In der Abwägungsphase kommen bereits die verinnerlichten Überzeugungen zum Tragen, die bewerten, wie positiv bzw. negativ sich Handlung und Erreichen bzw. Verfehlen des Zieles für das Individuum auswirken können. Dabei wird auch abgewägt, wie wahrscheinlich ein Erreichen des angestrebten Zustandes ist (Erwartungskomponente). Die prädezisionale und präaktionale Phase spiegeln also den Verarbeitungsprozess von äußeren (Situation) und inneren (Person) Umständen wider. Erst wenn unter Berücksichtigung *aller* Aspekte eine ausreichend positive Bilanz erreicht wird, kann ein Handlungsziel aufgebaut und ein Verhalten in der sich anschließenden aktionalen Phase ausgeführt (unterbunden) werden.[46] Auch in diesem Modell besteht der letzte Schritt analog zum Prozessmodell in der Bewertung der Handlung im Hinblick auf den Verlauf und das Ergebnis. Zentral stellt sich hierbei die Betrachtung der „wahrgenommenen Ursachen für vergangene Erfolge bzw. Misserfolge“ dar (Fischer et al., 2021, S. 10). Die daraus gezogenen Konsequenzen bestimmen wiederum „zukünftiges Handeln“.[47] Durch diesen stetigen Rückkopplungsprozess stellen Motivation, Emotion und Selbstregulation nicht nur „Bedingung von Lernleistung“ dar, sondern sind ebenso Folge des Lernens (Götz, 2017, S. 194). Götz spricht in diesem Zusammenhang daher auch von „reziproker Kausalität“ (ebd.).

[44] Für den folgenden Abschnitt vgl. Götz, 2017, S. 82; Urhahne et al., 2019, S. 208ff. und Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 346.

[45] Nach längerem Abwägen überschritt Julius Caesar 49 v. Chr. den Fluss Rubikon mit seinen Truppen, was unvermeidlich den Krieg mit Pompeius und den Ausbruch des römischen Bürgerkrieges zur Folge hatte.

[46] Eine Handlung kann jedoch auch noch in dieser Phase wieder abgebrochen werden, wenn neue innere oder äußere Umstände dies bedingen würden, wenn eine lern-motivierte Person z.B. mit einem klingelnden Telefon oder akutem Harndrang konfrontiert werden würde (vgl. Götz, 2017, S. 155).

[47] Zu diesem Abschnitt vgl. auch Götz, 2017, S. 83 ff.

4.3.3 Motivation im Lernprozess

Wie in den vorangegangenen Abschnitten dargelegt, sind Lernzuwachs und hohe Leistungsgüte die Folgen des richtigen Verhältnisses aus angemessener Anstrengung und geeignetem Strategieeinsatz. Lernförderliche Überzeugungen sind daher jene, die ein solches Verhalten (Einsatzbereitschaft und Strategien/Strategiewechsel) bedingen. Motivierte Lernende „nutzen effektivere Lernstrategien, neigen weniger zum Aufschieben und sind ausdauernder bei aufkommenden Schwierigkeiten“ (Urhahne et al., 2019, S. 209).

Das Mindset als Überzeugung von Lernenden wirkt in jeder Phase der Motivation und hält den Interpretationsrahmen für lernförderliche oder -hinderliche Handlungsentscheidungen bereit. Dabei kommt der Unterschied zwischen einem Fixed und einem Growth Mindset zumeist erst in herausfordernden Situationen zum Tragen, in denen Lernende mit Rückschlägen und negativ empfundenen Feedback konfrontiert sind (Dweck und Yeager, 2019, S. 482; Hong et al., 1999, S. 596).

Erfolgserlebnisse motivieren und erhöhen das Selbstwertgefühl und die Selbstwirksamkeitserwartung, also die Erwartung auch in der nächsten ähnlichen Anforderungssituation gleichsam erfolgreich agieren zu können (Greve, 2000, S. 42, S. 108). Es zeigt sich, dass Lernende mit einer hohen Erfolgserwartung nach Rückschlägen dennoch einen Einbruch in ihrer Leistung erleiden können, wenn sie ihren vorangegangenen Erfolg auf ihre als unveränderbar wahrgenommenen Fähigkeiten („ability“) statt auf ihre Motivation bzw. ihren beeinflussbaren Einsatz („effort“) attribuieren (Dweck, 1975, S. 683). Demgegenüber können „Misserfolgserlebnisse und negative Rückmeldungen“ direkt zu einer Senkung des Selbstkonzeptes der Selbstwirksamkeitserwartung führen (Urhahne et al., 2019, S. 575). Gerade in den beiden letztgenannten Fällen wird die betroffene Person wahrscheinlich in Folge sogenannte „Bewältigungsstrategien“ einsetzen, um ihren Selbstwert und ihre Kontrollwahrnehmung zu schützen (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 505; vgl. Abschnitt »Überzeugungen«, S. 38). Diese lassen sich nach Heckhausen in vier Strategieklassen einteilen (ebd.): Problemlösung, Unterstützungssuche, Flucht/Ausweichen und Ablenkung.

Es zeigt sich, dass die Mindset-Forschung eben genau jene Strategieklassen als entscheidend für die beiden Mindset-Pole identifiziert (Dweck und Sorich, 1999, S. 249). Die extensive Forschung von Dweck und Kolleg:innen nimmt im Allgemeinen eine Zuordnung der ersten beiden konstruktiven und lernförderlichen Strategieklassen (Problemlösung, Unterstützungssuche) zum Growth Mindset vor, während nach

der Beschreibung der Forscher:innen die beiden letzteren mal-adaptiven[48] Klassen (Flucht/Ausweichen, Ablenkung) vorzugsweise von Personen mit einem Fixed Mindset eingesetzt werden (ebd.; Nussbaum und Dweck, 2008; Yeager und Dweck, 2020; u.a.).

Somit legt die Mindset-Forschung der letzten Jahrzehnte nahe, dass sich Lernende mit einem Growth Mindset auch angesichts von Schwierigkeiten weiterentwickeln und aufblühen können; während Lernende mit einem Fixed Mindset eher vor herausfordernden Situationen zurückweichen und ihr Potential somit nicht entfalten können (Yeager und Dweck, 2020, S. 1270).

Konsequenzen für den Lernprozess

Zur Verdeutlichung der Zusammenhänge und Wechselwirkungen von Motivation und Lernen werden im Folgenden die von Götz (2017, S. 82) aufgestellten „Konsequenzen von Motivation für den Lernprozess“ in Relation zu den Befunden der Mindset-Forschung gestellt. Dabei wird jeweils eine der von Götz (ebd.) genannten förderlichen „Konsequenzen von Motivation für den Lernprozess“ um die exemplarische Darstellung der Mindset-Forschung ergänzt:

„Initiierung von Handlungen, die zum Lern- bzw. Leistungsziel passen“

In der ersten Phase des Rubikonmodells wägt eine Person ab, ob eine Handlung eingeleitet oder inhibiert werden soll (vgl. S. 53). Lernende mit einem Fixed Mindset neigen dazu einen hohen Anstrengungseinsatz mit einem Mangel an Intelligenz und Begabung zu assozieren (Yeager und Dweck, 2020, S. 1272). Somit erscheint ein Ressourceneinsatz weniger attraktiv für Lernende mit dieser Überzeugung (Spinath und Freiberger, 2011, S. 8). Im Extremfall kann es sogar dazu kommen, dass der Lernprozess zwar selbstwertdienlich aber lernhinderlich *bis zur letzten Minute* aufgeschoben wird (vgl. »Prokrastination«, S. 42). Dagegen zeigen Personen mit einem Growth Mindset angesichts von herausfordernden Aufgabenstellungen eine höhere Einsatzbereitschaft und effektivere Problemlösestrategien (Robins und Pals, 2002, S. 314) als Personen mit einem Fixed Mindset und sind somit besser in der Lage, geeignete Lernhandlungen zu initiieren.

[48] Trotz der Wertung, dass dieses Verhalten langfristig zu negativen Konsequenzen führt, zeigt die Resilenzforschung hier auf, dass der kurzfristige Einsatz dieser Strategien auch eine Schutzwirkung entfalten kann (Mauss und Troy, 2023; vgl. auch Götz, 2017, S. 58).

„Adäquates Setzen von Subzielen und Planen von Lernhandlungen“

Lernende mit einem Growth Mindset tendieren eher zum Nutzen und Wechseln von effektiveren Lernstrategien, als es Lernende mit einem Fixed Mindset tun (Ehrlinger und Shain, 2014, S. 147). Dabei besitzen sie die Bereitschaft, auch elaborierte Techniken und Konzeptorganisation anzuwenden (ebd.). Daher ist anzunehmen, dass Personen mit einem Growth Mindset auch eher bereit sind, Planungsstrategien einzusetzen, wenn ihnen diese bekannt sind bzw. zur Verfügung stehen.

„Herstellung günstiger Bedingungen und Ressourcen für die Ausführung von Lernhandlungen (z.B. Anfordern von Hilfe)“

Personen mit einem Fixed Mindset stimmen Aussagen wie der folgenden zu: „Eines meiner Hauptziele für das restliche Schuljahr besteht darin, im Unterricht nicht dumm zu wirken.“[49] Somit fällt es Lernenden mit dieser Einstellung schwerer, (Rück-)Fragen zu stellen und geeignete Hilfsangebote in Anspruch zu nehmen, insbesondere wenn dies voraussetzt, dass bestehende Unzulänglichkeiten hierfür anderen offenbart oder auch nur sich selbst eingestanden werden müssten (Hong et al., 1999, S. 596; Nussbaum und Dweck, 2008, S. 605).

„Wahl von optimal herausfordernden Schwierigkeitsgraden, die einen optimalen Lernzuwachs sichern (weder unter- noch stark überfordernd)“

Personen mit einem Fixed Mindset fürchten sich eher vor einem Misserfolg, da dies aus ihrer Sicht „Rückschlüsse auf die eigenen Fähigkeiten“ zulässt. Daher wählen sie entweder zu leichte Aufgaben (Nicholls, 1984, S. 334; Hong et al., 1999, S. 596) und somit eine hohe Erfolgswahrscheinlichkeit – jedoch mit wenig Möglichkeit zur Weiterentwicklung – oder zu schwere Aufgaben, die keine direkten Rückschlüsse auf Fähigkeiten erlauben, da an diesen „die meisten Personen scheitern“ (Götz, 2017, S. 97). Dies führt dazu, dass der Lernzuwachs nicht entsprechend der eigentlichen Möglichkeiten stattfindet. Zudem fehlt so die Rückmeldung für die Person, wo sie im Lernprozess steht. Hierin liegt eine der Hauptursachen dafür, dass fixed-minded Lernende stärker zu einer Fehlein- bzw. Überschätzung der eigenen Fähigkeiten neigen („overconfidence“ vgl. Ehrlinger und Shain, 2014, S. 147 und Ehrlinger et al., 2016, S. 94).

[49] Performance-avoidance goals: ‚One of my main goals for the rest of the school year is to avoid looking dumb in my classes.‘ in Yeager und Dweck, 2020, S. 1275; vgl. auch S. 63 – Fußnote Nr. 7.

„Geringes Aufschiebeverhalten“

Personen mit einem Fixed Mindset sind anfälliger für die Strategie des Self-Handicappings (Spinath und Freiberger, 2011, S. 107), wozu auch das Prokastinieren (Aufschieben) von bspw. Lernaktivitäten gehört. Dies bedingt sich durch maladaptive Reaktionen auf (antizipierte) Misserfolge, die stärker mit der Performanzzielorientierung[50] des Fixed Mindset in Verbindung gebracht wird (Payne et al., 2007, S. 129). Durch den kurzfristigen Gewinn an Kontrolle und Selbstwerterhalt verlieren diese Lernende jedoch langfristig häufig den Anschluss und erhalten in Folge schlechtere Zensuren (Zuckerman et al., 1998, S. 1625 in Dweck, 1999, S. 41).

„Adäquates Ausmaß an Anstrengungen“

Personen mit einem Fixed Mindset stimmen Aussagen des Mindset-Meaning-Systems zu wie: „Wenn man sich sehr anstrengen muss in einem Fach, dann bedeutet das, dass man nicht wirklich gut darin ist.“[51]. Daher neigen Lernende mit Überzeugungen wie dieser eher dazu, keine hohe Einsatzbereitschaft an den Tag zu legen. Das ist insbesondere der Fall, wenn Eigenschaften, wie ihre Intelligenz, die von ihnen als unveränderbar eingeschätzt werden, durch herausfordernde Umstände auf dem Prüfstand stehen (Dweck und Sorich, 1999, S. 249).

„Ausdauer, insbesondere bei auftretenden Schwierigkeiten (Persistenz)“

Lernende mit einem Growth Mindset zeigen angesichts von Schwierigkeiten und Rückschlägen ein höheres Durchhaltevermögen als solche mit einem Fixed Mindset (Dweck und Leggett, 1988, S. 256; Zhu et al., 2019, S. 1). Darüber hinaus sind Personen mit einem Growth Mindset eher bereit, sich für herausfordernde Aufgaben zu entscheiden, wenn sie die Wahl erhalten (Yeager und Dweck, 2020, S. 1276; Hong et al., 1999, S. 596). Das ist auch der Fall, wenn dieses Growth Mindset durch eine Intervention *induziert*[52] wurde (Rege et al., 2021, S. 755 ff.; Blackwell et al., 2007, S. 258).

[50] Vgl. Abschnitt »Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit«, S. 63.

[51] „Effort beliefs: ‚When you have to try really hard in a subject in school, it means you can't be good at that subject;‘“ in Yeager und Dweck, 2020, S. 1275.

[52] Mindset-Interventionen beeinflussen die Intelligenzüberzeugungen von den Teilnehmenden häufig in die lernförderliche Richtung des Growth Mindsets (vgl. Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung«, S. 68).

„Hohe Qualität der Lernanstrengungen im Sinne des Einsatzes effektiver Lernstrategien (insbesondere verständnis-/tiefenorientierte Lernstrategien) und angemessener Selbstregulation (Monitoring bzw. ‚Überwachung' des Lernens, Anpassung der Strategien beim Auftreten von Schwierigkeiten)"

Lernende mit einem Growth Mindset berichteten häufiger über den Einsatz von metakognitiven Strategien, um ihren Lernprozess zu überwachen und zu steuern (Ehrlinger und Shain, 2014, S. 147). Durch konstruktive Selbstbefragung neigen diese Lernenden weniger zu Fehleinschätzung (Überschätzung) ihres eigentlichen Leistungsstandes (ebd.). Der Einsatz von modernen nicht-invasiven, bildgebenden Verfahren für Hirnaktivitäten wie dem fMRT[53] und EEG[54] (vgl. Abschnitt »Neurobiologische Belege«, S. 73) ermöglicht, sichtbar zu machen, wie im Gehirn von Lernenden mit einem Growth Mindset eine tiefere semantische Verarbeitung von lernrelevanten Informationen stattfindet (Mangels et al., 2006, S. 82), was ihnen ermöglicht, besser aus gemachten Fehlern zu lernen (Moser et al., 2011, S. 1489).

„Wenig handlungsirrelevante Kognitionen (z.B. Besorgnisgedanken)"

Lernende mit einem Fixed Mindset neigen mehr zum Ruminieren: einem ergebnislosen und wiederholten Nachdenken über dieselben Dinge, insbesondere im Hinblick auf die Ursachen für Rückschläge bzw. Scheitern (Diener und Dweck, 1978, S. 460). Sie berichten zudem davon, sich vorzuwerfen, nicht intelligent genug zu sein (Schroder et al., 2017, S. 43) oder mangelnde Problemlösefähigkeiten und ein schlechtes Gedächtnis zu haben (Dweck und Leggett, 1988, S. 258). Diese handlungsirreleventen Kognitionen über die Situation können ihrerseits wieder verhindern, dass eine Person in der Lage ist, sich auf eine neue Aufgabe zu konzentrieren (Heckhausen und Heckhausen, 2018b, S. 549), so dass sich hierüber auch ein anschließendes schlechteres Abschneiden in Testsituationen[55] erklären lässt. Dies kann als eine Form der sogenannten „selbsterfüllenden Prophezeiung" eingeordnet werden (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 71). Diese kann durch ein „Es-bringt-doch-eh-nichts-mehr-Erleben" Passivität und Niedergeschlagenheit bewirken als Form der erlernten Hilflosigkeit[56] (Bak, 2019, S. 32)

[53] fMRT: funktionelle Magnetresonanz-Tomographie.
[54] EEG: Elektro-Enzephalogramm.
[55] Vgl. auch „Stereotype Threat" S. 66.
[56] Vgl. Abschnitt »Erlernte Hilflosigkeit«, S. 46.

„Günstige handlungsbegleitende Emotionen (z.B. Lernfreude)“

Lernende mit einem Fixed Mindset neigen eher zu einem negativen Affekt und dem Erleben negativer Emotionen in Leistungssituationen (Schroder et al., 2017, S. 43). Ein Growth Mindset steht eher im Zusammenhang mit einer intrinsischen bzw. internalisierten extrinsischen Motivation, wohingegen ein Fixed Mindset („ego involvement“) diese untergraben kann (Deci und Ryan, 2000, S. 260). In einer Studie von Robins und Pals zeigt sich darüber hinaus ein Abfall des Selbstwertgefühls („self-esteem“) bei Fixed Mindset College-Studierenden, welche über die zugehörige Zielorientierung (vgl. Abschnitt »Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit«) vermittelt wird (Robins und Pals, 2002, S. 313).

„Lernzuwachs und hohe Leistungsgüte“

Die Studienlage zum Zusammenhang von Performanz und Mindset zeigt mit Studien von teilweise mehreren tausenden Teilnehmenden (Schüler:innen) einen messbaren Zusammenhang zwischen der Art des Mindsets und beispielsweise Noten oder der Wahl von fortgeschrittenen Mathematikkursen auf (Yeager und Dweck, 2020, S. 1272 ff.; Blackwell et al., 2007, S. 253; Rege et al., 2021, S. 765). Dabei verweisen diese Studien auf den positiven Zusammenhang mit dem Growth Mindset bzw. mit einem negativen zum Fixed Mindset (ebd.). Insbesondere für Interventionsstudien werden hier neben korrelativen auch kausale Effekte benannt (vgl. Abschnitt »Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens«, S. 64).[57]

[57]Eine Übersicht ist bei Dweck und Yeager, 2019, S. 484/486 zu finden.

5. Forschungsstand

„There is nothing either good or bad, but thinking makes it so.“

Hamlet[1]

5.1 Ideengeschichte und Erkenntnisstufen

Der Vorteil des Rückblicks besteht darin, dass kausale Zusammenhänge und die Entwicklung der Abfolge einer Erkenntnisgewinnung erkannt werden können, die den Beteiligten in den Momenten des Schaffens oft noch verborgen bleiben. Und so lassen sich mit dem Blick aus der heutigen Perspektive auf die gut fünf Jahrzehnte der Mindsetforschung Erkenntnisstufen erkennen. Der Begriff der Stufe beschreibt hier zum einen die Genese neuen Wissens. Zum anderen führten diese Stufen zu einer Änderung der Forschungs-Trajektorie, da die neue Erkenntnis und deren weitere Erforschung damit in den Fokus trat. Die bis dahin getätigte Arbeit wurde dadurch auf eine neue Stufe gehoben, was ermöglichte, weitere Erkenntnisse und Schritte zu generieren.

Anhand dieser umgangssprachlich auch gerne *Aha-Momente* genannten Erkenntnisstufen soll ein Blick auf die getätigte Forschung und die Ideengeschichte rund um die Mindset-Theorie geworfen werden, um damit die Darstellung des aktuellen Forschungsstand vorzubereiten. Schließlich sollen anhand dessen die Desiderate dargestellt werden, um daraus die Forschungsfragen dieser Arbeit abzuleiten und vorzustellen.[2]

[1] Hamlet; Akt 2, Szene 2 – William Shakespeare.

[2] Die Anzahl der Erkenntnisstufen ist gewählt, um einen schematischen Überblick über die Entwicklung der Mindset-Forschung zu geben. Sie soll damit keinen Anspruch auf Vollständigkeit erheben. Für eine detailliertere Beschreibung seien die Bücher „Self-Theories“ Dweck, 1999, „Mindset – the new psychology of success“ Dweck, 2008a sowie die Übersichtsartikel „Mindsets: A View From Two Eras“ Dweck und Yeager, 2019 und „What Can Be Learned From Growth Mindset Controversies?“ Yeager und Dweck, 2020 empfohlen.

5.1.1 Erste Erkenntnisstufe – Attribuierung von Rückschlägen

Personen mit hilflosen Reaktionen unterscheiden sich von Personen mit meisterndem Verhalten durch die Art, wie sie ihre Rückschläge attribuieren.

Die Erkenntnis, dass erlernte Hilflosigkeit induzierbar ist – und zwar nicht nur durch aversive unkonditionierte Reize, sondern auch durch Rückschläge bei kognitiven Aufgaben[3] – veranlasste die Forscherin Dweck vertiefter zu untersuchen, wie Kinder auf Rückschläge reagieren und damit umgehen („coping"). Hierfür konfrontierte sie diese mit z.B. für diese Altersstufe unlösbaren Aufgaben. Dabei konnte sie nicht nur die zu erwartende erlernte Hilflosigkeit bei Kindern beobachten. Ebenso zeigte ein Teil der Kinder ein Verhalten, für das sie den Begriff meisternd verwendet („mastery oriented" vs. „helpless").[4] In ihrem Buch „Mindset" beschreibt sie, wie beeindruckt sie insbesondere von einigen der Kinder war, die ihre Rückschläge in keiner Weise als Versagen wahrnahmen (Dweck, 2008a, S. 3-4). Ganz im Gegenteil begrüßten einige dieser Kinder die Lerngelegenheit und Herausforderung, die sich ihnen durch ihr Scheitern bot[5] (ebd., siehe auch Dweck und Leggett, 1988, S. 258). Hierbei gilt es zu erwähnen, dass in diesen Studien die kognitiven Fähigkeiten der Teilnehmenden als Kontrollfaktor erhoben und berücksichtigt wurden – somit entfallen sie als Begründung für die unterschiedlichen Reaktionsweisen (Dweck und Leggett, 1988, S. 256; Yeager und Dweck, 2020, S. 1271).

Bereits in den frühen Studien während der 1970er zeigte sich, dass sich die unterschiedlichen Reaktionen auf die Art der Attribuierung des Rückschlages zurückführen lassen. So führt das Attribuieren eines Scheiterns auf einen Mangel ihrer Fähigkeit („ability") eher zu einem hilflosen Verhalten (Diener und Dweck, 1978, S. 451). Währenddessen zeigen Kinder, die ihren Rückschlag auf einen Mangel an Einsatz/Anstrengung („effort") zurückführen, keine Einbußen in ihrer Leistung oder konnten sich nach einem Attribuierungs-Training („Attribution Retraining Treatment") sogar noch steigern (ebd.; Dweck, 1975, S. 683). Bereits zu diesem Zeitpunkt zeigt sich die Tendenz des Forschungszweiges, nicht nur Ursachen von (lern-)hinderlichem Verhalten zu ergründen, sondern aktiv in Richtung eines konstruktiven Umgangs mit Rückschlägen zu wirken.

[3] Vgl. Abschnitt »Erlernte Hilflosigkeit«, S. 46.
[4] Zu diesem Abschnitt vgl. Diener und Dweck, 1978, S. 451 ff. und Dweck und Reppucci, 1973, S. 109.
[5] „I love a challenge!"; „You know, I was hoping this would be informative."

5.1.2 Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit

Eigenschaften wie Intelligenz („intelligence“) und Fähigkeit („ability“) werden von Personen unterschiedlich interpretiert: Ein Teil glaubt, dass diese Eigenschaften ausgebaut werden können. Ein anderer Teil glaubt, dass diese angeboren und unveränderbar sind.[6]

In den 1980er Jahren wurde der Blick von den beiden Reaktionen („mastery oriented“ vs. „helpless“) und die zugrundeliegendenden Mechanismen nun auf die Zielsetzung („achievement goals”) der untersuchten Personen gelegt (Grant und Dweck, 2003, S. 552; Elliott und Dweck, 1988, S. 5 ff.). Personen können in Bezug auf eine Lernsituation entweder eine Leistungszielorientierung („performance goal orientation“) oder eine Lernzielorientierung („learning goal orientation“) aufweisen.[7] Bei der Lernzielorientierung stehen Fortschritte beim Lernen und Wissenszuwachs im Zentrum. Bei der Leistungszielorientierung steht die Demonstration der eigenen Kompetenzen im Fokus des Handelns – häufig im Vergleich zu einer anderen Person (Wild und Möller, 2020, S. 171). Diese letztgenannte Zielorientierung lässt sich ihrerseits wiederum in Annäherungsleistungsziele und Vermeidungsleistungsziele unterteilen (ebd.). Hier hängt es stark davon ab, wie hoch die betreffende Person ihre Chancen einschätzt, Erfolg beim Aufzeigen von hohen Kompetenzen zu haben. So wird in der Abwägungsphase (vgl. S. 53) entschieden, welches Verhalten in der aktuellen Situation selbstwertdienlicher ist: (1) hohe Kompetenzen zu zeigen (Annäherungsleistungsziel) oder (2) zu vermeiden (Vermeidungsleistungsziel) ein niedriges Kompetenzniveau zu erkennen zu geben (Nicholls, 1984, S. 332).

Die Forschungen von Bandura und Dweck (1983 und 1985) zeigten, dass Personen mit einer Lernzielorientierung häufiger eine inkrementelle Überzeugung („incremental Theorie“) zur Intelligenz besitzen, was in Anschlussstudien bestätigt werden konnte (Dweck und Leggett, 1988, S. 263).[8] Inkrementell bedeutet in diesem Zusammenhang, dass die Lernenden davon ausgehen, dass ihre Intelligenz eine Eigenschaft ist, die durch intellektuellen Einsatz („intellectual efforts“) in kleinen Schritten immer

[6] „[. . .]we suddenly realized that the ‚ability‘ that people wish to prove had a different feel to it than the ‚ability‘ that people wish to improve (Dweck und Yeager, 2019, S. 483).

[7] Nicholls benannte zudem im Jahr 1984 Arbeitsvermeidungs-Zielorientierung („performance-avoidance goals“) als weitere Kategorie, die jedoch im weiteren Verlauf dieser Arbeit nicht weiter aufgegriffen wird. Siehe auch Götz, 2017, S. 107 bzw. Sparfeldt et al., 2007, S. 165.

[8] Für diesen Abschnitt vgl. Bandura und Dweck, 1985 in Dweck und Sorich, 1999, S. 238, sowie Bandura, 1983 in Dweck und Yeager, 2019, S. 483.

weiter ausgebaut werden kann. Demgegenüber zeigten sie für leistungszielorientierte Personen, dass diese häufiger über eine Entitäts-Überzeugung („entity theory“) verfügen. Entität beschreibt hierbei den Abgeschlossenheits-Charakter, da diese Personen glauben, dass Intelligenz eine tiefverwurzelte persönliche Eigenschaft ist, die nicht änderbar ist. Personen sind sich ihrer Überzeugungen, unabhängig von deren Ausrichtung, meist nicht bewusst (Dweck und Yeager, 2019, S. 483). Daher wählten Dweck und Kolleg:innen den Begriff der impliziten Überzeugungen zur Intelligenz („implicit theories of intelligence“ – ebd.). Dennoch beeinflussen sie Menschen in den verschieden Motivationsphasen[9] und Entscheidungsprozessen[10] mit positiven wie negativen Konsequenzen: wenn eine erstrebenswerte Eigenschaft, wie Intelligenz, nun als nicht beeinflussbar wahrgenommen wird, bleibt der Person als Ziel nur noch „die vorhandenen Fähigkeiten möglichst gut zur Geltung zu bringen oder aber nicht vorhandene Fähigkeiten zu verbergen” (Spinath und Freiberger, 2011, S. 106). So zeigte sich in verschiedenen Studien, dass Personen mit einer Leistungszielorientierung bzw. Entitäts-Überzeugung eben wieder stärker hilflos reagierten, als diejenigen mit einer Lernzielorientierung, wenn beide Gruppen mit Rückschlägen konfrontiert wurden (Dweck und Leggett, 1988, S. 263 ff.). Gleichzeitig konnte die These bestätigt werden, dass Lernende mit einer inkrementellen Überzeugung eher dazu neigen, herausfordernde Aufgaben aufzusuchen und mehr Durchhaltevermögen angesichts von Rückschlägen und Schwierigkeiten zeigen (Hong et al., 1999, S. 596; Dweck und Leggett, 1988, S. 257).

5.1.3 Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens

Durch die Art des Feedbacks[11] kann hilfloses bzw. meisterndes Verhalten induziert werden.

In einer Reihe von Studien bei Schüler:innen der fünften Jahrgangsstufe konnten Dweck und Mueller (1998) die Effekte von prozess- und personenbezogenem Feedback zeigen.[12] Hierfür wurden alle Teilnehmenden zunächst für ihr gutes Abschneiden in der ersten Aufgabe gelobt, unabhängig von ihrer eigentlichen Leistung. Hierbei bekam ein Teil der Gruppe ein prozessbezogenes Lob, welches den Einsatzeifer hervorhob

[9] Vgl. Abschnitt: »Phasenmodell der Motivation«.
[10] Vgl. Abschnitt: »Funktionen von Überzeugungen«.
[11] Das Feedback bestand in Form von Lob für fixe persönliche Eigenschaften versus Lob für kontrollierbares Verhalten vgl. (Mueller und Dweck, 1998, S. 36).
[12] Für diesen Abschnitt siehe Mueller und Dweck, 1998, S. 33-52.

(„You must have worked hard at these problems.“). Ein anderer Teil erhielt ein personenbezogenes Lob, welches (*fixe*) kognitive Fähigkeiten der Person würdigte („You must be smart at these problems.“). Die Kontrollgruppe erhielt Feedback ohne weitere attributionale Komponenten (Mueller und Dweck, 1998, S. 35). Nach den vorhergehenden Ausführungen zeigte die Gruppe mit dem personenbezogenen Lob erwartungsgemäß höhere Ausprägungen in Leistungszielorientierung, Attribuierung von Schwierigkeiten auf mangelnde Fähigkeiten und beeinträchtigte Leistung als hilflose Reaktionen auf Misserfolg (Mueller und Dweck (1998) in Dweck und Yeager, 2019, S. 484). Damit konnte aufgezeigt werden, dass ein Fixed Mindset induzierbar ist. In einer Anschlussstudie von Kamins und Dweck (1999) konnten diese Befunde bei jüngeren Kindern (5 bis 6 Jahre) bestätigt werden.

Hong et al. und Kolleg:innen führten ebenfalls im Jahr 1999 Studien durch, um die Beeinflussbarkeit von Überzeugungen zur Intelligenz („theories of intelligence“) zu untersuchen. Diese bestätigten, dass die Art der Überzeugung (inkrementelle vs. Entitäts-Überzeugung) einen Interpretationsrahmen („meaning system“) schaffen, in dem Attribuierungen von Rückschlägen stattfinden – je nach Überzeugung in Richtung mangelnder Anstrengung („effort“) bzw. mangelnder fixer Intelligenz (Hong et al., 1999, S. 592). Interessanterweise legen die Autor:innen nahe, dass hohes Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten keine schützende Wirkung vor hilflosen Reaktionen bei der Gruppe der Entitäts-Überzeugten hat. Hong und Kolleg:innen begründen diesen Fund damit, dass hohes Vertrauen dann eine Vorhersage über zukünftige Leistung liefert, wenn die (Test-) Variablen relativ stabil bleiben. Ändert sich jedoch die Umgebung und damit die Anforderungen an Lernende, zeigen sich keine Korrelationen mehr zu diesem Zusammenhang – jedoch immer noch zu den Überzeugungen zur Intelligenz (Hong et al., 1999, S.593).

Um einen kausalen Zusammenhang zu den Reaktionen auf Rückschläge herzustellen, manipulierten die Autor:innen in einer weiteren Teilstudie die Überzeugungen zur Intelligenz der Teilnehmenden (vgl. Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung«, S. 68). Sie konnten hiermit zeigen, dass auch bei einer induzierten Entitäts-Überzeugung die Wahrscheinlichkeit nach einem Rückschlag sank, einen Förderkurs in Anspruch zu nehmen (Hong et al., 1999, S.594). Sie verwendeten dabei zum ersten Mal in einer veröffentlichten Studie[13] die Methode angepasster wissenschaftlicher Informationen über die Un-/Veränderbarkeit von Intelligenz, die ebenfalls Anwendung in vielen weiteren Interventionsstudien zum Mindset Einsatz gefunden hat, so auch in der

[13] Bergen hatte bereits 1991 Lernende erfolgreich in Studien seiner unveröffentlichten Dissertation mit dieser Methode beeinflusst (vgl. Hong et al., 1999, S. 594).

vorliegenden Arbeit. Sie zeigten weiter, dass dieser Einfluss über die Überzeugung zur Anstrengung („effort beliefs") vermittelt wurde (Hong et al., 1999, S. 596; siehe auch Abschnitt »Domänenspezifität und Anstrengungsüberzeugung«, S. 84).

5.1.4 Vierte Erkenntnisstufe – Mindset-Interventionen können Leistungen verbessern

Informationen über Neuroplastizität und die Veränderbarkeit von Intelligenz können die Leistungen von Lernenden verbessern.

Aronson und Kolleg:innen griffen die Vorgehensweise der wissenschaftlichen Informationen zur Intelligenz in ihrer Studie zur Reduktion von Bedrohung durch Stereotype („stereotype threat")[14] von afroamerikanischen College-Studierenden auf (Aronson et al., 2002, S. 113). Da bei dieser Gruppe von Studierenden Intelligenz das Objekt der Bedrohung durch Stereotype darstellt, suchten die Forschenden, die Studierenden mit einer geeigneten Intervention zu unterstützen (ebd.). Sie konnten zeigen, dass eine Intervention mit insgesamt drei Stunden Länge auch noch neun Wochen später einen positiven Effekt in Bezug auf die Wahrnehmung der Bedrohung durch Stereotype und akademische Leistung aufwies. Letztere verbesserte sich in der Interventionsgruppe sowohl bei den afroamerikanischen als auch bei den weißen Studierenden.[15]

In einer Anschlussstudie von Good, Aronson und Inzlicht (2003) konnten die positiven Befunde der Studie aus dem Vorjahr (2002) mit Siebtklässler:innen bestätigt werden (Good et al., 2003, S. 655 ff.). Hierbei profitierten insbesondere weibliche Jugendliche im Fach Mathematik von der Intervention, die in Richtung einer inkrementellen Überzeugung bzw. einer Reattriburierung wirkte. Die Autor:innen erklären dies durch die Bedrohung der Stereotype von Schülerinnen im Fach Mathematik (ebd. S. 656). Zudem verbesserten sich auch die Lesefähigkeit der mehrheitlich afroamerikanischen bzw. lateinamerikanisch-stämmigen Schüler:innen, die durch den zusätzlich schwachen sozioökonomischer Hintergrund potentiell anfällig für die Erfahrung von Bedrohung durch Stereotype waren (ebd., S. 658). Die beiden genannten Interventionen arbeiteten bereits mit zwei Techniken, die in den folgenden zwei Jahrzehnten

[14] Ein Stereotyp stellt ein Vorurteil in Bezug auf eine ganze Gruppe dar und kann positive (*Mädchen sind braver als Jungen.*) wie negative (*Mädchen sind schlechter in Mathe als Jungen.*) Konnotationen aufweisen. Eine Bedrohung durch Stereotype entsteht, wenn eine Person besorgt ist, dass sie und ihr Verhalten auf Grundlage eines negativen Vorurteils bewertet wird (Myers, 2014, S. 434). Häufig führt genau diese Angst und gedankliche Beschäftigung zu einem schlechteren Abschneiden in Leistungstests (ebd.). Vgl. auch „Ruminieren" S. 58.

[15] Für diesen Abschnitt vgl. Aronson et al., 2002, S. 120 ff.

der Mindset-Interventions-Forschung immer wieder aufgegriffen wurden. Zum einen der Analogie des Muskels: je mehr der Verstand trainiert wird, umso stärker/besser wird er.[16] Zum anderen benutzten sie den „saying-is-believing"-Effekt[17], welcher auf die Arbeit von Higgins und Rholes (1978) zurückgeht.[18] Dieser besagt, dass Proband:innen eine Interventionsbotschaft stärker internalisieren, wenn sie diese mit ihren eigenen Worten wiedergeben (Harackiewicz und Priniski, 2018, S. 417).

Blackwell und Kolleg:innen konnten im Jahr 2007 zum ersten Mal mit einer Mindset-Interventionsstudie positive Langzeitfolgen für Schüler:innen der siebten bzw. achten Jahrgangsstufe über einen Zeitraum von anderthalb Jahren für die Entwicklung der Mathematik-Zensuren aufzeigen (Blackwell et al., 2007, S. 251). In ihrer ersten Studie verfolgten diese die Leistungs-Trajektorie der Schüler:innen zu vier Zeitpunkten – zu Beginn der siebten Jahrgangsstufe bis zur Mitte der achten Jahrgangsstufe. Der gefundene positive Zusammenhang ist jedoch als Korrelation und nicht als ursächlich anzusehen. So argumentieren Gonida und Kolleg:innen, dass schulische Leistungen die Überzeugungen beeinflussen und nicht umgekehrt (Gonida et al., 2006, S. 235). Dem stehen die Ergebnisse der zweiten Studie entgegen. In dieser nahmen Schüler:innen in acht Sitzungen an einer Mindset-Intervention teil, die inhaltlich sowohl Neuroplastizität (vgl. S. 76) als auch Lerntechniken aufgriff. Die Kontrollgruppe erhielt dieselbe Anzahl an Sitzungen, jedoch nur mit Lerntechniken ohne Aufgreifen der inkrementellen Überzeugungen („You Can Grow Your Intelligence" – Blackwell et al., 2007, S. 255).[19] Die beiden Gruppen unterschieden sich nicht signifikant in der Anschlusstestung zu den Inhalten, die bei beiden behandelt wurden, allerdings durchaus im Hinblick auf die Items der Mindset-Intervention. Zudem zeigte sich, dass der übliche Abfall der Leistungen im Fach Mathematik in der Interventionsgruppe abgefangen werden konnte (Blackwell et al., 2007, S. 257-258). Dies war insbesondere der Fall für Schüler:innen, die mit einer Entitäts-Überzeugung (Fixed Mindset) gestartet hatten (ebd.).

[16] „The mind is a muscle; the more you use it, the stronger it grows." (Good et al., 2003, S. 654); vgl. auch „[...]intelligence is not a finite endowment, but rather an expandable capacity that grows – ‚like a muscle' – with mental work." Aronson et al., 2002, S. 117.

[17] Eine Person identifiziert sich mit einer Botschaft, an die sie zunächst nicht geglaubt hat, sie jedoch z.B. im Rollenspiel einnehmen und vertreten muss.

[18] Higgins und Rholes, 1978 in Aronson et al., 2002, S. 116.

[19] Des Weiteren wurden in beiden Gruppen Inhalte zum Gehirn (Struktur und Funktion) sowie Anti-Stereotypisierungs-Einheiten in gleichem Maß behandelt (ebd.).

5.2 Aktuelle Entwicklungen

Wie in den vorangegangenen Abschnitten dargestellt, hat die Mindset-Forschung über die Jahrzehnte eine Entwicklung vollzogen. Begonnen hatte sie mit verständnisorientierter Forschung. Diese hatte zum Ziel, die Ursachen und Mechanismen bei Lernenden zu untersuchen, die mit Schwierigkeiten und Rückschlägen konfrontiert waren. Die Überzeugungen zur Intelligenz („theories of intelligence“) zeigen sich hier als Faktor, der eine Vorhersage über die Reaktionsweise macht (hilfloses vs. meisterndes Verhalten). Da eine hilflose Reaktion offensichtlich zu den mal-adaptiven Formen der Bewältigungsstrategien gehört, rückt die Beeinflussbarkeit der Überzeugungen zur Intelligenz in den Fokus der sich anschließenden Forschung. Diese wurde schließlich in den Zweig der Mindset-Interventions-Forschung überführt.

5.2.1 Mindset-Interventions-Forschung

Die bisher aufgeführten Studien von Aronson et al. (2002), Good et al. (2003) und Blackwell et al. (2007) konnten zeigen, dass sich diese Mindset-Interventionen positiv auf die Motivation, schulische Leistung und Reduktion der Bedrohung durch Stereotype auswirken. In einer Meta-Studie von Burnette et al. (2013) konnte zudem der Einfluss auf selbstregulatorische Prozesse als Ursache der positiven Wirkung der Interventionen bestätigt werden (Burnette et al., 2013, S. 680).

Dennoch hatte die Vorgehensweise dieser Studien entscheidende Nachteile. Um die Interventionen umzusetzen, musste eine entsprechende Anzahl an Personen als Tutor:innen geschult werden. Dies zieht eine nicht zu vernachlässigende (Kosten-)Variable hinter sich her. Das hatte zur Folge, dass die genannten Interventions-Studien häufig nur in kleineren Gruppen ($41 < N < 374$) und jeweils nur lokal durchgeführt werden konnten. Hierdurch verringert sich wiederum die Generalisierbarkeit der Ergebnisse. Daher bestand der nächste Entwicklungsschritt der Mindset-Forschung in der Überführung der Interventions-Idee in eine digitale Form. Ein wesentlicher Vorteil dieser Vorgehensweise besteht in dem Potential zur Skalierbarkeit (Dweck und Yeager, 2019, S. 488-489). Diese ermöglicht, Mindset-Interventionen in wesentlich diverseren Konstellationen zu erforschen (ebd.), was eine vertieftere Auseinandersetzung mit den Wirkweisen und Gelingensbedingungen ermöglicht. Yeager und Kolleg:innen setzten dieses Unterfangen zum ersten Mal um (Romero et al., 2016). Dabei setzten sie einen Schwerpunkt auf ein iteratives Vorgehen, um das digitale (online-)Angebot bestmöglich an die Zielgruppe anzupassen. Eine detaillierte Betrachtung erfolgt im Abschnitt »Forschungsstand zu gelungenen Interventionen«, S. 218, in dem auch

die von Yeager und Kolleg:innen erarbeiteten Gütekriterien von handwerklich gut aufgebauten Interventionen („well crafted interventions“) dargestellt werden. An dieser Stelle soll jedoch bereits kurz die Problematik der *Wunderpille* („magic bullet“) aufgegriffen werden (vgl. Walton und Yeager, 2011).

5.2.2 Probleme der Mindset-Interventions-Forschung

Die Studien von Dweck, Yeager und Kolleg:innen zeigen jeweils die positive Wirkung der Mindset-Interventionen auf. Das bedeutet, dass die Teilnehmenden zum einen eine Verschiebung in Richtung des lernförderlichen Growth-Mindset aufweisen. Zum anderen zeigt sich, dass sich Leistungen und andere Indikatoren wie die beschriebene Reduktion der Bedrohung durch Stereotype oder Wohlbefinden im akademischen Kontext verbessert (Dweck und Yeager, 2019). Dem gegenüber stehen jedoch auch Meta-Analysen, die keinen klaren oder nur schwachen Zusammenhang der Interventionen zu bspw. akademischen Leistungen belegen können (Sisk et al., 2018, S. 569). Hier zeigen sich einerseits grundsätzliche Herausforderung von Meta-Analysen: bei näherer Betrachtung fällt auf, dass in der Studie von Sisk und Kolleg:innen (2018) alle Studien gleichwertig gewichtet wurden, unabhängig von der Anzahl der Proband:innen – darunter eine Studie mit fast 300.000 Teilnehmer:innen und zugleich 19 Studien mit weniger als elf Schüler:innen (Yeager und Dweck, 2020, S. 1273).

Andererseits greifen bei dieser Gewichtung zwei andere grundsätzliche Probleme: Erstens darf jede:r die eigene Forschung mit dem Begriff Mindset-Intervention versehen, da Mindset kein geschützter Begriff ist. Zweitens genügen nicht alle Interventionsstudien den Gütekriterien für „well-crafted“ also handwerklich gut aufgebaute (Mindset-/) psychologische Interventionen (Yeager und Dweck, 2020, S. 1277). Dies liegt zum Teil auch daran, dass selbst Replikationen von bestehenden *hochwertigen* Interventionen, nicht zwangsläufig genauso gut funktionieren wie die originale Studie – wenn sie nicht *erprobterweise* auf den Kontext bzw. die Zielgruppe angepasst werden.

Beispielsweise basiert eine Studie von Ganimian (2020) auf der von Blackwell und Kolleg:innen (2007). Dabei wurde eine Intervention mit acht Sitzungen reduziert auf eine Einzelsitzungs-Mindset-Intervention (Ganimian, 2020, S. 420). 202 weiterführende Schulen in Argentinien nahmen an diesen Teil (ebd.). Die Autor:innen machen jedoch nicht kenntlich, inwieweit bzw. ob überhaupt eine Pilotierung und Testung des veränderten Materials auf Eignung für die Zielgruppe stattgefunden hat. So werden zur Blackwell-Studie entscheidende Faktoren verändert: es handelt sich um Schüler:innen der 12. anstelle der siebten bzw. achten Jahrgangsstufe; das argenti-

nische Schulsystem ist nicht identisch zum US-amerikanischen; die ursprüngliche Intervention wurde aus dem Englischen ins Spanische übersetzt und auf ein Achtel der ursprünglichen Sitzungen reduziert. Die Studie kann keine signifikanten Effekte auf Leistung, Vorliebe für Herausforderung und Schulklima finden, vermutlich da sie in erster Instanz bereits keinen Einfluss der Intervention auf die Überzeugungen zur Intelligenz belegen kann (Ganimian, 2020, S. 492).

Um diese Situation zu adressieren, stellen Hecht et al. und Kolleg:innen daher zu diesem Zwecke einen Überblick über die Grundprinzipien von gelungenen Interventionen („wise interventions“) vor und knüpfen damit an die Arbeit von Walton und Yeager (2011) an (Hecht et al., 2021, S. 173 ff.). Diese dienten auch für die Interventionsstudie der vorliegenden Arbeit als maßgebliche Orientierung (vgl. Abschnitt »Forschungsstand zu gelungenen Interventionen«, S. 218). Nach den Vorgaben von Romero et al. (2016) erfordern Mindset-Interventionen auch nach gewissenhafter Einhaltung der Prinzipien weitere Anpassungszyklen Romero et al. (2016). Daher erhebt auch die Erstellung einer Mindset-Intervention innerhalb dieser Arbeit nur den Anspruch des Status eines Prototyps, welcher in Iterationszyklen gemäß den Vorgaben von Romero und Kolleg:innen weiter angepasst werden muss.

5.2.3 Hochskalierte Studien

Zeitlich parallel zu der Forschung der vorliegenden Arbeit, wurde von den Forschungsgruppen um Mari Rege und David Yeager jeweils zwei hochskalierte Mindset-Interventions-Studien mit insgesamt mehr als 23.000 Teilnehmenden durchgeführt (Yeager et al., 2019; Rege et al., 2021). Dabei stellt die Studie von Rege et al. (2021) eine repräsentative Stichprobe von großen Teilen Norwegens (N = 6.541) mit Schüler:innen der neunten Jahrgangsstufe dar (Rege et al., 2021, S. 755). Die NSLM-Studie[20] von Yeager et al. (2019) stellt sogar eine generalisierbare Stichprobe für die USA dar, da sie landesweit mit N = 14.472 High-School-Schüler:innen der neunten Jahrgangsstufe durchgeführt wurde (Rege et al., 2021, S. 780). Diese Jahrgangsstufe wurde gewählt, da in die USA die Zensuren der Schüler:innen gerade im Übergang zur „secondary school“ (*etwa Mittelstufe*) in der neunten Jahrgangsstufe abfallen (Yeager et al., 2019, S. 364). Dabei wurde in der Erhebung neben dem Einfluss der Intervention auf die weiteren Zensuren der Schüler:innen auch deren Wirkung auf Vorliebe für Herausforderung („challenge seeking“) und die Wahl fortgeschrittener Mathematikkurse untersucht (ebd.). Die Vorliebe für Herausforderung („challenge

[20]NSLM steht für „National Study of Learning Mindsets“ (Yeager und Dweck, 2020, S. 1275).

seeking“) wurde dabei nicht – wie oft – ausschließlich durch Selbstangabe, sondern ebenfalls durch die Wahl von leichten bis schwierigen Mathematik-Aufgaben im Anschluss an den zweiten Interventionsabschnitt erhoben (Yeager et al., 2019, S. 365).

In beiden hochskalierten Studien zeigen sich ähnliche Befunde, die an die Ergebnisse der bisherigen Studien anknüpfen: beide genannten Studien können eine Verschiebung in Richtung des Growth Mindsets bewirken sowie eine Erhöhung der Vorliebe für Herausforderung („challenge seeking“) und eine Verbesserung der Zensuren. Diese Effekte zeigen sich insbesondere bei leistungsschwachen Schüler:innen, gerade wenn diese auf Schulen mit mittleren bis niedrigen Leistungsniveau gehen (Paunesku et al., 2015, S. 791-792; Burns und Isbell, 2007, S.51) und bei Studierenden, die zu unterrepräsentierten Gruppen zählen. Diese sind nach den Autor:innen die Gruppe „Students of Color“[21] sowie Erste-Generationsstudierende („first-generation students“ – Broda et al., 2018, S. 333). Somit haben Mindset-Interventionen das Potential, einen Teil der Bildungsungerechtigkeit, die bestimmte Gruppen erfahren, abzufangen (Dweck und Yeager, 2019, S. 488). Dweck und Yeager betonen in diesem Zusammenhang, dass dies durch die Skalierbarkeit einer selbstgesteuerten Online-Intervention mit sehr geringen Kosten realisierbar ist (ebd.).

Die Effekte der Leistungssteigerung können zudem in einer erneuten Analyse der NSLM-Daten[22] durch Rege et al. (2021) sowohl für leistungsschwache als auch für leistungsstarke Schüler:innen festgestellt werden (ebd., S. 767). Jedoch zeigt sich, dass leistungsstarke Schüler:innen stärker von den Interventionen profitieren, indem es bei ihnen eine Verschiebung in Richtung Vorliebe für Herausforderung („challenge seeking“) und die Wahl von fortgeschrittenen Mathematikkursen gibt (Dweck und Yeager, 2019, S. 488).

In einer weiteren großangelegten Studie mit N = 300.629 Schüler:innen der vierten und siebten Jahrgangsstufe des US-amerikanischen Bundesstaates Kalifornien konnte ein Zusammenhang von höheren Sprach- und Mathematikzensuren mit einem Growth Mindset gefunden werden (in Yeager und Dweck, 2020, S. 1272).

[21] Der Begriff „People of Color“ findet aktuell noch keine adäquate Übersetzung im Deutschen. Häufig wird er mit Migrationshintergrund gleichgesetzt, was jedoch nicht die Intention der Begriffswahl wiedergibt, da Migration an sich keine Aussage über das Erleben von Diskriminierung und Rassismus der betroffenen Personen macht (Nghi Ha, 2013). Daher werden in dieser Arbeit People of Color mit dem englischsprachigen Begriff benannt, wenn dies auch in den Originalquellen so geschehen ist.

[22] Vgl. Yeager et al., 2019.

5.2.4 Explizite Messung impliziter Überzeugungen

Die beschriebenen Studien nehmen alle für sich in Anspruch, das Mindset nach Dweck zu erheben. Dabei wird in den Studien in der Regel der Begriff Mindset synonym zu den impliziten Überzeugungen zur Intelligenz („implicit theories of intelligence“) verwendet (Lüftenegger und Chen, 2017, S. 100). Aus der wissenschaftlichen Bezeichnung geht bereits der implizite Charakter hervor (vgl. S. 39). Gerade Einstellungen und Überzeugungen wie die zur Veränderbarkeit der Intelligenz sind häufig nicht bewusst. Daher stellt sich die Frage, inwieweit es möglich und sinnvoll erscheint, diese explizit in Form eines Fragebogens zu messen. Jedoch fehlen größtenteils Untersuchungen mit alternativen Erhebungsmethoden, was Lüftenegger und Kolleg:innen (2017) in ihrem Artikel kritisieren. Einer der wenigen Studien, die mit Hilfe von impliziter Assoziations-Testung (IAT) durchgeführt wurden, ist die von Mascret et al. (2015) und Kolleg:innen. Eine implizite assoziative Testung beruht dabei auf dem Prinzip, dass es gegenüber eindeutig positiv bewerteten Einstellungsobjekten zu einer Reaktionszeitverlängerung kommt (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 58).

In der Studie von Mascret und Kolleg:innen (2015) wurden insgesamt 60 erwachsene Mittelstufen-Lehrkräfte untersucht (Mascret et al., 2015, S. 272-273). Diese füllten zum einen den expliziten Fragebogen aus. Zum anderen wurden ihnen am Bildschirm Wortpaare präsentiert, die Begriffe wie Intelligenz kombinierten mit Wörtern, die entweder synonym zu veränder- bzw. entwickelbar oder zu fest und unveränderbar waren.[23] Durch die Messung der Zeit vom Erscheinen bis zum Drücken wurde von den Autor:innen auf die zugrundeliegende implizite Überzeugung zur Intelligenz geschlossen.

Die Autor:innen kommen zu dem Schluss, dass durch die implizite Messung zum Teil abweichende Ergebnisse zu Tage gebracht wurden. So zeigten männliche Lehrkräfte von naturwissenschaftlichen Fächern bei der impliziten Messung eine Neigung zum Fixed Mindset. Dieses zeigte sich jedoch nicht in den Auswertungen der expliziten Fragebögen derselben Gruppe (Mascret et al., 2015, S. 275). Da die Subgruppe der naturwissenschaftlichen Lehrkräfte insgesamt nur 30 Personen ausmachte und das Gesamtverhältnis von weiblich zu männlich 39 zu 21 war, ist anzunehmen, dass die beschriebene Gruppe noch kleiner ausfiel. Damit befindet sich die Studie an der Grenze der Aussagefähigkeit, wirft aber zurecht die Frage nach Folgestudien auf: diese sollten den vorgestellten Ansatz der IAT aufgreifen und für Schüler:innen und

[23] „[. . .] five ‚stable‘ words (consistent, balanced, stationary, immobile, permanent), five ‚modifiable‘ words (mutable, convertible, malleable, progressive, adaptable) and five ‚intelligence‘ words (understanding, capacity, skill, aptitude, discernment).“ in Mascret et al., 2015, S. 272.

Studierende messen, da diese die größte Zielgruppe der aktuellen Mindset-Forschung darstellen. Sollten diese dauerhaft eine Diskrepanz zwischen implizit und explizit gemessenen Überzeugungen zur Intelligenz ergeben, müsste geklärt werden, ob der Begriff der impliziten Überzeugungen weiter synonym mit dem des Mindset verwendet werden darf.

Wie in diesem Kapitel dargelegt, liegen jedoch inzwischen bereits eine beträchtliche Anzahl an Studien vor, die mit Fragebogen als explizites Testinstrument durchgeführt wurden. Diese zeigen wiederholt Zusammenhänge mit Indikatoren für akademische Leistung und erwartungsgemäße Zusammenhänge zu anderen Konstrukten. Ebenso zeigt sich ein Zusammenhang für die Durchführung von Mindset-Interventionen mit einer Verschiebung des Mindsets und positiven Folgen für das Lernen der Teilnehmenden. Angesichts dieser Ausgangssituation stellt sich weniger die Frage, ob ein Fragebogen ein geeignetes Instrument zur Erhebung des Mindsets ist, als die danach, ob das Mindset wirklich ein *vollständig* implizites Konstrukt ist oder gegebenenfalls auf bewusster wie unbewusster Ebene wirkt.

Eine weitere Möglichkeit, Unterschiede zwischen den Mindsets zu ermitteln, besteht darin, sich Messverfahren auf neurologischer Ebene zunutze zu machen. Im Folgenden Abschnitt soll daher ein Überblick über die neurobiologische Mindset-Forschung gegeben werden.

5.2.5 Neurobiologische Belege

Üblicherweise wird das Mindset mit Fragebogen oder auch in Interviewstudien erhoben.[24] Doch moderne nicht-invasive Verfahren wie das EEG (Elektro-Enzephalogramm) machen möglich, Prozesse im Gehirn unmittelbar sichtbar zu machen. Damit stellen diese einen möglichen Weg dar, objektive Belege für die Wirkung des Mindsets abseits der Selbstangaben in Fragebögen zu erhalten (Moser et al., 2011, S. 1489). Bei einem EEG werden die „elektrischen [...] Potentialschwankungen von großen Neuronenpopulationen an der Schädeloberfläche gemessen“.[25] Die gemessenen Spannungsunterschiede stellen einen direkten Indikator für die zugrundeliegende Aktivität dar. Der Einsatz eines EEG ermöglicht somit kognitive Prozesse in dem Moment sichtbar zu machen, in dem sie passieren und das unabhängig davon, ob es der Testperson bewusst ist oder nicht. Dabei ist hiermit gemeint, dass lediglich messbar ist, dass

[24] Siehe hierzu auch die Diskussion im Abschnitt »Explizite Messung impliziter Überzeugungen«, S. 72.

[25] Vgl. zu diesem Abschnitt Gruber, 2018, S. 8.

ein Prozess stattfindet und wo. Studien, die hierüber hinaus ermitteln könnten, was genau gedacht wird, stecken jedoch noch in den sprichwörtlichen Kinderschuhen.[26]

In zwei Studien konnten mit Hilfe von Ereignis-bezogenen Hirnpotentialen („event-related brain potentials“ (ERP)) zeigen, dass Personen mit den beiden Mindset-Polen (Fixed und Growth) unterschiedlich auf Fehler reagierten (Mangels et al., 2006; Moser et al., 2011). Durch die Kombination aus Beobachtung des Verhaltens und der Aufzeichnung der ERPs konnten die verschiedenen Phasen von der Wahrnehmung eigener Fehler hin zum daraus abgeleiteten Verhalten trennscharf mit einer Auflösung von Millisekunden aufgezeichnet werden (Tirri und Kujala, 2016, S. 1233). Die Studie von Mangels und Kolleg:innen (2006) weist darauf hin, dass Personen mit einem Growth Mindset eher dazu neigen, fehlerrelevantes Feedback semantisch tiefer zu verarbeiten als solche mit einem Fixed Mindset. Da Aufmerksamkeit eine bedeutende Rolle für erfolgreiche Gedächtnisspeicherung besitzt, spekulieren die Autor:innen, dass hierin eine mögliche Erklärung für ein besseres Abschneiden von Personen mit einem Growth Mindset in Folgetests liegt (Mangels et al., 2006, S. 82).

Auch in der EEG-Studie von Moser und Kolleg:innen (2011) wurde ein besonderes Augenmerk auf die Überwachung der eigenen Leistung und selbstinitiierte Reaktionen der Teilnehmenden auf Fehler gelegt (Moser et al., 2011, S. 1485). Es zeigt sich, dass das Mindset assoziiert ist mit einer erhöhten Aufmerksamkeit für korrektive Rückmeldung und sich daran anschließende Fehlerkorrektur (Moser et al., 2011, S. 1488). Damit bestätigen die Autor:innen zunächst die Befunde von Mangels und Kolleg:innen. Darüber hinaus konnten sie durch die Aufgabenwahl noch eine bessere Auflösung der Selbst-Überwachungsvorgängen („self-monitoring“) der Proband:innen erhalten (ebd.). Somit zeigen sie, dass ein Growth Mindset mit der stärker ausgeprägten Fähigkeit zur Selbstkontrolle und -überwachung einhergeht (Moser et al., 2011, S. 1489). Diese Befunde könnten daher die Grundlage bilden, für die erhöhte Wahrscheinlichkeit von Personen, mit einem Growth Mindset aus Fehlern zu lernen (ebd.).

Diese Grundlagenarbeit wurde wenige Jahre später von Schroder und Kolleg:innen (2014) aufgegriffen. Sie hoben die oben beschriebene Vorgehensweise auf eine neue Stufe, indem sie die Wirkung einer Mindset-Intervention auf College-Studierende ebenfalls mit Hilfe eines EEG testeten. Hierbei griffen sie das Interventionsmaterial

[26] Eine spannende Fortentwicklung dieser Möglichkeit zeigt sich in der Entwicklung von *gedanken-gesteuerten* Robotern. So kann der Einsatz eines Roboterarmes einer vom Hals ab gelähmten Person ermöglichen, zu greifen und sogar aus einem Becher zu trinken. Die Steuerung geschieht über die Erkennung expliziter Muster über ein intracorticales Interface, welches das Gehirn von mit einem Computer verbindet (Bolu Ajiboye et al., 2020).

auf, welches Hong und Kolleg:innen bereits 1999 erfolgreich in ihrer Intervention eingesetzt hatten und gaben den Teilnehmenden einen dafür geschriebenen *wissenschaftlich wirkenden* Artikel mit Informationen über das Gehirn je nach gewünschter Mindset-Ausrichtung in zwei verschiedenen Darstellungen: (I) Intelligenz ist unveränderbar und hauptsächlich beeinflusst durch Gene oder (II) Intelligenz ist weiter entwickelbar, da hauptsächlich beeinflusst durch Umgebungsvariablen (vgl. Abschnitt »Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens«, S. 64). Es zeigte sich, dass Personen mit einem Fixed Mindset mehr Aufmerksamkeit auf die Rückmeldung zu ihrer Leistung („response“) als auf die Aufgabe („stimulus“) selbst legten (Schroder et al., 2014, S. 35). Im Fall des Growth Mindset war die Aufmerksamkeitsverteilung genau umgekehrt (ebd.). Die Autor:innen sehen in dieser Beobachtung eine Bestätigung für die unterschiedlichen Leistungsziele der beiden Mindset: So sind Proband:innen mit einem Fixed Mindset offenbar mehr fokussiert auf Leistungsergebnis, während solche mit Growth Mindset mehr Aufmerksamkeit auf den Aspekt des Lernens legen. Diese Ergebnisse waren unabhängig davon, ob es sich um falsche oder richtige Antworten der Teilnehmenden handelte. Damit zeigt die Studie von Schroder und Kolleg:innen das erste Mal, dass Mindset-Intervention zu einer veränderten Verarbeitung im Gehirn führen kann und diese Ergebnisse mit den bisherigen Ergebnissen der Mindset-Forschung im Einklang stehen (Schroder et al., 2014, S. 35).

In einer Folgestudie nutzte das Team um Schroder (2017) erneut die Messung von EEG-Signalen, um diesmal die Hirnaktivitäten von Grundschüler:innen analog zur Studie von Mangels und Kolleg:innen (2006) zu ermitteln (Schroder et al., 2017). Die Kinder mit einem Growth Mindset zeigten erwartungsgemäß erhöhte Aufmerksamkeit für gemachte Fehler und somit verbesserte Leistung in Anschlusstestungen als diejenigen mit einem Fixed Mindset (Schroder et al., 2017, S. 47). Wird dieser Aspekt näher analysiert, so zeigt sich ein besonders großer Vorteil des Growth Mindsets für Kinder mit begrenzten Ressourcen bezüglich der Aufmerksamkeit (ebd.). Dieser Befund deckt sich mit dem wiederholten Fund, dass leistungsschwächere Lernende am stärksten von einem Growth Mindset profitieren (vgl. Claro und Loeb, 2018; Yeager und Dweck, 2020).

Wie stark sich die Empfindungen zu Fehlern und Feedback zu diesem für die beiden Mindset-Pole unterscheidet, haben Bejjani und Kolleg:innen (2019) ebenfalls auf neuronaler Ebene untersucht. Zunächst nahmen die jungen erwachsenen Proband:innen („adolescents“) an einem glaubwürdig erscheinenden Intelligenztest teil (Bejjani et al., 2019, S. 6). Hierzu erhielten sie entweder die Rückmeldung unterdurchschnittlich

schlecht im 47. Perzentil abgeschnitten zu haben oder in der Kontrollgruppe kein Feedback. Im Anschluss wurden den Teilnehmenden Aufgaben zur Bearbeitung gegeben und sie erhielten hierfür erneut ein negatives Feedback. Für die Gruppe, die bereits mit negativer Rückmeldung in die Arbeitsphase gingen, zeigten sich deutlichere Unterschiede zwischen Growth und Fixed Mindset: die Leistung der Growth Mindset-Gruppe lag erwartungsgemäß über der mit einem Fixed Mindset.

Für die Gruppe der Proband:innen mit einem Fixed Mindset zeigte sich noch ein weiterer Befund, der erst dank der örtlichen Auflösung der verwendeten funktionellen Magnetresonanz-Tomographie (fMRT) möglich war: eine verstärkte Aktivierung des Nucleus caudatus. Die Autor:innen beschreiben, dass die Reaktion („punishment response“) in den Fixed Mindset-Gehirnen denen von Personen gleichen, die gerade bestraft werden (Bejjani et al., 2019, S. 7). Eine solche Reaktion kann somit auf neurobiologischer Ebene erklären, weshalb Personen mit einem Fixed Mindset Situationen meiden, welche mögliches negatives Feedback beinhalten.

5.2.6 Neuroplastizität

Neuroplastizität beschreibt die Fähigkeit zu lernen, durch die funktionelle und strukturelle Veränderung des Gehirns.[27] Seit der Dissertation von Bergen (1991) ist es üblich in Mindset-Interventionen den Proband:innen Informationen über die Erblichkeit von Intelligenz vs. Entwicklungsfähigkeit des Gehirns auszuführen (Romero et al., 2016, S. 377). Wobei sich zeigt, dass das Thematisieren der Entwicklungsfähigkeit ein zentraler Bestandteil für das Induzieren eines lernförderlichen Growth Mindsets darstellt (Yeager und Dweck, 2020, S. 1277). Das Kernelement hiervon sind Informationen über die Fähigkeit des Gehirns, sich zu verändern und stärker zu vernetzen. Dies kann auf verschiedene Weisen geschehen:

(1.) Eine bestehende synaptische Verbindung zweier Nervenzellen wird verstärkt und somit die Effizienz der Signalübertragung gesteigert. Dies kann durch eine erhöhte Transmitterausschüttung an der präsynaptischen Endigung oder durch eine Vermehrung der Transmitterrezeptoren an der postsynaptischen Membran geschehen (Urhahne et al., 2019, S. 98). Hierbei handelt es sich um eine funktionelle Änderung.

(2.) Durch Myelinisierung wird die Weiterleitung des elektrischen Signals entlang der Neuronen verstärkt (McKenzie et al., 2014, S. 318). Damit erhöht sich die Leistungsfähigkeit („computational power“) des Gehirns (ebd.). Wie die

[27] Vgl. zu diesem Abschnitt Urhahne et al., 2019, S. 98 ff.

Stärkung der synaptischen Verbindungen gehört auch die Isolierung der Nervenzellen durch Myelin zu den funktionalen Änderungen.

(3.) Eine Nervenzelle bildet neue Ausleger (Dendrite) und stellt neue Verbindungen zu den Axonen anderer Nervenzellen her. Durch die Anpassung der Verschaltung von Dendriten und Axonen findet eine strukturelle Änderung im Gehirn statt.

(4.) Neurogenese bezeichnet den Vorgang, bei dem Nervenzellen vollständig neu (aus schlafenden Stammzellen[28]) gebildet werden. Dieser Prozess kann lebenslang im Hippocampus beobachtet werden (Urhahne et al., 2019, S. 103). Die neu gebildeten Nervenzellen wandern anschließend an ihren Bestimmungsort, um sich dort zu differenzieren – je nach Funktion (ebd.). Mit der Neurogenese geht eine strukturelle Änderung im Gehirn einher.

Für den Großteil des 20. Jahrhunderts galt jedoch die einhellige Lehrmeinung, dass neue Nervenzellen nicht mehr im Erwachsenen gebildet werden können (Taub et al., 2014, S. 1). Der Nobelpreisträger für Medizin aus dem Jahr 1906 Ramon y Cajal fasste das 1913 im folgenden Zitat zusammen:

> *„Once the development was ended, the founts of growth and regeneration of the axons and dendrites dried up irrevocably. In the adult centers, the nerve paths are something fixed, ended, and immutable. Everything may die, nothing may be regenerated. It is for the science of the future to change, if possible, this harsh decree.“* (Teter und Ashford, 2002, S. 402)

An dieser Auffasung änderte sich beinahe ein Jahrhundert lang nichts. Zwar konnte Hebb bereits im Jahr 1949 belegen, dass Neuroplastizität auf Ebene der Synapsen (vgl. Punkt (1.)) gilt.[29]. Jedoch brauchte es fast bis zur Jahrtausendwende, bis die Neurogenese auch für den erwachsenen Menschen im Hippocampus nachgewiesen werden konnte (Eriksson et al., 1998, S. 1313; Lowenstein und Parent, 1999, S. 1126). Der Hippocampus ist ein Areal im Gehirn, der eine zentrale Rolle bei der Konsolidierung von Gedächtnisinhalten spielt (Gruber, 2018, S. 8).

Die Benennung der Zeiträume ist in diesem Zusammenhang erwähnenswert, da historisch betrachtet die Erkenntnis, dass das Gehirn ein Leben lang neue Verbindung und sogar Nervenzellen generiert, relativ jung ist. Dies zeigt sich in dem hartnäckigem Fortbestand von Sprichwörten wie: „Was Hänschen nicht lernt, lernt Hans

[28] Siehe hierzu auch Kempermann (2020).

[29] Er prägte jedoch nicht, die fälschlicherweise nach ihm benannte Hebb'sche Regel: „Cells [/ Neurons] that fire together, wire together“ (Gruber, 2018, S. 96; vgl. auch Hebb, 1949, S. 63). Vielmehr geht dieser Reim auf die Wissenschaftlerin Carla Shatz zurück, die diesen in den 1980ern bzw. 90ern prägte (Shatz, 2018, S. 881)

nimmermehr.“[30] So halten sich nach wie vor viele „Neuromythen“ (Urhahne et al., 2019, S. 100) zum Thema Gehirn und Lernen, da Studien zum Wissenserwerb auf neuronaler Ebene „noch ziemlich selten“ sind (ebd.). In einer Studie aus dem Jahr 2006 begleiteten die Forscher:innen Medizinstudierende bei der Vorbereitung auf deren große Zwischenprüfung (Physikum) (Draganski et al., 2006, S. 6314). Um mögliche Veränderungen im Gehirn der Studierenden zu beobachten, wurden diese im Längsschnitt zu drei Testzeitpunkten (Beginn des Lernens, drei Monate nach Beginn – etwa der Zeitpunkt des Physikums und sechs Monate nach Beginn) mit Hilfe eines Magnetresonanz-Tomographen untersucht. Im ersten Zeitfenster ließ sich ein Wachstum der grauen Substanz im Parietalkortex und Hippocampus feststellen. Im zweiten Zeitfenster konnte ebenfalls ein gesteigertes Wachstum der grauen Substanz gemessen werden, jedoch beschränkt auf den Hippocampus (Draganski et al., 2006, S. 6316). Da Neurogenese ein Prozess ist, der Wochen oder sogar Monate braucht (Zhao (2006) in Draganski et al. (2006, S. 6317)), erklärt sich hierüber auch, das anhaltende Wachstum in diesem Areal, auch wenn der eigentliche Lernvorgang bereits abgeschlossen war. Damit zeigen diese und andere Studien auf, dass Lernen und Wissenserwerb mit einer funktionellen sowie strukturellen Veränderung im Gehirn einhergehen (Urhahne et al., 2019, S. 99).

5.3 Abgrenzung zu verwandten Konstrukten

Das Mindset bzw. die impliziten Überzeugungen zur Intelligenz gehören in die Familie der Selbstkonzepte[31] – der naiven Theorien über sich selbst und seine Eigenschaften.[32] Dieses selbstbezogene Wissen hat einen deskriptiven deklarativen Charakter: „ich bin schlau“ und ist nicht zwingend zutreffend. Als Konsequenzen hieraus entstehen häufig affektiv getönte Selbstbeschreibungen: „ich fühle mich [dadurch] als wertvolle Person“. Diese sind jedoch eher als Aspekte des Selbstwertgefühls anzusehen und von den Selbstkonzepten zu unterscheiden.

Zwei prominente Vertreter der Selbstkonzepte sind das Fähigkeitsselbstkonzept und die Selbstwirksamkeit. Wie das Mindset beschreiben sie Facetten von Lernenden und konnten sich als gute Prädiktoren für akademische Leistungen etablieren.

[30] Im Englischen findet sich ein analoges Idiom: „You can’t teach an old dog new tricks“.
[31] Häufig wird mit Selbstkonzept das fachliche bzw. schulische Selbstkonzept beschrieben, welches in der Verwendung dieser Arbeit ebenfalls eine Unterkategorie der Selbstkonzepte darstellt.
[32] Zu diesem Abschnitt vgl. Götz, 2017, S. 106.

Im Folgenden soll dargestellt werden, inwieweit sich diese Konzepte überlappen bzw. voneinander abgrenzen und somit jeweils einen eigenen Beitrag zur Aufklärung von akademischen Leistungen liefern.

5.3.1 Fähigkeitsselbskonzept und Selbstwertgefühl

Wie das Mindset beeinflusst auch das Fähigkeitsselbstkonzept die motivationalen Aspekte des Lernens (Dresel und Ziegler, 2006, S. 49) und stellen „kognitive Repräsentationen der eigenen Fähigkeiten“ dar (Götz, 2017, S. 106). Da es sich hierbei um naive bzw. Laien-Theorien handelt, sind diese nicht immer realistisch. So zeigt es sich, dass Lernende in den Fächern Mathematik und Deutsch zum Teil deutlich abweichende Fähigkeitsselbstkonzepte besitzen, obwohl die effektive Leistung im Einzelnen einen deutlichen Zusammenhang aufweisen (Urhahne et al., 2019, S. 212).

Beide Konzepte grenzen sich vom Selbstwertgefühl ab (ebd.), da dieses im Gegensatz zu den genannten beiden Konzepten eine affektive bzw. selbstbewertende Komponente besitzt (Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 204). Dies soll am Beispiel verdeutlicht werden: Hat eine Schülerin ein niedriges Fähigkeitsselbstkonzept in Physik, so hat das keinen negativen Einfluss auf deren Selbstwertgefühl, wenn es für die Schülerin keine persönliche Relevanz hat, in diesem Fach gut zu sein, da ihr Berufswunsch Schriftstellerin ist. Der Selbstwert wird hier also eben nicht Selbsteinschätzung der eigenen Fähigkeiten beeinflusst, sondern über die Bedeutung, die diesen Fähigkeiten beigemessen wird. Dies hängt u.a. auch stark mit dem sozialen Vergleich und der Interaktion innerhalb von Gruppen (Schulklassen etc.) zusammen (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 577).

Das Mindset beschreibt hingegen nicht die Einschätzung der Höhe (Dresel und Ziegler, 2006, S. 49), sondern die Veränderbarkeit der eigenen kognitiven Leistungsfähigkeit (Dweck und Yeager, 2019, S. 481). Auch diese letztere Überzeugung ist erst einmal unabhängig vom Selbstwert. Für eine Person ist es zunächst selbstwertgefühlneutral, ob die Fähigkeiten im Fach Physik angeboren oder durch Engagement aufgebaut wurden, solange sie *halbwegs* gut mitkommt. Erst in der Kombination von persönlicher Bedeutsamkeit (siehe Beispiel oben) mit als unzureichend empfundener Leistungen, zeichnet sich ein Einfluss auf das Selbstwertgefühl dieser Person ab. So zeigen Studien, dass Personen mit einem Fixed Mindset anfälliger für mal-adaptives Verhalten sind angesichts von Rückschlägen, da diese u.a. eher als Bedrohung des Selbstwertes („ego threat“) wahrgenommen werden (Burnette et al., 2020, S. 108; vgl. auch Abschnitt »Überzeugungen und Self-Handicapping«, S. 41). Demgegenüber

erlaubt ein Growth Mindset Maßnahmen in Form von angepassten Strategien und mehr Arbeitseinsatz aufzugreifen, ohne in einen Konflikt mit dem Selbstwertgefühl zu geraten (Nussbaum und Dweck, 2008, S. 610).

Die Unabhängigkeit der Einschätzung der Höhe der eigenen Fähigkeiten von der Einschätzung der Veränderbarkeit dieser konnte von Spinath und Stiensmeier-Pelster (2001, S. 65) bereits gezeigt werden. Dieser Befund wurde auch in einer aktuellen Studie von Diederich und Spatz (2022) für Studienbeginnende bestätigt. Daher lässt sich aus den Kombinationen von der Art des Mindsets mit der Höhe des Fähigkeitsselbstkonzeptes eine Matrix mit vier Quadranten bilden (vgl. Tabelle 5.1). Jeder Quadrant soll im Folgenden inhaltlich für den Fall der Konfrontation einer Person mit Schwierigkeiten und Rückschlägen interpretiert werden.

		Fähigkeitsselbstkonzept	
		niedrig	***hoch***
Mind-	***Fixed***	a)	b)
set	***Growth***	c)	d)

Tabelle 5.1.: Matrix Mindset gegen Fähigkeitsselbstkonzept

a) Eine Person schätzt ihre Fähigkeiten in einem bestimmten Bereich als unzureichend ein und hält sich gleichzeitig für unfähig, etwas an diesem Zustand zu ändern. Wie oben dargelegt, kann insbesondere ein Zusammentreffen eines niedrigen Fähigkeitsselbstkonzeptes mit einem Fixed Mindset zu hilflosem Verhalten führen (Spinath und Freiberger, 2011, S. 103).

b) Wird eine Person mit einem Fixed Mindset aber einem hohen Fähigkeitsselbstbild beispielsweise mit einer schlechten Zensur konfrontiert, wird sie gemäß der Theorie zur Selbstkonsistenz mit ausweichendem und vermeidenden (*deflektierendem*) Verhalten reagieren (Petersen et al., 2000, S. 239; Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 476). Solange das hohe Fähigkeitskonzept intakt ist, wird diese Person die schlechte Leistung also auf externe Ursachen attribuieren (Pech, Willkür der Lehrkraft usw.). Entscheidend ist, dass die Person mit dieser Deutung keine Anpassung ihres Verhaltens in lernförderlicher Richtung vornehmen wird (Schneider et al., 2008, S. 79).

c&d) Wie im Abschnitt »Konsequenzen für den Lernprozess«, S. 55 näher beschrieben, besitzt eine Person ein Growth Mindset, so liefert ein Rückschlag entscheidende Informationen darüber, wo noch Lücken bestehen. Abgesehen davon besteht die Haltung, etwas *noch* nicht zu können. Besteht für die Per-

son mit einem Growth Mindset eine persönliche Relevanz dafür sich einen Lerngegenstand anzueignen, so wird sie entsprechende Strategien wählen und gegeben falls ihren Einsatz erhöhen. Die Notwendigkeit selbstwertdienlich mit lernhinderlichem Verhalten zu reagieren, entfällt sowohl für die Person mit hohem wie mit negativem Fähigkeitsselbstbild.

Es zeigt sich, dass das Mindset und das Fähigkeitsselbstkonzept verschiedene Facetten der Selbsteinschätzung eigener Fähigkeiten vornehmen, bezogen auf Höhe und Veränderbarkeit. Diese verhalten sich weitgehend unabhängig voneinander und können je nach Kombination ein lernförderliches oder lernhinderliches Verhalten begünstigen.

5.3.2 Selbstwirksamkeit

Ein weiteres Konzept, welches Ähnlichkeiten mit dem Mindset aufweist, ist die Selbstwirksamkeit bzw. Selbstwirksamkeitserwartung („self efficacy"). Der Begriff geht auf Albert Bandura zurück, welcher den Begriff wie folgt definiert: „It is concerned not with the skills one has but with the judgements of what one can do with whatever skills one possesses." (Bandura, 2006, S. 391). Die Selbstwirksamkeit einer Person beurteilt, inwiefern sich diese Person in der Lage sieht, eine konkrete Aufgabe zu bewältigen und grenzt sich nach dem Urheber direkt vom Fähigkeitsselbstkonzept ab. Selbstwirksamkeit wirkt sich positiv auf akademische Leistung und Hartnäckigkeit („persistence") von Lernenden aus (Multon et al., 1991, S. 34) und stellt einen der besten Prädiktoren für den Erfolg von Lernenden dar (Diseth et al., 2014, S. 2). Gleichzeitig ist die Selbstwirksamkeitserwartung mit dem Selbstwertgefühl verbunden, da sich eine hohe Selbstwirksamkeitserwartung positiv auf das Selbstwertgefühl auswirken kann (Bannink (2012) in Frey (2016, S. 203)).

Eigenschaften des Konstruktes sind: Subjektivität, Handlungsbezug, Schwierigkeitsbezug, Situationsspezifität und Domänenspezifität (Meinhardt et al., 2018, S. 135). Das Selbstwirksamkeitserwartung wird also immer mit sehr konkreten Fragen z.B. zu einem Lerngegenstand erhoben. Gemeinsame Eigenschaften zum Mindset sind die Subjektivität, die allen Selbstkonzepten zugrunde liegt – und die Domänenspezifität. Der letztere Aspekt soll im Abschnitt »Domänenspezifität«, S. 82 weiter ausgeführt werden. Das allgemeine Mindset nach Dweck besitzt hingegen keinerlei Bezug zur Schwierigkeit, Situation oder einer konkreten Handlung.[33]

[33]Jedoch weisen die Items der Selbstwirksamkeitserwartung durchaus Parallelen zu Fragen der „Universal Beliefs" auf, auch wenn diese wiederum die Komponente des Selbstbezuges auslassen: „Ich kann auch die schwierigen Aufgaben im Unterricht lösen, wenn ich mich anstrenge." (WIRK-

Statt *ich traue mir zu, konkret dieses und jenes zu können*, fragen die Mindset-Items inwieweit jemand zustimmt, dass Intelligenz immer weiter ausbaufähig ist: „Man kann seine Intelligenz immer noch ein Stück weit ausbauen.“[34] Zusammengefasst kann die Überzeugung, die aus einem Growth Mindset entsteht, wiedergegeben werden mit: *Ich traue mir zu, dieses und jenes lernen zu können und mit Übung und der richtigen Strategie immer besser zu werden.*

Den Aussagen beider Konstrukte ist eine hoffnungsvolle Haltung gemein. Und so beschreibt Jerusalem die Selbstwirksamkeit auch als einen „Spezialfall von Optimismus“ (Jerusalem und Hopf, 2002, S. 10). Umgekehrt wird „Hilflosigkeit als Konsequenz geringer Selbstwirksamkeitserwartung“ von Mielke definiert (Mielke, 1984, S. 63 in Frey, 2016, S. 203). Damit zeigen sich ähnliche Konsequenzen von hoher Selbstwirksamkeit und einem Growth Mindset bzw. einer niedrigen Selbstwirksamkeit und einem Fixed Mindset. Daher verwundert es nicht, dass eine Studie von Diseth und Kolleg:innen (2014) mit über 2000 norwegischen Schüler:innen, die erhobenen Konstrukte Selbstbewusstsein[35] („self-esteem“), schulische Selbstwirksamkeitserwartung[36] und implizite Überzeugungen zur Intelligenz als moderat-korreliert, wenn auch zugleich separate Faktoren ermitteln (Diseth et al., 2014, S. 5).

5.4 Domänenspezifität

Bei der vorangegangenen Betrachtung der vorgestellten verwandten Konstrukte (vgl. Abschnitt »Abgrenzung zu verwandten Konstrukten«, S. 78) fällt auf, dass das (Fähigkeits -)Variablen sowie die Selbstwirksamkeitserwartung immer auf eine Domäne bzw. ein Fach beschränkt erhoben werden. Und so verwundert es bei den aufgezeigten *Verwandschaftsverhältnissen* nicht, dass das Mindset ebenfalls als domänenspezifisch konstatiert wird (Dweck et al., 1995a, S. 266).

Zudem zeigt sich, dass gerade MINT-Fächer von dem *Genie-Mythos* („brilliance beliefs“) betroffen sind (Leslie et al., 2015, S. 262), also dass die meisten Personen davon ausgehen, dass man in besonderem Maße intelligent sein muss, um dieses Fach erfolgreich zu studieren. Dies bedeutet insbesondere für weibliche Studierende eine weitere Hürde, da sich hierin eine Bedrohung durch Stereotype („sterotype

SCHUL – Jerusalem und Schwarzer (1999, S. 15)).

„With enough hard work, anyone could become as good at analyzing information as highly successful STEM professionals.“ (Limeri et al., 2022, S. 21 Preprint)

[34] Übersetzt nach Dweck, 1999, S. 179.

[35] „,On the whole, I am satisfied with myself‘“

[36] „,I expect to perform well at school‘“

threat“) verbirgt (Heyder et al., 2021, S. 183/186). Diese besteht beispielsweise darin, dass zum Teil sowohl weiblichen Menschen als auch People of Color per Vorurteil unterstellt wird, nicht so begabt zu sein im mathematisch-analytischen Denken. Hierbei gilt besonders zu beachten, dass viele Vorurteile auf einer unbewussten Ebene bestehen. Aber gerade deshalb entziehen sie sich einer Falsifizierung und können sogar automatisiert aktiviert werden und bekannt unter dem Begriff „Priming“ unsere Emotionen und Reaktionen beeinflussen (Nolen-Hoeksema et al., 2009, S. 651–652). Personen mit einem Fixed Mindset erscheinen in diesem Fächerbereich stärker anfällig für diese negativen Vorurteile gegenüber weiblichen Personen und welchen aus unterrepräsentierten Gruppen (Burnette et al., 2020, S. 108).

So beklagt Broome noch im Jahr 1998, dass „in vielfältigen Untersuchungen bisher versäumt [wurde], die Variablen des Motivations-Prozess-Modells entsprechend des Untersuchungsszenarios domänspezifisch zu adaptieren bzw. die Situationspezifität der naiven Theorien domänspezifischer Begabung angemessen zu berücksichtigen“ (Broome, 1998, S. 61-62). Dagegen finden sich in der Zwischenzeit durchaus eine Vielzahl einzelner Studien, die ein domänenspezifisches Mindset in ihrem Fachbereich untersuchen, z.B. Englisch (als Fremdsprache) bei Ryan und Mercer (2012), Mathematik bei Shively und Ryan (2013), Informatik bei Scott und Ghinea (2014), Flanigan et al. (2017), Mental-Health-Related Mindsets bei Schroder et al. (2016), Chemie bei Limeri et al. (2020a).

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich jedoch, dass die zugehörigen Fragebögen oft nur oberflächlich an die Anforderung der Domänenspezifität angepasst wurden. So ersetzen Limeri und Kolleg:innen (2020a) den Ausdruck „intelligence“ schlicht mit „chemistry intelligence“ in ihrer Erhebung (Limeri et al., 2020a, S. 4) und folgen damit dem Beispiel von Shively und Kolleg:innen (2013), welche bereits die „math intelligence“ nutzten, um das Mathematik-spezifische Mindset der Studierenden zu messen (Shively und Ryan, 2013, S. 247). Ein ähnliches Schema findet sich ebenfalls bei Scott und Kolleg:innen (2014), welche den Begriff „intelligence“ des originalen Fragebogens von Dweck (1999) durch „programming aptitude“ ersetzen (Scott und Ghinea, 2014, S. 171) ebenso wie bei Chen und Kolleg:innen (2010), die den Begriff „science ability“ verwenden (Chen und Pajares, 2010, S. 77 ff.). Analog gehen Schroder und Kolleg:innen (2016) vor und formulieren für die Mental-Health-Items die Originalfragen ebenfalls durch Ersetzung des Wortes „intelligence“ um: „[. . .] you cannot really change how anxious you are“ (Schroder et al., 2016, S. 517).

Ryan und Kolleg:innen (2012) formulieren sowohl für das Englisch-, Sport- und Geographie-Mindset jeweils ein Item, welches ein Fixed bzw. Growth Mindset reprä-

sentiert (Ryan und Mercer, 2012, S. 12-13). Jedoch geht aus den weiteren Beschreibungen nicht hervor, dass diese neuen Items entsprechend pilotiert wurden.

Diese Auflistung soll zum einen aufzeigen, dass bereits eine Vielzahl an Studien der Bedeutung der Domänenspezifität des Mindsets Rechnung tragen. Jedoch soll gleichzeitig darauf aufmerksam gemacht werden, dass bei keiner der betrachteten Studien mehr als ein *educated guessing*[37] bei der Anpassung der Items in den zugehörigen Artikeln erkennbar ist.

5.4.1 Domänenspezifität und Anstrengungsüberzeugung

Kalender und Kolleg:innen (2022) zeigen hier einen anderen Ansatz auf. Sie zerlegen das mögliche Physik-domänenspezifische Mindset zunächst in vier Quadranten entlang der Abzisse von Einsatz („effort“) bis Begabung („ability“) und der Ordinate von Andere („others“) bis Ich („me“) (Kalender et al., 2022, S. 4). Die letztere Unterscheidung leiten die Autor:innen aus den theoretischen Vorüberlegungen ab, das gerade für demographisch unterrepräsentierte Gruppen im Physikstudium Unterschiede zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung wichtig sein könnten (Kalender et al., 2022, S. 3).

Hierbei weisen die beiden Items aus dem Quadranten „My ability“ sehr starke Parallelen zu den Items der Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs”) auf (Tempelaar et al., 2015, S. 105), wie im Folgenden ausgeführt werden soll.

Bei der Gegenüberstellung fällt auf, dass sich dieselbe Grundstruktur wiederfindet: *hoher Einsatz führt zu Erfolg* (positiv – assoziiert mit einem Growth Mindset) gegen *hohe Anstrengung zeigt einen Mangel an Begabung auf* (negativ – assoziiert mit einem Fixed Mindset) (Yeager und Dweck, 2020, S. 1274). Dies stellt das allgemeine Schema der Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs”) dar.

Diese Items fallen zusammen mit denen der Zielorientierung (Leistungs- vs. Lernziel) und der Attribution (hilflos vs. resilient) (vgl. Abschnitte »Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit« und »Kausalattribution«) in den Bereich des Bedeutungssystems („Mindset Meaning System“) welches durch das Mindset aufgespannt wird (Yeager und Dweck, 2020, S. 1275). Die Ausprägungen der Mindsets schätzen die Veränderbarkeit von Intelligenz unterschiedlich ein. Nach der Theorie der „Mindset Meaning Systems“, sagen sie außerdem voraus, wie (un-)attraktiv

[37] Einen „Educated Guess“ *Machen*, beschreibt die Beurteilung einer Situation auf Grund gewisser Erfahrung oder bestimmten Hintergrundwissens und besitzt damit eine recht hohe Wahrscheinlichkeit der Richtigkeit („a guess that is made using judgment and some degree of knowledge“ – https://dictionary.cambridge.org; letzter Abruf 18.11.2022).

Physics-Mindset	**Effort-Beliefs**
Kalender et al. (2022)	***Tempelaar et al. (2015)***
If I really have to struggle to solve physics problems, that means I'm just not a physics person	If you have to work hard on some problems, you're probably not very good at them
If I make mistakes on physics assignments and exams, I think that maybe I'm just not smart enough to excel in physics	To tell the truth, when I work hard at my schoolwork, it makes me feel like I'm not very smart
Anyone can become good at solving physics problems through hard work.	The harder you work at something, the better you will be at

Tabelle 5.2.: Gegenüberstellung Physics-Mindset und Effort-Beliefs

Anstrengung, Lern- vs. Leistungsziele und Stabilität und Kontrollierbarkeit beurteilt werden (Blackwell et al., 2015, S. 264). Dieser Zusammenhang zeigt sich in verschiedenen Studien, die einen korrelativen Zusammenhang zwischen dem Mindset und den Konstrukten des „Mindset Meanings Systems“ aufweisen (Hong et al., 1999; Blackwell et al., 2007; Yeager et al., 2019).

Bei *negativen* Items der Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs”) wird eine Bedeutung zugeschrieben, nämlich *hoher Arbeitseinsatz ist schlecht, denn das bedeutet, dass ich es nötig habe hart zu arbeiten, um zu kompensieren, dass ich nicht so begabt bi*n. Diese Zuschreibung ist damit keine Überzeugung zur Intelligenz mehr, sondern ein daraus abgeleiteter emotionsrelevanter Bewertungsprozess („Appraisal“) (vgl. Abschnitt Überzeugungen; Yeager et al., 2022, S. 10). Zum anderen fällt bei genauerer Betrachtung auf, dass die Struktur der zugehörigen *positiven* Items wiederum keine emotionsrelevanten Bewertungsprozesse („Appraisals“) darstellen, da hier keine Bewertung im Hintergrund steht, sondern vielmehr ein kausaler Zusammenhang zwischen Einsatz und Ergebnis proklamiert wird.

Damit weichen die beiden erklärten Pole der Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs”) bereits in ihrer Struktur grundsätzlich voneinander ab. Daher erscheint es erwartungsgemäß, dass Tempelaar und Kolleg:innen (2015) auch unterschiedlich starke Zusammenhänge zwischen dem jeweiligen Mindset- und „effort beliefs“-Polen finden (Tempelaar et al., 2015, S. 110). Zudem belegen sie eine deutlich geringere Korrelation zwischen negativen und positiven Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs”) als zwischen den Polen der Mindsets (ebd.).

Zusammenfassend kann damit festgestellt werden, dass Kalender und Kolleg:innen (2022) mit der Entwicklung eines Physik-domänenspezifischen Fragebogens einen wesentlich elaborierteren Ansatz zur Entwicklung ihres Fragebogens besitzen, als das bei den anderen aufgezeigten Studien der Fall war. Dennoch zeigt sich, dass keine klare Abgrenzung zu dem vorhandenen Konstrukt der Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs") möglich ist. Die „effort beliefs" selbst weisen wiederum, wie gezeigt, keine einheitliche Struktur zwischen den positivem und dem negativen Pol auf.

5.5 Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik

Aus dem vorangegangenen Abschnitt wird deutlich, dass das Mindset domänenspezifische Eigenschaften besitzt. Dweck bemerkt hierzu selbst: „Informally, we have noted in our research that students tend to have more of a fixed view of math skills than of other intellectual skills" (Dweck, 2008a, S. 1). Dieser Umstand erweist sich als besonders bedeutsam für die MINT-Fächer und somit auch für das Fach Physik. Bisherige Studien, die diesem Aspekt Rechnung getragen haben, zeigen eine teilweise oberflächliche Vorgehensweise auf. Die vorgestellten Ansätze zur Entwicklung neuer Items im Fach Physik ist es zudem noch nicht gelungen, sich von den bestehenden Konstrukten aus dem Mindset-Meaning-System abzugrenzen und messen somit eher domänenspezifische Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs") anstelle eines domänenspezifischen Mindsets.

Die Analyse des Sachstandes zeigt darüber hinaus die Notwendigkeit und Bedeutung einer strukturierten Vorgehensweise zur Erstellung eines (Physik-)fachspezifischen Fragebogens bzw. der zugehörigen Items auf. Im Folgenden sollen daher die Ansätze im deutschsprachigen Raum dargelegt werden, auf denen schließlich die Entwicklung eines Testinstrumentes im Rahmen dieser Arbeit beruht.

Im deutschsprachigen Raum waren – nach Kenntnis der Autorin dieser Arbeit – Spatz und Kolleg:innen die ersten, die ab (2017) die physikspezifische Mindset-Forschung das erste Mal nach Broome (1998) wieder aufgriffen (Tobias und Hopf, 2017; Goldhorn und Spatz, 2018; Spatz und Gros, 2019).

Die Autor:innen setzten für ihre Fragebogenstudien Items auf, die sich an den fünf Kategorien orientierten (Tobias und Hopf, 2017), die Dweck (2008a) in ihrem Buch „Selbstbild" beschreibt (nach N. Holmes in Dweck, 2008a, S. 263):

- Herausforderung („challenges")

- Hindernisse („obstacles“)
- Anstrengung („effort“)
- Kritik („criticism“)
- Erfolg von anderen („success of others“)

Hierzu bauten die Autor:innen einen Stamm von 24 Items auf (Tobias und Hopf, 2017, S. 345):

- Allgemeine Überzeugung (10 Items)
  Basierend auf Konzept: Erfolg basiert auf Begabung vs. Anstrengung
- Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen (4 Items)
  Kombination Kategorien: Herausforderung und Anstrengung
- Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen (6 Items)
  Kombination Kategorien: Hindernisse und Kritik
- Reaktion auf Konkurrenz (4 Items)
  Basierend auf Kategorie: Erfolg von anderen

In einer anschließenden Interviewstudie bildeten Goldhorn und Spatz (2018) anhand von Interviews, ebenfalls mit Schüler:innen, zwei weitere Skalen aus: „Interesse für Physik verbessert die Leistung“ und „Physik muss man verstehen“ (Goldhorn und Spatz, 2018, S. 183-184).

Schließlich griff Gros (2017) die Kategorien und Items auf, um führt diese wieder in einem Fragebogenformat zusammen. Die entstandenen 35 Items bilden die Grundlage für die Pilotierungsstudie mit Studienbeginnenden im Fach Physik (vgl. Abschnitt »Konstrukte im Fragebogen«, S. 127). Die Fragen teilen sich auf die folgenden Kategorien auf:

- Allgemeines, Physik durch Begabung oder Übung
- Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung
- Reaktion auf Fehler und Beanstandungen
- Reaktion auf Konkurrenz
- Erlernbarkeit von Physikalischen Verständnis

5.6 Schlussfolgerungen

Aus den vorangegangen Abschnitten lässt sich ableiten, dass der Erfolg beim Lernen eines Faches von vielen Faktoren abhängt. Die Motivation und Überzeugungen einer Person wirken zu jedem Zeitpunkt im Lernprozess und speisen sich aus vielen Quellen. Aber vor allem interagieren die Überzeugungen, die eine Person im Laufe der Zeit

aufbaut, stets mit den Umgebungsvariablen. Die Mindset-Forschung stellt einen vielversprechenden Ansatz dar, um diese Interaktionen in eine positive Richtung zu beeinflussen.

Die dargelegte Forschung zeigt auf, dass das allgemeine Mindset und damit die Überzeugungen zur Intelligenz mit Hilfe einer psychometrischen Skala erfasst werden kann. Das erhobene Mindset steht wiederum im Zusammenhang mit akademischer Leistung, Persistenz und Wohlbefinden. Dabei zeigt sich, dass insbesondere der MINT-Bereich anfällig ist für die negativen Folgen eines Fixed Mindset, da hier der *Genie-Mythos* („brilliance beliefs“) am stärksten ausgeprägt ist. Dies macht sich besonders für Lernende bemerkbar, die Gefahr laufen schlechte Ergebnisse zu erzielen.[38]

Es zeigt sich zudem, dass das Mindset grundsätzlich als domänenspezifisch angesehen wird. Diesem Umstand tragen bereits Studien in verschiedenen Disziplinen Rechnung. Jedoch kann in den betrachteten englischsprachigen Studien keine validierenden Verfahren oder eine stufenweise Entwicklung der domänenspezifischen Items gefunden werden. Vielmehr wurde in der Regel der Begriff der Intelligenz durch einen anderen Begriff ersetzt, der mit Fach-Intelligenz bzw. fachlicher Fähigkeit übersetzt werden kann (vgl. Abschnitt »Domänenspezifität«, S. 82).

Erst im Fall von Kalender und Kolleg:innen (2022) kann ein Entwicklungsprozess für Physik-domänenspezifische Items bzw. das zugehörige Messinstrument belegt werden. Bei weiterer Analyse stellte sich hierbei jedoch eine starke Überlappung zu dem verwandten Konstrukt der Anstrengungsüberzeugung („effort beliefs“) heraus. Es zeigt sich damit die Notwendigkeit für ein strukturiertes Vorgehen zur Erstellung geeigneter Items für die Messung eines Physik-domänenspezifischen Mindsets. Gleichzeitig macht es deutlich, wie wichtig es ist, zu überprüfen, inwieweit die gebildeten Items wirklich ein domänenspezifisches Mindset und kein ähnliches aber doch anderes Konstrukt abbilden.

Die Studien von Spatz und Kolleg:innen setzen daher für die Entwicklung eines deutschsprachigen Mindset-Fragebogens und den zugehörigen Items in iterativen Durchläufen immer wieder die Kombination aus Item-Erstellung, Rückkopplung in Interview-Studien und eine weitere Anpassung der Items ein. Durch diese Arbeit entstanden schließlich fünf Skalen mit insgesamt 35 Items. In einer weiteren Fragebogen-Testung mit Schüler:innen konnten sich ein Teil der Skalen statistisch behaupten (vgl. Abschnitt »Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik«,

[38] „students at risk for poor outcomes“ (Hecht et al., 2021, S. 182).

S. 86). Diese Items stellen daher den Grundstock für den Aufbau der Forschung dieser Arbeit dar.

6. Forschungsfragen

Um zu überprüfen, ob die beschriebenen Skalen von Spatz und Kolleg:innen auch bei Studienbeginnenden im Fach Physik eingesetzt werden können, wurden diese zunächst pilotiert. Hierfür wurden, ausgehend von den 35 Items, gleichzeitig weitere verwandt erscheinende Konstrukte erhoben, um die Eigenständigkeit der Skalen bzw. den Überlapp zu anderen Konstrukten zu zeigen.

Das Ziel bestand darin, zum einen ein Messinstrument aufzubauen und damit Messungen bei Studierenden der Physik zu validieren, um damit das Mindset im Quer- und Längsschnitt zu erheben. Zum anderen sollte das Messinstrument dazu dienen, die mögliche Wirkung einer Mindset-Intervention zu erheben.

Wie im Abschnitt »Relevanz des Themas«, S. 21 beschrieben, stellt der Studienabbruch bzw. -wechsel im Bereich des Physikstudiums einen problematischen Umstand dar. Im Zuge dieser Arbeit sollte daher der Prototyp einer Mindset-Intervention aufgebaut und getestet werden. Hierfür sollte ein Schwerpunkt in der Entwicklung einer handwerklich guten Intervention („well-crafted intervention“) entlang der hierfür entwickelten Gütekriterien liegen.

Ziel ist es, damit einen Grundstein zu legen, um Studienbeginnende besser zu unterstützen und der hohen Studienabbruch und -wechselquote somit langfristig entgegenwirken zu können.

Die Forschungsfragen der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf zwei Bereiche. Im Zentrum des ersten Teiles steht die Weiterentwicklung eines Testinstrumentes. Der zweite Teil beschäftigt sich mit der Entwicklung eines Prototyps für eine Online-Intervention.

6.1 Forschungsfragen – Fragebogenentwicklung

Wie dargestellt, gab es zu Beginn dieser Arbeit neben dem Fragebogen von Spatz und Kolleg:innen noch kein anderes Messinstrument für die Erhebung eines Physik-domänenspezifischen Mindsets im deutschsprachigen Raum (vgl. Abschnitt »Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik«, S. 86). Die Studien der Autor:innen

fanden bis zu Beginn dieser Arbeit außerdem ausschließlich mit Schüler:innen statt. Daher betrifft die erste Frage die Übertragbarkeit der bisherigen Befunde auf Studienbeginnende im Fach Physik.

1. **Inwieweit sind die – für und mit Schüler:innen entwickelten – Items des domänenspezifischen Mindsets auch auf Studierende im Fach Physik übertragbar?**
2. **Inwieweit lassen sich die domänenspezifischen Items durch den Vergleich mit ähnlichen Konstrukten validieren?**

Unter der Voraussetzung der Einsetzbarkeit des weiterentwickelten Fragebogens, stellt sich anschließend die Frage nach der Verteilung (Querschnittsstudie) und Entwicklung (Längsschnittstudie) der gemessenen Konstrukte.

Basierend auf den Erkenntnissen aus dem Forschungsstand ist zu erwarten, dass sich auch bei Studierenden Cluster finden lassen, die den Kategorien von Fixed und Growth Mindset entsprechen (vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36). Wie im Abschnitt »Clusteranalyse«, S. 188 dargestellt, ist zudem ein weiteres Cluster an Personen zu erwarten, die sich nicht eindeutig einem der beiden Mindset-Polen zuordnen lassen – also im Bereich eines Mixed Mindsets liegen.

6.2 Forschungsfragen – Interventions-Entwicklung

Die ausgedehnte Forschung der letzten zwanzig Jahren zeigt auf, dass es möglich ist, die Überzeugungen zur Veränderbarkeit von Intelligenz zu beeinflussen (vgl. Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung«, S. 68). Eine Verschiebung des Mindsets in Richtung des Growth Mindsets zeigt sich hierbei als lernförderlich (vgl. Abschnitt »Konsequenzen für den Lernprozess«, S. 55). Daher wurde für diese Arbeit – auf Grundlage der bisherigen Forschung – der Prototyp einer deutschsprachigen Mindset-Intervention für Physikstudierende aufgebaut. Bei der Überprüfung standen zwei Aspekte im Zentrum: Wirkung bei und Akzeptanz durch die Teilnehmenden.

3. **Wie ist die Akzeptanz der Studierenden für die Intervention?**
4. **Welchen Einfluss hat die Teilnahme an der Online-Intervention auf das Mindset der Studierenden?**
5. **Welche Unterschiede gibt es bei Berücksichtigung von unterrepräsentierten Gruppen im Studienfach Physik (weibliche Studierende, Erste-Generationsstudierende und Studierende mit Migrationshintergrund)?**

6.3 Überblick über den Aufbau der Studien

Pilotstudie

- **Aufbau und Pilotierung des Fragebogens**
  - 2. Semester: Ende SoSe 2019

Hauptstudien

- ***Längsschnittuntersuchung***
  - 1. Semester: Beginn WiSe 19/20
  - 2. Semester: Mitte/Ende SoSe 2020 (*CoVid-19*)
  - 4. Semester: Mitte/Ende SoSe 2021 (*CoVid-19*)
- ***Einzelerhebungen***
  - 1. Semester: Beginn WiSe 19/20
  - 1. Semester: Beginn WiSe 20/21 (*CoVid-19*)
  - 1. Semester: Beginn WiSe 21/22 (*Post-CoVid-19*)

6.3.1 Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie

Beginnend im Frühjahr 2020 (22. März) wurden in Deutschland bis inkl. 2021 Lockdowns und andere Einschränkungen des sozialen Lebens verhängt als Präventionsmaßnahme, um die Ausbreitung des Corona-Viruses einzudämmen. Im Zuge dessen wurden zu mehreren Zeitpunkten, mit regionalen Unterschieden, die Präsenzlehre an (Hoch-)Schulen untersagt und auf „Home-Schooling“ umgestellt. Der Begriff asynchrone Lehre beschreibt in diesem Zusammenhang, dass die Lernenden bspw. voraufgezeichnete Videos zu einem selbstgewählten Zeitpunkt anschauen konnten. Dagegen „trafen” sich Studierende bei der synchronen Lehre meist digital über ein Videokonferenzsystem für eine Vorlesung bei den Dozierenden zu festgelegten Terminen.

In jedem Falle stellten diese Umstände jedoch i.d.R. eine Herausforderung für alle Beteiligten dar und einen völlig veränderten Studienalltag im Vergleich zum *normalen* Studierendenleben davor und inzwischen auch wieder danach. Dieser Aspekt wird in den Beschreibungen der durchgeführten Untersuchung der vorliegenden Arbeit immer wieder aufgegriffen, da er sich insbesondere auf die (Nicht-)Generalisierbarkeit einiger Befunde auswirkt.

Teil II.

Entwicklung eines domänenspezifischen Fragebogens zum Mindset und dessen Pilotierung

7. Grundlagen und Methoden

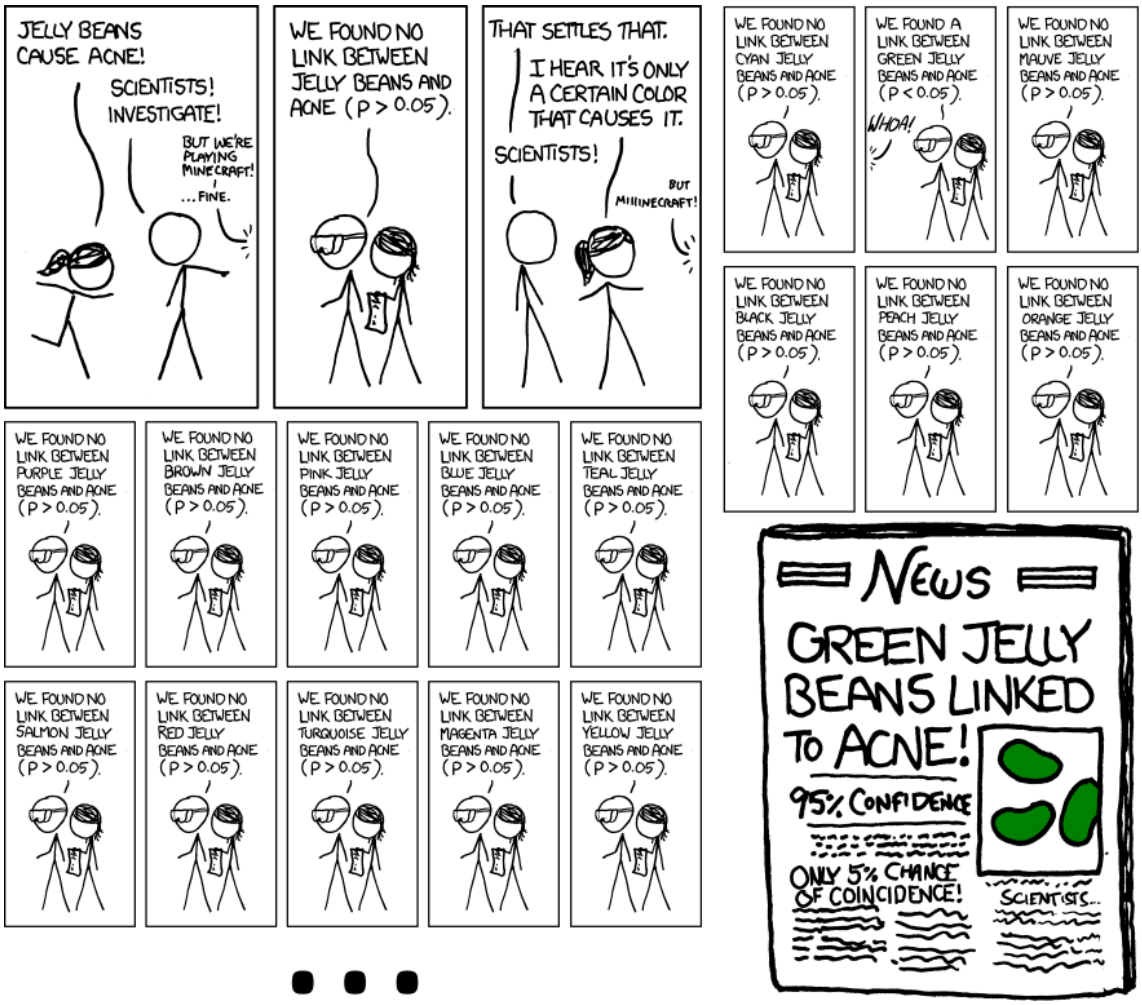


Abbildung 7.1.: p-Hacking – xkcd Comic: ‚Significance & Jelly-Beans‘
angepasst nach https://xkcd.com/882 (letzter Abruf: 30.05.2023)

Für die Auswertung der Fragebogenstudien der vorliegenden Arbeit kommen verschiedene statistische Methoden zum Einsatz. Daher sollen diese im Folgenden kurz umrissen und die Voraussetzungen beschrieben werden, unter denen sie angewendet werden dürfen.

Für die meisten komplexen Berechnungen der vorliegenden Arbeit wurde neben Microsoft ›Excel‹ (Version 2016 bzw. 2019) auch Statistik-Software eingesetzt – zum überwiegenden Teil in Form des Programms ›SPSS‹ von IBM in der Version 26 bzw. 27. Für die konfirmatorische Faktorenanalyse (vgl. S. 179) wurde darüber hinaus die Open Source Software ›R‹ mit dem Paket „lavaan“ verwendet.

7.1 Signifikanzniveau

Die „bekannteste und weit verbreite[ste ...] Methode“ zur Schätzung der Güte „von Unterschieden und Zusammenhängen von einer Stichprobe“ ist der Signifikanztest (Schäfer, 2016, S. 157). Bei einem „klassischen Signifikanztest“ wird immer ein „Hypothesenpaar“ gegeneinander getestet (Döring und Bortz, 2016, S. 660): die Nullhypothese H_0 besagt, dass es keinen Effekt in der Population gibt (ebd.) bzw. „ein gefundener Wert nur auf Zufall beruht“ (Bortz und Schuster, 2010, S. 159). Die Alternativhypothese geht wiederum davon aus, dass ein Effekt überzufällig zutrifft – also im stärkeren Maße, als es bei einer statistischen Normalverteilung zu erwarten wäre. Gibt es also einen Effekt, kann im Rahmen der Festlegung einer Irrtumswahrscheinlichkeit der p-Wert berechnet und das Signifikanzniveau zugeordnet werden. Üblich ist dabei von einer Irrtumswahrscheinlichkeit α von 5 % oder 1 % auszugehen (Renner et al., 2012, S. 38). Diese werden im Ergebnis auch häufig in verkürzter Schreibweise als Sternchen angegeben. Hierbei steht ein Sternchen (*) für signifikantes Ergebnis mit $p \leq 0,05$, zwei Sternchen (**) für ein hochsignifikantes Ergebnis mit $p \leq 0,01$ und drei Sternchen (***) für ein höchstsignifikantes Ergebnis mit $p \leq 0,001$ (Rasch et al., 2021a, S. 47).[1]

Trotz der Verbreitung dieser Konventionen für Signifikanzniveaus in den Sozialwissenschaften, bleiben sie dennoch „eine willkürliche Setzung“ (ebd.). Und auch wenn Signifikanz mit Bedeutung übersetzt werden kann, darf es nicht mit einem „*wichtigen* Effekt“ gleichgesetzt werden (Schäfer, 2016, S. 171). Ein Problem liegt häufig in der Auslegung begründet: mit Hilfe des Signifikanztests soll eine Hypothesenprüfung erfolgen, jedoch wird die Irrtumswahrscheinlichkeit berechnet und damit gerade

[1] Darüber hinaus findet sich auch noch die Bezeichnung „‚marginal‘ signifikant“ in der Literatur für $p \leq 0,1$ was mit einem † gekennzeichnet wird (Rasch et al., 2021a, S. 47).

nicht „die Wahrscheinlichkeit, dass die Hypothese zutrifft“ (Döring und Bortz, 2016, S. 673).

Grundsätzlich lässt sich festhalten, dass Messungen mit großen Teilnehmendenzahlen eher zu hohen Signifikanzen bzw. kleinen p-Werten führen als nur in kleine Stichproben (Schäfer, 2016, S. 170). Dieser Umstand kann unterschiedlich diskutiert werden. Auf der einen Seite kann argumentiert werden, dass mit ausreichend großer Stichprobe auch ein „noch so kleine[r] Effekt“ statistisch signifikant werden kann. Auf der anderen Seite ist ein Effekt, der auch noch in großen Stichproben nachgewiesen werden kann, „statistisch umso [...] zuverlässiger“ (ebd.).

Gleichzeitig sagt die Signifikanz nichts über die Größe eines Effektes aus. Daher sollten neben der Signifikanz auch weitere Angaben bestimmt werden, wie beispielsweise das Konfidenzintervall (ebd.) oder die entsprechenden Effektgrößen (vgl. Abschnitt »Effektgrößen«, S. 100). Erst mit diesen wird es möglich, die Werte auch zu interpretieren.

7.2 Konfidenzintervalle

Konfidenzintervalle werden auch Vertrauensbereich genannt und üblicherweise mit 95 %, seltener 90 % angegeben.[2] Das Konfidenzintervall oder auch der Konfidenzkoeffizient von 95 % entsteht durch 1 - $\alpha = 0{,}95$. α entspricht wieder der Festlegung einer noch akzeptablen Irrtumswahrscheinlichkeit – in diesem Fall von $\alpha = 0{,}05$ (5 %). Das Konfidenzintervall ist „eine Eigenschaft des Schätzungsverfahrens“ und bedeutet, in „95 von 100 Fällen“ in denen ein Konfidenzintervall als „Zufallsstichprobe [...] ermittelt wurde, der Populationsparameter innerhalb des Intervalls liegt“ (Eid et al., 2017, S. 248).

Von besonderer Bedeutung bei der Ermittlung von Konfidenzintervallen bei Mittelwertsunterschieden ist die Information, „ob die Null im Intervall liegt“ (Schäfer, 2016, S. 155). Ist dies der Fall, so kann dies zwei Dinge bedeuten. Erstens kann es heißen, dass die Mittelwertsunterschiede nahe Null liegen, was einen Hinweis auf einen geringen Effekt gibt. Statistisch steigt die Wahrscheinlichkeit mit einer kleinen Stichprobe, dass die Null im Konfidenzintervall liegt, da mehr Messungen für eine „schmalere Stichprobenverteilung“ um den Mittelwert sorgen (ebd.). Sollte bereits eine ausreichend große Stichprobe vorliegen und die Null immer noch Teil des Konfidenzintervalls sein, spricht das dafür, dass die Alternativhypothese verworfen

[2] Für diesen Abschnitt vgl. Eid et al., 2017, S. 248 ff.

werden muss. Es kann in diesem Fall nicht darauf vertraut werden, dass der Effekt nicht doch durch „Zufall zustande“ gekommen ist (Schäfer, 2016, S. 152).

Wo es möglich ist und sinnvoll erscheint, werden in dieser Arbeit die Konfidenzintervalle (auch 95 % CI – „confidence interval“) angegeben und visuell dargestellt. Hierbei ist zu beachten, dass die Konfidenzintervalle für Mittelwertsunterschiede von abhängigen Messungen und für Zusammenhänge „in der Regel asymmetrisch sind“ im Gegensatz zu Mittelwertsunterschieden von unabhängigen Messungen (Schäfer, 2016, S. 156).

7.3 Effektgrößen

Mit Signifikanztests und Konfidenzintervallen lassen sich die Güte der Schätzung beurteilen. Geht es jedoch um die Frage nach der wirklichen Stärke eines Effektes, so müssen die sogenannten Effektgrößen betrachtet werden (Schäfer, 2016, S. 175). Sie haben den entscheidenden Vorteil, dass für die verschiedenen Effektgrößenmaße standardisierte Werte existieren (Döring und Bortz, 2016, S. 816). Daraus ergibt sich die Möglichkeit Effekte vergleichbar zu machen. Sie werden daher häufig eingesetzt, um die Wirksamkeit von Interventionen einzuordnen bzw. zu vergleichen.

Einer der bekanntesten und gebräuchlichsten standardisierten Effektgrößenmaße für Mittelwertdifferenzen von zwei Gruppen ist das Cohens d (ebd.; Cohen, 1988, S. 21).

$$einseitig : d = \frac{\mu_A - \mu_B}{\sigma} \tag{7.1}$$

$$zweiseitig : d = \frac{|\mu_A - \mu_B|}{\sigma} \tag{7.2}$$

Hierin sind:

μ: Populationsmittelwerte der Stichproben A und B

σ: Standardabweichung der Populationen[3]

Für Varianzanalysen bei mehr als zwei Gruppen wird die Effektstärke über das partielle η^2 (*Eta-Quadrat*) angegeben (Schäfer, 2016, S. 234). η^2 gibt den Anteil der Varianz an, der durch den Gruppeneffekt auf Stichprobenebene aufgeklärt werden kann (Burde, 2018, S. 220).

[3] „since they are assumed equal“ vgl. Cohen, 1988, S. 20:
Cohen (1988) selbst macht keine weiteren Angaben über die Definition der Standardabweichung σ. Einige Autor:innen verwenden daher d_s, um damit auf die Verwendung der gepoolten Standardabweichung hinzuweisen (vgl. Field, 2013, S. 152 -153).

Um dieses Effektmaß besser vergleichen zu können, kann es sinnvoll sein, dieses mit $d = 2 \cdot f$ in Cohens d zu überführen (Cohen, 1988, S. 279/286):

$$d = 2 \cdot \sqrt{\frac{\eta^2}{1 - \eta^2}} \tag{7.3}$$

Damit lassen sich sowohl für Mittelwertvergleiche von zwei als auch für Varianzanalysen mehrerer Gruppen die klassischen Kategorien für die Effektgröße Cohens d anwenden:

Wert	**Effektstärke**
$d \geq 0{,}2$	schwach
$d \geq 0{,}5$	mittel
$d \geq 0{,}8$	stark

Tabelle 7.1.: Kategorien der Effektgröße Cohens d
vgl. Cohen, 1988, S. 25-26

Es ist zu beachten, dass die Kategorie schwacher Effekt („small effects“) zu einer Unterschätzung der Bedeutung dieser Effekte bei Interventionen führen kann (Rosenthal und Rubin, 1982, S. 166). Rosenthal und Rubin (1982) führen hierzu das Beispiel von einer Behandlung an, deren Effekt (r = .32) zwar *nur* 10 % der Varianz aufklären kann. Dies ist jedoch äquivalent zu einer Steigerung der Erfolgsrate der Behandlung von 34 % auf 66 % (ebd.).

7.3.1 Nettoeffekt

Um die Effektstärke einer Intervention zu bilden, schlagen Bortz und Döring vor, einen Nettoeffekt des Treatments zu bestimmen (Döring und Bortz, 2016, S. 731).

$$Treatmentgruppe : T_\Delta = T_{post} - T_{prä} \tag{7.4}$$

$$Kontrollgruppe : K_\Delta = K_{post} - K_{prä} \tag{7.5}$$

$$Nettoeffekt : N_\Delta = T_\Delta - K_\Delta \tag{7.6}$$

Diese Betrachtung kann einer Überschätzung des Treatmenteffektes vorbeugen, da die Differenz der jeweiligen Effekte zwischen Treatment- und Kontrollgruppe gebildet

wird (Döring und Bortz, 2016, S. 739). Somit werden mögliche natürliche bzw. überlagernde Wirkungen *heraus gefiltert*. Dabei werden zunächst die Differenzen zwischen den Prä- und Posttestungen der beiden Gruppen gebildet und diese wiederum zur Berechnung des Nettoeffektes N_Δ genutzt (vgl. Formeln in Abschnitt 7.3.1, S. 101).

Nettoeffektstärke

Um die Nettoeffektstärke in einem Prä-/Post-/Kontrolldesign („pretest-posttest-control (PPC) design“) zu bestimmen, empfiehlt Morris (S. 367, 2008) die Berechnung mithilfe der Differenz der standardisierte Mittelwertsunterschied, wie folgt (Morris, 2008, S. 369):

$$d_{ppc} = c_p \left[\frac{(\mu_{T,post} - \mu_{T,prä}) - (\mu_{K,post} - \mu_{K,prä})}{\sigma_{prä}} \right] \tag{7.7}$$

mit der Fehlerkorrektur („bias adjustment“ – ebd.):

$$c_p = 1 - \frac{3}{4(n_T + n_K - 2) - 1} \tag{7.8}$$

und der gepoolten[4] Standardabweichung:

$$\sigma_{prä} = \sqrt{\frac{(n_T - 1)\ \sigma^2_{T,prä} + (n_K - 1)\ \sigma^2_{K,prä}}{n_T + n_K - 2}} \tag{7.9}$$

Der Nettoeffekt kann als statistisch signifikant nachgewiesen werden, „durch eine signifikante Interaktion zwischen dem Gruppenfaktor und dem Messwiederholungsfaktor“ (Döring und Bortz, 2016, S. 739). Da für eine ANOVA zunächst von keinem Effekt ausgegangen wird, bedeuten signifikante Interaktionseffekt der zweifaktoriellen

[4]Morris (2008) analysiert und evaluiert in seinem Artikel verschiedene Berechnungen der gepoolten Standardabweichungen (nach Becker (1988); Carlson und Schmidt (1999) sowie Dunlap et al. (1996) bzw. M. J. Taylor und White (1992)). Er berichtet, dass die Berechnung der gepoolten Standardabweichung unter Verwendung von Prä- und Posttestwerten problematisch ist, da diese nicht unabhängig voneinander sind (Morris, 2008, S. 384). Zudem tendiert diese Berechnung zur Unterschätzung wahrer Effektgrößen, wenn eine Intervention nicht für alle Individuen gleich wirksam ist – was in idealisierten Simulationen gerechnet werden kann, jedoch in der Realität eher selten der Fall ist. Daher empfiehlt der Autor, die gepoolte Standardabweichung des Prätests zu verwenden, wie von Carlson und Schmidt (1999) vorgeschlagen (ebd.).

Varianzanalyse, dass sich die Experimentalgruppe überzufällig anders verändert als die Kontrollgruppe" (ebd.).

7.3.2 Teststärke

In den vorangegangenen Abschnitten wurde mehrfach die Stichprobengröße thematisiert. Wie angesprochen hat diese einen erheblichen Einfluss auf die statistischen Kennwerte wie Signifikanz und Effektstärke. Rasch (2021a) kritisiert, dass dennoch Stichprobenumfangsplanungen nur selten im Vorfeld Beachtung finden (Rasch et al., 2021a, S. 78). Umgesetzt werden kann eine solche Planung z.B. mit dem Programm ›G*Power‹.[5] In eine Berechnung der Stichprobengröße fließen mehrere Faktoren ein: Ein- bzw. Zweiseitigkeit; Effektstärke (z.B. Cohens d); Festlegung des Signifikanzniveaus α und der Teststärke $1 - \beta$. Üblich ist auch hier wieder ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}05$ zu nehmen; für β liegt die Konvention bei 0,8 (Döring und Bortz, 2016, S. 812). Die Teststärke vergrößert sich mit höheren Werten für Effektgröße, Signifikanzniveau und Stichprobenumfang (Bortz und Schuster, 2010, S. 111).

Wie im Abschnitt »Signifikanzniveau«, S. 98 dargelegt, führen ausreichend große Stichproben *quasi immer* dazu eine Alternativhypothese statistisch signifikant abzusichern zu können (Bortz und Schuster, 2010, S. 112). Bortz und Schuster (2010) schreiben daher, dass ein statistisch signifikantes Ergebnis „für sich genommen ohne praktische Bedeutung ist" (ebd.). Dem gegenüber steht, dass ein gefundener Effekt häufig verworfen wird, wenn dieser nicht statistisch signifikant wird. Durch die Teststärkeberechnung kann bestimmt werden, ob mit dem Stichprobenumfang überhaupt möglich ist, Unterschiede zwischen den Gruppen zu erkennen, selbst wenn ein solcher Effekt eigentlich vorliegt (Rasch et al., 2021a, S. 61).

Diese Berechnung kann a priori erfolgen, also bereits vor der Durchführung der Testung – sofern ausreichend belegt ist, welche Effektstärke zu erwarten ist. Posteriori – und somit nach der Testung – sollte durch die Teststärkeberechnung bestimmt werden, wie verallgemeinerbar ein Ergebnis ist. Eine hohe Teststärke steht für eine hohe Repräsentativität der Stichprobe (Eid et al., 2017, S. 285 ff.).

[5] Bortz und Schuster (2010) geben alternativ in tabellarischer Form Orientierungswerte für verschiedene t-Test-Formen und den notwendigen Stichprobengrößen bei vorgegebenen Effekt- und Teststärken (Bortz und Schuster, 2010, S. 126).

7.4 t-Test

Der t-Test ist einer der gebräuchlichsten statistischen Methoden, um zu prüfen, ob ein signifikanter Mittelwertsunterschied zwischen genau zwei Untersuchungen besteht (Renner et al., 2012, S. 37). Hierbei werden in der Regel zwei verschiedene Arten von Hypothesen getestet: die Unterschieds- oder die Veränderungshypothese.[6] [7]

Bei der Unterschiedshypothese werden zwei verschiedene Gruppen miteinander verglichen und der t-Test für unabhängige Stichproben eingesetzt (ebd.).

Für die Untersuchung von Veränderungshypothesen wird der t-Test für abhängige Stichproben eingesetzt. Dieser wird auch als t-Test für verbundene Stichproben oder als gepaarter t-Test bezeichnet (Muche et al., 2011, S. 105). Dieser untersucht meistens ein *vorher-nachher-Szenario* für die Anwendung einer Interventionsmaßnahme. Das bedeutet, dass die Änderung einer Variable bei „denselben Individuen über die Zeit bzw. über zwei [...] Messzeitpunkte hinweg ausgewertet wird (Döring und Bortz, 2016, S. 147). Bei mehr als zwei Gruppen und Messzeitpunkten müssen Varianzanalysen mit Messwiederholung zur Berechnung genutzt werden (vgl. Abschnitt »Varianzanalyse«, S. 107).

Für die Berechnung wird der t-Wert berechnet und mit dem „kritischen t-Wert“ verglichen (Schäfer, 2016, S. 207). Dieser bestimmt sich aus der t-Verteilung, die von dem festgelegten Signifikanzniveau von α abhängt. Die Berechnung des t-Wertes kann nach Rasch (2021a) in der allgemeinen Form[8] wie folgt dargestellt werden:

$$t_{df} = \frac{(\bar{x}_1 - \bar{x}_2) - (\mu_1 - \mu_2)}{\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}} \tag{7.10}$$

Hierin sind:

$\bar{x}_1 - \bar{x}_2$: empirische Mittelwertsdifferenz
$\mu_1 - \mu_2$: theoretische Mittelwertsddifferenz
$\hat{\sigma}_{\bar{x}_1 - \bar{x}_2}$: geschätzter Standardfehler der Mittelwertsdifferenz

7.4.1 Voraussetzungen

Der t-Test gehört zu den parametrischen Verfahren und setzt eine Reihe von Bedingungen voraus, die für seinen Einsatz erfüllt sein müssen. Ist dies nicht gegeben, so kann

[6] Vergleiche zu diesem Abschnitt auch Döring und Bortz, 2016, S. 146-147.
[7] Der Ein-Stichproben t-Test findet in der vorliegenden Arbeit keine Anwendung und wird daher nicht näher beschrieben.
[8] Vgl. Rasch et al., 2021a, S. 42.

auf „verteilungsfreie Pendant[s]“ wie den U-Test bzw. Wilcoxon-Test ausgewichen werden (Bortz und Lienert, 2008, S. 140). Im Folgenden werden die Voraussetzungen jeweils für die beiden vorgestellten Formen angegeben.[9]

Da der t-Test jedoch „robust“ gegenüber Verletzungen seiner Voraussetzungen reagiert (Bortz und Lienert, 2008, S. 122), ist eine Überprüfung „in der Forschungspraxis eher unüblich“ (Burde, 2018, S. 194). Es wird dennoch empfohlen, die Gruppengrößen annähernd gleichgroß zu halten – bei jeweils mehr als 30 Stichproben (vgl. Bortz und Schuster, 2010, S. 126; Rasch et al., 2021a, S. 48).

t-Test für unabhängige Stichproben

- Beide Stichproben sind voneinander unabhängige Zufallsstichproben.
- Beide Populationsvarianzen σ^2 sind gleich.
- Das untersuchte Merkmal ist mindestens intervallskaliert und normalverteilt für beide Populationen.

t-Test für verbundene Stichproben

- Beide Stichproben enthalten dieselbe Population. Die Messwerte unterschiedlicher Proband:innen sind unabhängig voneinander.
- Beide Populationsvarianzen σ^2 sind gleich.
- Das untersuchte Merkmal ist mindestens intervallskaliert und normalverteilt für beide Populationen.

7.4.2 Fehler-Inflation und Korrekturmöglichkeiten

Jede statistische Berechnung einer Größe ist mit einem Fehler behaftet. So zeigt sich aus statistischen Überlegungen: in einer Reihe von Messungen kann irgendwann ein signifikantes Ergebnis bestimmt werden, auch wenn dies gar nicht der Fall ist (vgl. ‚Significance & Jelly-Beans‘ S. 97; Schäfer, 2016, S. 225.[10] So lässt sich zeigen, dass bereits für drei t-Tests die Wahrscheinlichkeit mindestens ein signifikantes Ergebnis zu erhalten, über dem „nominellen Signifikanzniveau“ von $\alpha = 5\ \%$ liegt, „obwohl die

[9] Vergleiche zu diesem Abschnitt auch Bortz und Lienert, 2008, S. 122 und Bortz und Lienert, 2008, S. 125.

[10] Wird ein solches Vorgehen mit Vorsatz verfolgt, wird auch von Data-Dredging oder p-Hacking gesprochen (Furrer, 2019, S. 1).
Siehe hierzu auch: https://www.deutschlandfunk.de/signifikant-oder-nicht-wenn-studien-einem-zweiten-blick-100.html (*zuletzt abgerufen: 05.01.2022*).

Nullhypothese nicht zutrifft (Eid et al., 2017, S. 416). Um dieser α-Fehler-Kumulation zu begegnen haben sich verschiedene Formen der Korrektur etabliert.

Eine häufig eingesetzte Form, eine Fehlerkorrektur für den t-Test vorzunehmen, ist die Bonferroni-Korrektur (Schäfer, 2016, S. 225). Bei dieser Korrektur wird das festgelegte α-Niveau (z.B. 5 %) durch die Anzahl der t-Tests geteilt (Bortz und Schuster, 2010, S. 232). Jedoch wird diese Methode tendenziell als konservativ eingeschätzt, und somit die Erkennung vorhandener Effekte erschwert (Bortz und Lienert, 2008, S. 39). Eine Alternative stellt die Bonferroni-Holm-Korrektur dar. Hierbei werden alle Tests „nach ihrem Ergebnis sortiert“ und im Anschluss der Reihe nach überprüft. Für den kleinsten p-Wert muss $p < \frac{\alpha}{m}$ gelten.[11] Für jeden weiteren Schritt n gilt die Prüfformel:

$$p < \frac{\alpha}{m - (n - 1)} \tag{7.11}$$

Hierin sind:

p: p-Wert des jeweiligen t-Tests
m: Anzahl der t-Tests
n: Anzahl des Schritts nach Sortierung
α: festgelegtes Signifikanzniveau (vgl. S. 98)

Die Testungen werden so lange als wirklich signifikant eingeschätzt, wie das Kriterium erfüllt ist. Alle anderen t-Tests müssen als nicht signifikant verworfen werden. Wentura und Pospeschill (2015) empfehlen dieses Verfahren der reinen Bonferroni-Korrektur vorzuziehen, da es das α-Fehlerniveau aufrechterhält, „aber etwas mehr Teststärke bewahrt“ (Wentura und Pospeschill, 2015, S. 95).

Bortz und Lienert sprechen sich auf Grund der vorgestellten Problematik daher dafür aus, *wo sinnvoll möglich*, multivariate Methoden einzusetzen (Bortz und Lienert, 2008, S. 39). Die Nutzung dieser „Verfahrensgruppe“ ermöglicht es, mit einem einzigen Test alle Endpunkte gleichzeitig zu überprüfen. „[E]ine Korrektur des Signifikanzniveaus [ist daher] nicht erforderlich“ (ebd.). Zu diesen gehören auch die Varianzanalysen, die im Folgenden kurz umrissen werden.

[11] Vergleiche zu diesem Abschnitt Wentura und Pospeschill, 2015, S. 95.

7.5 Varianzanalyse

Varianzanalysen stellen die verallgemeinerte Form des t-Tests dar. Im Gegensatz zu Letzteren sind mit Varianzanalysen jedoch Prüfungen von signifikanten Mittelwertsunterschieden bei mehr als zwei Gruppen möglich. Im Allgemeinen wird in diesem Zusammenhang als „Varianz zwischen den Gruppen“ oder „erklärte[n] Varianz“ gesprochen (Schäfer, 2016, S. 219). Neben dieser gibt es auch noch die „Varianz innerhalb der Gruppen“, die auch als „Fehlervarianz“ bezeichnet wird (ebd.). Die Varianzanalyse berechnet nun das Verhältnis aus erklärter und Fehlervarianz und ergibt die Prüfgröße F.

$$F = \frac{\hat{\sigma}^2_{zw}}{\hat{\sigma}^2_{in}} \tag{7.12}$$

Hierin sind:

$\hat{\sigma}_{zw}$: Varianz der Mittelwerte (erklärte Varianz)[12]

$\hat{\sigma}_{in}$: Varianz innerhalb jeder Gruppe (Fehlervarianz)[13]

Je größer die erklärte Varianz oder umgekehrt je kleiner die Fehlervarianz, desto größer der F-Wert. Wie auch für den t-Test gibt es eine Prüfverteilung für diese Prüfgröße. Mit einem signifikanten Ergebnis darf die Nullhypothese abgelehnt werden.[14] Da jedoch mehr als zwei Gruppen miteinander verglichen wurden, ist die Alternativhypothese „völlig unspezifisch“ (Rasch et al., 2021b, S. 32). Wie dargelegt führen wiederholte t-Tests zu einer Inflation des α-Fehlers. Daher können über eine Post-Hoc-Analyse bestimmt werden, welche Gruppe(n) ursächlich ist bzw. sind (ebd.).

Es gibt mehrere Formen, wobei die ANOVA (**An**alysis **o**f **Va**riance) die Grundform darstellt. Eine ANCOVA (Analysis of Covariance) berücksichtigt in der Berechnung noch eine Kovariate (vgl. Abschnitt »Kovarianzanalyse«, S. 108). Ein vorangestelltes M wie in MANOVA oder MANCOVA steht in diesem Zusammenhang für multivariat („Multivariate Analysis“) (Döring und Bortz, 2016, S. 723), was bedeutet, dass es nicht nur mehr als zwei abhängige, sondern auch mehrere unabhängige Variablen gibt.

[12] Die erklärte Varianz stellt die mittlere Quadratsumme der Abweichungen der Einzelwerte von den Gruppenmittelwerten dar (vgl. Rasch et al., 2021b, S. 16).

[13] Die Fehlervarianz stellt die mittlere Quadratsumme der Abweichungen der Einzelwerte von den Gruppenmittelwerten dar (vgl. Rasch et al., 2021b, S. 16).

[14] Vergleiche zu diesem Abschnitt Schäfer, 2016, S. 217–221.

Kovarianzanalyse

Eine ANCOVA (Analysis of Covariance) ist eine Erweiterung der Varianzanalyse und wird verwendet, wenn es neben den Gruppen, die man vergleicht, auch noch eine kontinuierliche Kovariate gibt, die möglicherweise den Unterschied zwischen den Gruppen erklären könnte. Die Kovariate ist ein Merkmal, das möglicherweise ebenfalls einen Einfluss auf das zu untersuchende Merkmal hat – also die abhängige Variable. Die ANCOVA wird verwendet, um den Einfluss der Kovariate auf die abhängige Variable zu kontrollieren, indem deren Einfluss auf die Gruppenunterschiede eliminiert wird. Anders ausgedrückt, die ANCOVA rechnet diesen Einfluss *heraus*.

Die (Vor-) Überlegungen, an welche Merkmale ein Effekt geknüpft sind, können teilweise entscheidend sein. Ein Beispiel hierfür ist die Forschung von Mischel (1956), die als *klassisch* gilt/galt und somit Eingang in zahlreiche Lehrwerke gefunden hat (Myers und DeWall, 2017). In der sogenannten *Marshmallow-Studie* konnte vorgeblich gezeigt werden, dass Kinder, die bereits im Alter von vier bis sechs Jahren Selbstkontrolle in Bezug auf das Nicht-Essen einer Süßigkeit bewiesen, auch erfolgreicher im Leben seien: die willenstärkeren Kinder, wiesen höhere Erfolgsraten im Hinblick auf einen College-Abschluss und Einkommen, sowie geringere Suchtproblematiken als die willensschwachen Kinder auf, die ihren Marshmallow sofort aßen (ebd.).

Jedoch zeigten Replikationsstudien, dass die Ergebnisse kaum noch signifikant waren („rarely significant“ vgl. Watts et al., 2018, S. 1159), wenn die Forschenden in ihren Studien den sozio-ökonomischen-Status und kognitive Fähigkeiten als Kovariaten erhoben: wurden die Effekte auf diesen Einfluss hin korrigiert, schrumpften die Korrelationen aus der ersten Studie auf ein Drittel (ebd.).[15]

Andersherum ist es möglich, auf diese Weise auch Effekte *herauszurechnen*, die andernfalls in erster Instanz für die Erklärung von Unterschieden herangezogen werden würden. So untersuchte Dweck mit Kolleg:innen, wie im Abschnitt »Ideengeschichte und Erkenntnisstufen«, S. 61 beschrieben, die Reaktion von Kindern auf unlösbare Puzzle-Aufgaben (Dweck und Leggett, 1988, S. 256; Yeager und Dweck, 2020, S. 1271). Da es naheliegend war, dass dieses Verhalten auf die grundsätzlichen kognitiven Fähigkeiten zurückzuführen ist, wurde diese als Kovariate erfasst und kontrolliert. Da der Effekt des Attributions-Stils immer noch vorhanden war, konnte sich schließlich aus diesen Befunden, der gesamte Zweig der Mindset-Forschung entwickeln.

[15] Diese Ergebnisse betrafen sogar nur das Verhalten 15-Jähriger. Es bleibt anzunehmen, dass die Effekte mit steigendem Alter noch kleiner werden oder über die Zeit sogar komplett verschwinden.

Der Erfolg im Physik-Studium hängt nachweislich eng mit den Abiturnoten zusammen, insbesondere mit den Noten in Physik und Mathematik (vgl. Buschhüter et al., 2017, S. 62). Daher wurden diese beiden als Merkmal im Fragebogen der vorliegenden Arbeit erfasst. Zudem wurde die Selbstangabe der durchschnittlichen Mathematiknote in der Oberstufe durch einen Mathematik-Vorwissenstest verifiziert. Diese Informationen wurden als Kovariate erhoben, konnten jedoch nicht in diesem Sinne zur Analyse genutzt werden. Allerdings wurden die Selbstangaben durch den Einsatz und die Auswertung eines Mathematikvorwissenstest bestätigt (vgl. Abschnitt »Exkurs Mathematikvorwissen«, S. 214).

7.6 Gütekriterien psychologischer Fragebögen

7.6.1 Ausgangssituation und Zielsetzung

Zu Beginn der Forschung zu dieser Arbeit lagen kaum Studien vor, die sich mit fachspezifischen Mindset im Bereich der Physik beschäftigt hatten. Die im Englischsprachigen verwendeten Fragebögen weisen, wie im Abschnitt »Domänenspezifität«, S. 82 besprochen, eine analoge Struktur zum bestehenden Mindset-Fragebogen auf. Jedoch belegen die Autor:innen kaum Validierungsprozesse, so dass nicht nachvollziehbar erscheint, inwieweit mit der Anpassung des Wortes Intelligenz allein auch wirklich ein fachspezifisches Mindset gemessen werden kann.

Die Forschung von Spatz und Kolleg:innen hat diesbezüglich einen anderen Ansatz gewählt. Sie begannen zunächst inhaltlich – gestützt auf die Arbeit von Dweck und Kolleg:innen – einen eigenen Item-Stamm zu entwickeln. Dieser wurde im Anschluss mit Hilfe von Fragebogen- und Interviewstudien mit Schüler:innen weiter angepasst. Schließlich entstand ein großer Item-Pool von 35 Items zu fünf Skalen zugeordnet. Bereits in der Arbeit von Gros (2017) zeigten sich Tendenzen, dass sich ein Teil der Skalen statistisch nicht reliabel halten können. Zudem wurden bis zu diesem Zeitpunkt alle Iterationsschritte mit Schüler:innen durchgeführt. Daher wurden für die Weiterentwicklung des Fragebogens dieser Arbeit für Studierende alle 35 Items beibehalten.

Die Zielsetzung der Weiterentwicklung bestand darin, ein Testinstrument zu erhalten, welches valide Messungen des physikfachspezifischen Mindsets bei Studierenden bzw. Studienbeginnenden ermöglicht. Hierfür wurden die bestehenden Items unter anderem zusammen mit weiteren Konstrukten getestet, um zu prüfen, inwiefern eine Abgrenzung zu ähnlichen Konstrukten möglich ist.

Bei allen Ansprüchen, die Forschende an *ihr Testinstrument* haben, ist es doch immer nur so gut, wie Proband:innen bereit sind, es auch vollständig auszufüllen. Der zeitökonomische Aspekt muss daher insbesondere für die Entwicklung eines Fragebogens berücksichtigt werden, der für den Einsatz im Feld gedacht ist und/oder nicht belohnt wird (Incentivierung durch Bezahlung o.ä.). Daher bestand eine Randbedingung für die Entwicklung des Fragebogens dieser Arbeit darin, die Item-Anzahl zudem auf ein sinnvolles Maß zu reduzieren.

Replikations-Krise

Seit Anfang der 2000er Jahre zeigt sich, dass die Replikation von bisherigen wissenschaftlichen Erhebungen oft nur in Teilen gelingt. Beispielsweise zeigte der Versuch der Open Science Collaboration (2015) 100 Studien zu wiederholen, dass größtenteils nur schwächere Effekte („half the magnitude of original effects“) als in den Originalstudien belegt werden konnten (Open Science Collaboration, 2015, S. 1). Befunde wie diese und andere führten schließlich zu dem Begriff der „Replikations-Krise“ („replication crisis“, „reproducibility crisis“ vgl. Mede et al., 2021, S. 91).

Somit stellt sich für jeden Einsatz eines Fragebogens, aber noch einmal in besonderem Maße für die Entwicklung neuer Testinstrumente, die Frage nach der Berücksichtigung von Gütekriterien. Daher sollen im Folgenden die wichtigsten Gütekriterien für psychologische Testinstrumente kurz umrissen werden. Im Anschluss soll dargestellt werden, inwieweit diese bei der Weiterentwicklung des domänenspezifischen Fragebogens berücksichtigt werden konnten.

7.6.2 Objektivität

Allgemein sollten psychometrische Tests das gleiche Ergebnis für eine Person liefern, unabhängig davon wer den Test durchführt und auswertet. Um dies zu gewährleisten, sollte der gesamte Testprozess daher möglichst standardisiert verlaufen (Bühner, 2011, S. 58). Hierfür sollen drei Dimensionen der Objektivität knapp dargestellt werden und in das Verhältnis zum entwickelten Fragebogen gesetzt werden.

Durchführungsobjektivität

Es ist wohl unmittelbar einsichtig, dass die Veränderung der Rahmenbedingungen der Testdurchführung auch das Ergebnis beeinflussen kann. Daher ist es entscheidend für die Verlässlichkeit der Ergebnisse, diese Rahmenbedingungen festzuhalten. Eine abweichende Einweisung kann, insbesondere bei Tests, die in einer Form die Leistungsfähigkeit von Personen erheben, zu einer Verzerrung der Ergebnisse führen. Bühner (2011) beschreibt dies am Beispiel der Instruktion: in einem Fall gibt die Testleitung vor möglichst schnell und gleichzeitig sorgfältig zu arbeiten, während im nächsten Fall dagegen nur die Anweisung erfolgt möglichst schnell zu sein (Bühner, 2011, S. 59). Die Unterschiede in den zu erwartenden Ergebnissen sind leicht vorstellbar. Auch zeitliche und räumliche Gegebenheiten sollten berücksichtigt werden, da

hier sowohl die Konzentrations-, wie auch Priming-Effekte eine Rolle spielen können, die später eine Vergleichbarkeit von Ergebnissen erschwert.

Bei dem in der vorliegenden Studie verwendeten Fragebogen wurden ausschließlich Items zur Selbstangaben bzw. -einschätzungen verwendet. Die genannten Aspekte, die sich als wichtig für Leistungstests erweisen, können daher für den erstellten Fragebogen als weniger prioritär eingeschätzt werden. Dennoch muss eingeräumt werden, dass auch Konzentrations- und Priming-Effekte einen Einfluss gehabt haben können. Für die Erhebungen war zunächst eine Durchführung zu Beginn einer Vorlesung im Hörsaal geplant: so dass für alle Teilnehmenden eine näherungsweise identische Umgebungssituation bestand. Jedoch wurde ein Teil der Erhebungen auch während des Covid19-Lockdowns[16] durchgeführt. Die Studierenden füllten die Fragebögen zum Teil asynchron zur Veranstaltung, an verschiedenen Orten aus. Diese Randbedingung ließ sich aufgrund der Pandemiesituation in keiner Weise vermeiden. Es kann lediglich davon ausgegangen werden, dass die meisten Personen unter Lockdownbedingungen die Fragebögen zu Hause ausgefüllt haben. Dennoch kann insbesondere für den Längsschnitt nicht davon ausgegangen werden, dass diese Umstände keinen Einfluss gehabt haben. Wie an späterer Stelle diskutiert, kann dieser Einfluss jedoch vermutlich noch eher vernachlässigt werden als die pandemiebedingte Selbstselektion an der Teilnahme für asynchrone Veranstaltungen.

Auswertungsobjektivität

Wie bereits angeklungen, sollten psychometrische Tests stets das gleiche Ergebnis für eine getestete Person liefern – und das unabhängig davon, wer den Test auswertet. Dies kann eine besondere Hürde für Tests darstellen, deren Ergebnisse durch eine Testleitung erst noch interpretiert werden müssen (Bühner, 2011, S. 58). So besitzen beispielsweise Testaufgaben, die auf unterschiedlichen Wegen gelöst werden können oder auch sprachlich verfasste Antworten einen gewissen Interpretationsspielraum. Dieser kann auf verschiedenen Wegen eingeschränkt werden, um die Objektivität zu erhöhen.

Wenn ein Test ausgefüllt ist, besteht der nächste Schritt darin, die gemachten Angaben einzuordnen. Hierfür sind präzise Auswertungsvorschriften notwendig (Bühner, 2011, S. 59). Ein häufig gewähltes Vorgehen stellen sogenannte Auswertungsschablonen dar. Mit ihrer Hilfe soll sichergestellt werden, dass unabhängig von den Auswertenden, zu denselben Ergebnissen gelangt wird. Werden Fragen wiederum

[16] Vgl. Abschnitt »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, S. 93.

(teil-)offen gestellt, müssen klare Vorgaben existieren, ab wann etwas in eine bestimmte Kategorie fällt, bzw. als richtig oder falsch gewertet werden muss (Bühner, 2011, S. 60).

Aber selbst, wenn die Tests durch Likert-Skalierung eine Datenobjektivität aufweisen, die unabhängig von einer Kategorisierung sind, ist zu beachten, dass diese in Papierform noch durch einen Scan-Vorgang erfasst werden müssen. Sowohl maschinelles Scannen als auch menschliche Datenerfassung mit Hilfe von Auswertungsschablonen besitzen wiederum eine gewisse Fehleranfälligkeit. So kann ein Programm zum Beispiel Probleme bei der Interpretation von markierten und durchgestrichenen Angaben haben, während eine Person in der Zeile *verrutschen* kann, oder die Schablone fehlerhaft ansetzt.

Ein Vorteil der Verwendung von Fragebögen in rein digitaler Form, wie in der vorliegenden Arbeit[17] verwendet, besteht darin, dass eine tabellarische Erfassung automatisiert möglich ist. Damit entfallen die oben genannten Probleme, da die Angaben zu den Konstrukten alle über eine sechsstufige Likertskala erfolgte und damit neben der Datenerfassung auch keine weitere Interpretation notwendig war (vgl. »Skalierung«).

Interpretationsobjektivität

Bei der Beschreibung der Auswertungsobjektivität wurde eine Interpretationsobjektivität auf Item- bzw. Aufgabenebene betrachtet. Die hier angesprochene Interpretationsobjektivität bezieht sich jedoch auf den Test im Gesamten. Ein Beispiel wäre, dass es nach der Auswertung eines IQ-Tests[18] möglich ist, einer Person eine Punktzahl zuzuordnen, die ihre Position in der Verteilung der Bevölkerung wiedergibt. Als häufig eingesetztes Instrument, wird hierbei der Wert von 100 Punkten immer wieder in der Art normiert, dass dieser den Mittelwert der Normalverteilung darstellt.[19] Der Test wird somit zum *objektiven* Maßstab (Bühner, 2011, S. 60). Damit ist es möglich eine Person anhand ihrer Testresultate einzuordnen, so dass zum Beispiel auch Aussagen über eine außergewöhnlich hohe bzw. niedrige Intelligenz möglich sind. Bühner (2011) führt an, dass diese standardisierten Testinterpretationen häufig in psychometrischen Tests fehlen. Er fordert jedoch im Weiteren, dass „[s]tandardisierte

[17] Die Pilotstudie wurde in Papierform an die Studierenden als sogenannte „Paper-Pencil“-Variante ausgegeben (vgl. Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 53).

[18] IQ stellt die Kurzform von Intelligenz-Quotient dar.

[19] Der Forscher J. Flynn zeigte auf, dass die Intelligenztests in 14 Nationen für den Zeitraum von den 1950ern bis in die 1980er um 15 – 20 Punkte korrigiert werden musste, um den Mittelwert der gemessenen Kohorte weiter bei 100 zu halten (Flynn, 1987, S. 171).

Interpretationsmöglichkeiten [...] für jeden Test vorliegen [sollten]“ (Bühner, 2011, S. 60). Dieser Punkt wird bei der Auswertung der Ergebnisse des eingesetzten Fragebogens aufgegriffen wurden (vgl. Abschnitt »Clusteranalyse«, S. 188).

7.6.3 Reliabilität

Die Reliabilität beschreibt die Messgenauigkeit eines Messwertes (Bühner, 2011, S. 60). Sie ist dabei jedoch unabhängig davon, was inhaltlich eigentlich gemessen wird (Renner et al., 2012, S. 57). Das kann im schlechtesten Fall bedeuten, dass ein Test ganz hervorragende Kennwerte für die Reliabilität aufweist, jedoch in keiner Weise das misst, was er vorgibt zu messen. Daher wir im Folgenden auch noch die Validität betrachtet werden. Meinhardt (2018) hält hierzu fest, „dass Messgenauigkeit [dennoch] eine wesentliche Voraussetzung für Validität darstellt“ (Meinhardt, 2018, S. 25). Nur wenn ein Messwert reproduzierbar über eine hohe Messgenauigkeit verfügt, kann schließlich auch das Ergebnis sinnvoll interpretiert werden.[20] Damit kann in einer Abfolge die Objektivität als Voraussetzung für die Reliabilität angesehen werden, die wiederum die Voraussetzung für die Validität darstellt (ebd.).

Zumeist besteht ein Test aus mehr als einem Item. Auf diese Weise kann die Messgenauigkeit erhöht werden, da sich Fehler „ausmitteln“ (Renner et al., 2012, S. 57). Diese werden daher in der Regel „zu einem Gesamtscore aggregiert“ (ebd.). Gerade bei der Aufstellung neuer Skalen findet jedoch häufig eine Entscheidung für das Verbleiben von Items statt, die zur Reliabilität beitragen, ggf. auf Kosten von solchen, die ein Konstrukt „in seiner Breite valide“ abbilden (Rost, 2019, S. 1). Ein Dilemma entsteht nun daraus, dass die Reliabilität steigt, je homogener die Items einer Skala sind (vgl. Reliabilitäts-Validitätsdilemma – Rost, 2019, S. 1). Dies steht aber gerade der inhaltlichen Validität entgegen (vgl. Abschmitt »Inhaltsvalidität«). Daher müssen tabellarische Kennwerte für die Reliabilität auch immer in Relation zu den inhaltlichen Betrachtungen gesetzt werden. Um dennoch komplexe psychometrische Testungen durchzuführen, empfiehlt Rost (2019) eine Aufteilung des Gesamttests auf mehrere Untertests vorzunehmen. Weisen diese Untertests nun eine hohe Reliabilität auf, auch auf Grund der Homogenität der Items, so können sich die Ergebnisse der Tests in der Betrachtung des Gesamtkonstruktes ergänzen.

Basis für die Schätzung der Reliabilität sind Korrelationskoeffizienten (Bühner, 2011, S. 60). Bei der Betrachtung der Reliabilität in dieser Arbeit werden die inneren bzw. internen Konsistenzen in Form des gängigen Cronbachs Alpha (α_c) berechnet

[20] „More generally, one can make a case that if test scores vary substantially over replications of the testing procedure, it is hard to give the scores any consistent interpretation.“ (Kane, 2013, S. 29).

(Moosbrugger und Kelava, 2012, S. 130). Dafür wird der Test im Vergleich zur „Split-Half"-Methode nicht in zwei Hälften, sondern in so viele Teile zerlegt, wie der Test Items hat (Moosbrugger und Kelava, 2012, S. 131). Nach Bortz und Döring (2016) wird der α-Koeffizient in seiner allgemeinen Form wie folgt berechnet (Bortz und Schuster, 2010, S. 429):

$$\alpha_c = \frac{p}{p-1} \cdot (1 - \frac{\Sigma_i \ s_i^2}{s_{Ges}^2}) \tag{7.13}$$

Hierin sind:

p: Anzahl der Variablen (Items)
s_i^2: Varianz der Variablen i
s_{Ges}^2: Varianz der Linearkombination (Summe)

Dabei gilt, dass der Wert für α_c steigt, je höher die Anzahl dieser Items ist (Bühner, 2011, S. 61). Zusätzlich steigt sie „je höher die Korrelation zwischen den Items im Durchschnitt ist" (Moosbrugger und Kelava, 2012, S. 131). Die anstrebenswerte Höhe von α_c ist abhängig von der Art des Anwendungsbereiches und der untersuchten Population (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 330). Somit kann keine „allgemeingültige Empfehlung" gegeben werden. Als Orientierung existieren im Bereich von Leistungs- und Intelligenztests Werte um die 0,9. Im Bereich der Persönlichkeitstest werden dagegen häufig niedrigere Werte um die 0,7 als noch akzeptabel angesehen (ebd.).

Ein Ziel der Fragebogenpilotierung bestand unter anderem in der Reduktion der Item-Anzahl. Da der Wert für α_c mit der Testlänge monoton steigt (Bühner, 2011, S. 61), sollte dies bei der Beurteilung der Güte der Reliabilität einbezogen werden. Besitzt eine Skala mit einer geringen Anzahl an Items ein Cronbachs Alpha α_c im guten oder sehr guten Bereich, so kann dieser Wert als höherwertig eingeschätzt werden als bei Skalen, die aus einem Vielfachen an Items bestehen. Jedoch gilt hierbei zu beachten, dass ein sehr hoher Wert für α_c wiederum für eine (zu) starke Homogenität spricht und die Skala somit nur einen eingeschränkten Bereich des untersuchten Merkmals widerspiegeln könnte.

7.6.4 Validität

Wenn die Rede von Validität ist, wird diese in den verschiedensten Schriftstücken zunächst etwas *salopp* in etwa definiert als *der Test misst, was er vorgibt zu messen* (Krüger et al., 2014, S. VI; Renner et al., 2012, S. 58; Moosbrugger und Kelava,

2020, S. 30; Döring und Bortz, 2016, S. 445). Bereits Cronbach (1988) verwies auf die Nutzung dieser Simplifizierung: „In the very earliest discussions of test validity, some writers said that a test is valid if it measures ‚what it purports to measure'." (Cronbach, 1988, S. 5 in Meinhardt, 2018, S. 26). Von den drei Arten der Validität: Inhaltsvalidität, Kriteriumsvalidität und Konstruktvalidität entspricht „eigentlich nur die Inhaltsvalidität der obigen Definition" (Bühner, 2011, S. 61). Die anderen beiden: Kriteriumsvalidität und Konstruktvalidität bestimmen demgegenüber die Validität der „abgeleiteten Aussagen" (ebd.).

Die Validierung eines Instrumentes – bzw. die Messung mit diesem – ist „[l]eider [...] theoretisch und methodisch sehr viel anspruchsvoller als die Reliabilitäts"- oder Objektivitätsüberprüfung (Döring und Bortz, 2016, S. 445). Dennoch kann die Validität in der Hierarchie über die beiden anderen Gütekriterien gesetzt werden: denn ein Testinstrument, dass vorgibt ein bestimmtes Merkmal zu messen, aber in Wirklichkeit ein anderes erfasst, ist *wertlos*, selbst wenn es die anderen beiden Gütekriterien hervorragend erfüllen würde.

In vorangegangen Jahrzehnten wurde die Validität einem Testinstrument zugesprochen (Meinhardt et al., 2018, S. 134). Inzwischen hat sich jedoch durchgesetzt, nur die Messung selbst als valide einzuschätzen oder eben nicht. Somit wird Validierung zu einem fortlaufenden Prozess (Renner et al., 2012, S. 60).

Inhaltsvalidität

Die Items eines Messinstrumentes, z.B. die Fragen in einem Fragebogen, sollen ein Konstrukt möglichst von allen Seiten erfassen und nicht bloß einzelne Facetten. Hierbei kommt häufig der von Michel und Conrad (1982, S. 57) geprägte Ansatz des „Repräsentationsschluss[es]" zum Tragen (in Bühner, 2011, S. 62). Das bedeutet, dass die „Testitem eine repräsentative Itemmenge aus dem ‚Universum' von Items bilden, die das interessierende Merkmal abbilden" (ebd.). Inwieweit dies gelungen ist, wird durch die Prüfung der Inhaltsvalidität bestimmt.

Wie bereits mehrfach angedeutet, ist die Inhaltsvalidität somit von zentraler Bedeutung. Gleichzeitig ist sie am schwersten zu belegen (Bühner, 2011, S. 61), da sie nicht berechnet und durch einen „numerischen Validitätskoeffizienten ausgedrückt" werden können (Döring und Bortz, 2016, S. 446). Voraussetzung ist eine genaue Spezifikation bzw. Darlegung der Ausprägungen des Konstruktes. Über die Aufstellung der inhaltlichen Aspekte, die das Konstrukt repräsentieren, wird die Basis gelegt, um anschließend eine Zuordnung der Items vorzunehmen (ebd.). Hierfür kommen

üblicherweise zwei Vorgehensweisen zum Tragen: Plausibilitätsüberlegungen und Expert:innen Reviews.

Plausibilitätsüberlegungen sind in der Regel derart gestaltet, dass eine Fachperson den Test und die zugehörigen Spezifikationen analysiert und „theoretisch-argumentativ“ Urteile über eine Zuordnung trifft (Döring und Bortz, 2016, S. 446). Hierbei muss beachtet werden, inwieweit jeder Aspekt auch Ausdruck in Form von Items findet und inwiefern das Konstrukt insgesamt widergespiegelt wird (ebd.).

Expert:innen Reviews werden analog zur Plausibilitätsprüfung vollzogen, wie oben beschrieben, jedoch durch externe Fachpersonen. Dieser Expertise-Status bezieht sich dabei auf das zu untersuchende Konstrukt und besitzt keine *harten* Kriterien. Hinzu kommt, dass auf diese Weise auch noch Verbesserungsvorschläge zu den Items rückgemeldet werden können (Döring und Bortz, 2016, S. 446). Somit kann in iterativen Schleifen der Feedback-Prozess durchlaufen werden, um die Items entsprechend anzupassen. Die Prozesse können folgerichtig in der Phase der Item- bzw. Fragebogen-Konstruktion durchlaufen werden. Ebenso sinnvoll wie notwendig ist die inhaltliche Validierung jedoch auch bei der Bildung neuer Skalen mit Hilfe einer explorativen Faktorenanalyse (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 605). Hierbei sollte darauf geachtet werden, dass bei der Item-Selektion nicht nur zugunsten hoher Werte für die Reliabilität stattfindet. Dies kann andernfalls zu Einbußen in der Validität führen, wenn das „Zielkonstrukt dann nicht in seiner Breite abgedeckt wird“ (Döring und Bortz, 2016, S. 445; vgl. auch Reliabilitäts-Validitätsdilemma, S. 114).

Augenscheinvalidität und soziale Erwünschtheit

Die Inhaltsvalidität kann von Personen mit fachlicher Expertise durchgeführt. Demgegenüber steht die Augenscheinvalidität, die durch die Personengruppen bestätigt wird, die den Test ausfüllen. Diese Einschätzung gibt an, ob auch „Laien“ den Test für geeignet erachten, das beschriebene Konstrukt zu messen. Der Unterschied in der Erhebung ergibt sich vor allem im Hinblick auf das systematische Vorgehen der oben beschriebenen Einordnung. Daher beschreibt Bühner (2011) auch, dass die Augenscheinvalidität „eigentlich kein wissenschaftliches Konzept“ darstellt (Bühner, 2011, S. 62). Dennoch hängt die Augenscheinvalidität mit der Akzeptanz der Testpersonen zusammen (Renner et al., 2012, S. 59). Da das Ausfüllen von Fragebögen mit einem gewissen Maß an Zeitaufwand und Mühe verbunden ist, sollte es für die Teilnehmenden ersichtlich sein, dass auch gemessen wird, was ihnen angekündigt wurde (ebd.).

Einerseits sollte eine Skala und deren Items daher sowohl eine inhaltliche als auch augenscheinliche Validität aufweisen. Dem steht jedoch gegenüber, dass ein psychometrischer Test so objektiv wie möglich ein Konstrukt erfassen soll. Der Begriff der Objektivität beschreibt in diesem Zusammenhang, dass der Test möglichst wenig verzerrt bzw. verfälscht wird, z.B. durch den Einfluss der sozialen Erwünschtheit, im Gegensatz zu den oben beschriebenen Gütekriterien (Döring und Bortz, 2016, S. 438).

Soziale Erwünschtheit beschreibt die Tendenz von Personen, einer *angenommenen* Erwartung zu entsprechen. Es muss daher bedacht werden, dass Fragebögen durch diesen Einfluss weniger gemäß dem eigentlichen persönlichen Erleben der Proband:innen sondern „stärker [von wahrgenommen (gesellschaftlichen)] Normen und Erwartungen“ beeinflusst, beantwortet werden (Döring und Bortz, 2016, S. 439).

Renner (2012) erklärt dies am Beispiel von folgendem Item: „‚Ich empfinde häufig Furcht und Angst‘“; diesem Item ist klar zu entnehmen, „‚welches Merkmal damit erfasst werden soll‘“ (Renner et al., 2012, S. 64). Angenommen eine befragte Person sei nun der Überzeugung, dass mutig sein, eine erstrebenswerte Eigenschaft ist oder andersherum, dass ein Zugeben von Angstgefühlen zu einer Stigmatisierung[21] führt, da eine soziale Verurteilung befürchtet wird. Diese Person würde vermutlich eher weniger zur Bestätigung dieses Items neigen, als es in Wirklichkeit möglicherweise zutrifft. Es gibt daher eigene Skalen, die die Tendenz einer Person erfassen, gemäß sozialer Erwünschtheit zu antworten. Einsatz finden hierfür z.B. die Marlowe–Crowne Social Desirability Scale (MC–SDS) oder die Paulhus Deception Scale (PDS), die aus 33 bzw. 40 Items bestehen. Damit können diese einen Test erheblich verlängern, was die Untersuchungspersonen somit zusätzlich belastet.[22]

Da es bei der Weiterentwicklung des Mindset-Fragebogens für diese Arbeit u.a. darum ging, ein möglichst zeitökonomisches Instrument zu erhalten, wurde vom Einsatz solcher Kontrollskalen abgesehen. Jedoch wäre ein Einsatz durchaus erneut zu erwägen, da die entwickelten Skalen mit den allgemeinen (vier Items) und Physik-fachspezifischen Items (je fünf Items) insgesamt nur noch eine Länge von 14 Fragen hat. Dies ist jedoch nicht mehr Teil der vorliegenden Arbeit.

Um der Problematik dennoch zu begegnen, können jedoch noch weitere Maßnahmen ergriffen werden. Zum einen besteht eine Möglichkeit darin, die Teilnehmenden zu einem korrekten Antwortverhalten aufzufordern zusammen mit der Zusicherung der

[21] „Stigmatisierung bezeichnet in erste Linie die Zuschreibung eines Merkmals auf eine Person, das von der Gesellschaft negativ bewertet wird und sich für den einzelnen Menschen negativ auswirkt.“ (Stangl, 2022, S. 1).

[22] Zu diesem Abschnitt vgl. Döring und Bortz, 2016, S. 437.

Anonymität (Döring und Bortz, 2016, S. 235). Zum anderen können die Proband:innen über die Ziele aufgeklärt werden (Krüger et al., 2014, S. 276). Zusätzlich können Antworttendenzen in eine bestimmte Richtung vermieden werden, indem sowohl positiv wie negativ formulierte Aussagen für eine Skala eingesetzt werden (Döring und Bortz, 2016, S. 269) und die Reihenfolge randomisiert wird, so dass auch ein Ankreuzen von *Mustern* (z.B. immer volle Zustimmung) reduziert wird. Diese Vorgehensweisen werden noch einmal aufgegriffen, in der Besprechung des Aufbaus des Pilot- und Hauptstudienfragebogens.

Kriteriumsvalidität

Die Kriteriumsvalidität überprüft, welche Zusammenhänge des Testinstrumentes zu anderen Informationen bestehen, die eine Relevanz für das zu messende Konstrukt besitzen (Krüger et al., 2014, S. 108). Daher wird sie auch als externe Validität bezeichnet (Meinhardt, 2018, S. 15). Moosbrugger und Kelava (2020) führen in diesem Zusammenhang den „Schulreifetest“ als Beispiel an (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 33). Eine hohe Kriteriumsvalidität liegt für einen solchen Test dann vor, wenn Kinder, die in diesem Reifetest leistungsschwach /-stark sind, auch im wirklichen schulischen Kontext der ersten Klasse leistungsschwach /-stark sind (ebd.). Im beschriebenen Fall liegt die zeitliche Verfügbarkeit des Überprüfungskriteriums in der Zukunft. Bei vorliegender hoher Kriteriumsvalidität, kann somit auf Grund des Testergebnisses eine Extrapolation vorgenommen werden auf Situationen außerhalb der Testsituation. Dies kann sowohl eine Vorhersage betreffen – wie im beschriebenen Fall – als auch in Retrospektive erfolgen (Döring und Bortz, 2016, S. 447).

Demgegenüber steht die Übereinstimmungsvalidität bzw. konkurrente Validität (Krüger et al., 2014, S. 112). Hierbei werden sowohl der Test als die Erhebung des externen Kriteriums zum *nahezu* gleichen Messzeitpunkt erhoben. Ziel ist in diesem Fall oft, einen bestehenden Test zu ersetzen oder in Itemanzahl zu kürzen (Renner et al., 2012, S. 59). Die bestehenden Items sollten bei hoher Kriteriumsvalidität somit eine hohe Korrelation zu den neuen Items aufweisen. Auch die bestehenden Items müssen die Gütekriterien erfüllen. Bortz und Döring (2016) führen in diesem Zusammenhang an, dass ein neuer Test sich dem herkömmlichen erst als überlegen beweisen muss, um diesen ersetzen zu können (Döring und Bortz, 2016, S. 447).

Die inkrementelle Validität beschreibt dabei das Ausmaß, in dem ein „Außenkriterium signifikant besser vorhergesagt werden [kann] als mit dem herkömmlichen Test“ durch die Hinzuziehung des neuen Tests (ebd.) bzw. zusätzlicher Items (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 748).

Konstruktvalidität

Die Konstruktvalidität wird von Autor:innen z.T. unterschiedlich ausgelegt.[23] Einige subsummieren alle Validitätsarten darunter. Andere fassen sie enger, so dass nur die faktorielle sowie die konvergente bzw. divergente Validität darunterfällt. Ihr kommt eine zentrale Bedeutung zu, da basierend auf dem theoretischen Konstrukt, Annahmen formuliert werden, die schließlich auch empirisch überprüft werden können (Rost 2004, S. 35 in Krüger et al., 2014, S. 115). Damit ist sie im Gegensatz zur Inhaltsvalidität konkret quantifizierbar. So sollte ein neuer Intelligenztest eine hohe konvergente Validität zu einem bestehenden Intelligenztest haben. Zum Leseverständnis sollte er hingegen eine divergente Validität aufweisen (ebd.). Diese Validitäten werden in Form von hohen bzw. schwachen Korrelationen der verglichenen Konstrukte ausgedrückt.

Diese Form der Validierung ist nur dann möglich, wenn es geeignete Hypothesen gibt, über mögliche Zusammenhänge. In diesem Zusammenhang wird auch von einem „‚nomologischen Netz'" gesprochen (Döring und Bortz, 2016, S. 446). Dieses gibt die „Richtung und Enge" zu den Vergleichs-Konstrukten vor (ebd.). Diese Prüfung(en) unterliegt wiederum der Güte, der zu vergleichenden Konstrukte, was *nicht selten zum Nachteil dieses Ansatzes wird*, weil „deren Inhaltsvalidität selbst unzureichend ist" (Bühner, 2011, S. 63).

Auch die faktorielle Validität bestimmt die Zusammenhänge zwischen verschiedenen Tests. Dies geschieht mit einer Faktorenanalyse. Diese kann explorativ oder konfirmatorisch erfolgen. Die explorative Faktorenanalyse dient dazu, *homogene* Inhaltsbereiche, sprich eine Item-Menge, zusammenzufassen und von konstruktfremden Items abzugrenzen.[24] Liegen diese Zusammenhänge bereits vor, lassen sich diese mit Hilfe von konfirmatorischen Faktorenanalysen für durchgeführte Tests überprüfen. So sollten alle Items die inhaltlich einen Faktor bilden, sich auch empirisch zu einem solchen „bündeln" lassen (Döring und Bortz, 2016, S. 446). Dies spielt auch eine Rolle für eindimensionale Konstrukte. Deren gesamte Items sollten sich dementsprechend nur diesem einen Konstrukt zuordnen lassen.

Diese Aspekte sollten insbesondere Beachtung finden, wenn ein Test in einer Kohorte eingesetzt wird, die in bestimmten Merkmalen abweicht, von der ursprünglichen Kohorte, wie beispielsweise der Altersstruktur. Ein eindimensionales Konstrukt, das bei Schüler:innen erhoben wurde, könnte ggf. bei Studierenden in zwei oder mehr Dimensionen zerfallen, weil diese u.U. eine differenziertere Sichtweise zu bestimmten

[23] Für diesen Abschnitt siehe auch Bühner, 2011, S. 63-64.
[24] Vgl. zu diesem Abschnitt Bühner, 2011, S. 64.

Konzepten haben. So zeigen Studien, dass der Begriff der Intelligenz von Grundschulkindern noch stärker mit *viel Wissen* gleichgesetzt wird, während (westliche) Studierende Intelligenz eher als Konstrukt mit vielen Facetten betrachten und je nach Kontext z.B. als Fähigkeit zum Problemlösen oder als Fähigkeit zum Lernen von neuen Dingen interpretieren (Limeri et al., 2020b, S. 8). Es kann daher nicht einfach davon ausgegangen werden, dass Schüler:innen und Studierende ein identisches Antwortverhalten aufweisen.

8. Aufbau und Validierung des Testinstrumentes

8.1 Aufbau des Fragebogens – Erläuterung grundlegender Entscheidungen

8.1.1 Skalierung

Die Frage danach, in welchem Format die Antworten von Teilnehmenden in Fragebögen erfasst werden, ist nicht trivial, wie bereits im Abschnitt »Validität«, S. 115 dargestellt. Für den weiterentwickelten und eingesetzten Fragebogen dieser Arbeit wurde durchgängig eine sechsstufige Likert-Skala eingesetzt. Dies hatte verschiedene Gründe. Zum einen wird davon ausgegangen, dass das Mindset ein Spektrum entlang von den beiden Polen Growth und Fixed Mindset darstellt (vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36). Es wurde sich daher für eine geradzahlige Skala entschieden, womit unter anderem auch eine Tendenz zur neutralen Mitte („response bias“) entgegengewirkt werden sollte (Garms-Homolová, 2020, S. 53-54).

Von der Verwendung einer vierstufigen Skala wurde dabei aus zwei unterschiedlichen Gesichtspunkten abgesehen:

Laut Bortz und Döring (2016) liefern psychometrische Tests mit einer Stufenzahl zwischen fünf und sieben (seltener bis neun) Items, „die besten Validitäten und Reliabilitäten“ (Döring und Bortz, 2016, S. 249). Mehr als diese Abstufung führt nach Meinung der Autor:innen zur Überforderung der Differenzierungsfähigkeit der Teilnehmenden (ebd.). Dies könnte ggf. an der Anzahl der *Speicherplätze* im Arbeitsgedächtnis liegen, den sogenannten „Chunks“ (Gruber, 2018, S. 33; Meinhardt et al., 2018, S. 142). Diese werden nach Miller (1956) mit einer Anzahl von 7 ± 2 angegeben (Gruber, 2018, S. 23).

Items, die eine gewisse sozial-erwünschte Antwortrichtung nahelegen, führen in Studien mit niedrigstufigen Skalen zudem zu sogenannten Boden- bzw. Deckeneffekten (Meinhardt et al., 2018, S. 142). In einer Studie von Kalender (2022) zeigte sich dieser Effekt bereits explizit für Items zur Messung von einem physikfachspezifischen Mindset mit Hilfe eine vierstufigen Likert-Skala (Kalender et al., 2022, S. 14). Gleichzeitig liefern wenige Stufen im Bereich bis vier „undifferenzierte Urteile, die maximal Ordinalskalenniveau besitzen (Döring und Bortz, 2016, S. 249).

Metrik der Likert-Skala

Der Likert-Skala wird in der Regel ein Ordinal- oder Intervallskalenniveau zugeschrieben (Döring und Bortz, 2016, S. 269). Diese Zuweisung hat Konsequenzen im Hinblick darauf, welche statistische Verfahren eingesetzt werden dürfen für die Auswertung der Daten. Im Falle eines Ordinalskalenniveaus dürfen nur non-parametrische Methoden verwendet werden. Diese verfügen gegenüber den parametrischen Methoden jedoch über weniger Teststärke und sind anfälliger dafür, schwache Signale zu übersehen.[1]

Eine Intervallskala setzt voraus, dass die einzelnen Stufen jeweils den gleichen Abstand besitzen. Rohrmann (1978) zeigte auf, dass Teilnehmende Skalen ab fünf Stufen „weitgehend als äquidistant“ einschätzten (Rohrmann (1978) in Döring und Bortz, 2016, S. 245). Carifio und Perla (2008) bestätigen zudem in ihrer Analyse, die Angemessenheit der Verwendung von parametrischen Verfahren für die Berechnung der zugehörigen statistischen Werte für Likert-Skalen (Carifio und Perla, 2008, S. 1151).

Online-Fragebogen

Die Durchführung der Hauptstudien-Testungen erfolgte ausschließlich via Online-Fragebogen. Konnte die Pilotierung noch in Papierform erfolgen, war dies durch die Einschränkungen im Zuge der CoVid-19-Pandemie nicht mehr möglich. Alle weiteren Erhebungen mussten daher digital durchgeführt werden.[2] Hierfür wurde durchgängig mit dem Umfrage-Tool ›EvaSys‹ gearbeitet.

Eine Darstellung im waagerechten Format, wie im Papierfragebogen der Pilotierungsstudie, war in ›EvaSys‹ nur bei entsprechender horizontaler Auflösung des

[1] „Non-parametric statistics, however, are less sensitive and less powerful than parametric statistics and are, therefore, more likely to miss weaker or emerging findings.“ (Carifio und Perla, 2008, S. 1150).

[2] Die Auswahl und auch die Reihung der Items wurde hierfür konstant über alle digitalen Messungen gehalten (vgl. Abschnitt »Anordnung der Fragen«, S. 127).

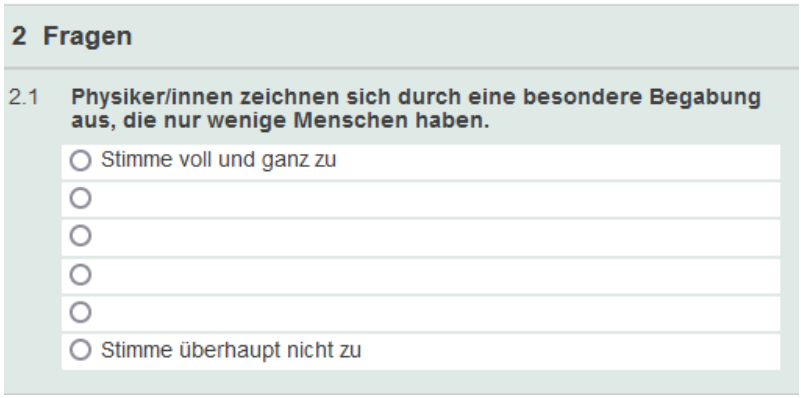


Abbildung 8.1.: Online-Fragebogen im Hochformat für Smartphones

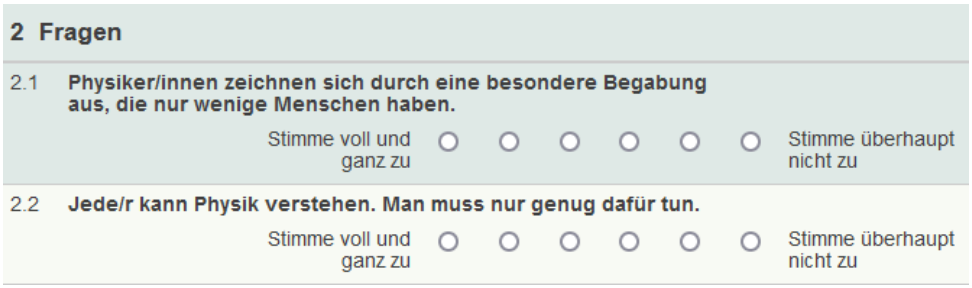


Abbildung 8.2.: Online-Fragebogen im Querformat für PC-Bildschirme und Tablets

Endgerätes möglich. Eine Beantwortung durch die Studierenden erfolgte mutmaßlich mit Hilfe ihres Smartphones. Daher wurde die Zustimmungsrichtung für das Antwortformat der sechsstufigen Likert-Skala so gewählt, dass es für jedes Item unten mit „*stimme überhaupt nicht zu*“ begann und oben mit „*stimme voll und ganz zu*“ endete (vgl. Abbildung 8.1). Es wurde daher in Kauf genommen, dass eine Teilgruppe den Fragebogen – entgegen der Empfehlung[3] von Prof.^{in} Murphy, die Likert-Skala mit der *Ablehnungsoption* zu beginnen – dargestellt bekam (vgl. Abbildung 8.2).

8.1.2 Kopfteil

Der Fragebogen für die Hauptstudie dieser Arbeit wurde den Studierenden in digitaler Form ausgegeben. Um die gleiche Voraussetzung zum Ausfüllen herzustellen, wurde den Studierenden im Kopfteil eine Instruktion gegeben (vgl. Abschnitt »Objektivität«, S. 111).

[3] Online-Beratungstermin vom 11.03.2021 mit Prof.^{in} Mary Murphy, Department of Psychological and Brain Sciences der Universität Bloomington, Indiana USA.

Nach Moosbrugger (2020) sollte diese zum einen die Aufforderung spontan und ehrlich zu antworten enthalten und zum anderer den Fragebogen vollständig zu bearbeiten (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 59). Ergänzt wurde dies mit dem folgenden Hinweis: „*Auch wenn manche Fragen sehr ähnlich klingen und sich scheinbar wiederholen, beantworten Sie bitte alle bis zum Schluss.*“ Dieser Hinweis ergab sich aus den Rückmeldungen der Studierenden nach der Pilotierung. Auf den Fragebögen war mehrfach angemerkt worden, dass sich die Fragen zu wiederholen scheinen. Trotz diesem Hinweis kam es immer noch vereinzelt zu dieser Rückmeldung – auch für den gekürzten Fragebogen der Hauptstudie.

Moosbrugger beschreibt weiter, dass es „unerlässlich [ist], explizit einen Hinweis auf die Anonymität der Testpersonen“ zu geben (ebd.). Um diesen Aspekt Rechnung zu tragen, wurde daher der Textteil fett formatiert, der vollständige Anonymität zusichert: „*Die Fragebögen werden selbstverständlich* ***völlig anonym*** *ausgewertet!*

Diese Zusicherung konnte bedenkenlos ausgesprochen werden, da die Teilnehmenden sich selbst einen Code aufbauen konnten, der für Außenstehende nicht rekonstruierbar ist (vgl. nächster Abschnitt »Anonymer Code«, S. 126).

Anonymer Code

Um die Studierenden in der Längsschnitt-Untersuchung nachverfolgen und korrekt zuordnen zu können, konnte sich jede:r Studierende:r einen eigenen Code zuordnen. Dieser war zum einen so gewählt, dass er für die Teilnehmenden zu jedem Zeitpunkt wieder rekonstruierbar war. Dies wurde sichergestellt, indem individuelle[4] und unveränderliche Fakten abgefragt wurden. Zum anderen war der Autorin dieser Arbeit in keinem Fall möglich, auf Grund dieser Angaben Rückschlüsse auf die Personen vorzunehmen. Dadurch war die vollständig anonyme Datenerhebung gewährleistet.

Aus dem Kopfteil des Fragebogens:

„Bitte legen Sie für sich einen Code fest, der wie folgt konstruiert ist: (Dieser Code dient zur anonymen Weiterverarbeitung der Daten, da nur Sie diesen rekonstruieren können.)

1. *Die ersten beiden Buchstaben Ihres Geburtsortes. (Würzburg → WÜ; Hamburg → HA nicht HH)*
2. *Die ersten beiden Zahlen Ihres Geburtstages z.B.: 04 oder 22*

[4]Es sei anzumerken, dass Zwillinge denselben Code konstruieren. Tatsächlich wurden in wenigen Fällen zum Messzeitpunkt WS 2019/20 identische Codes für denselben Hochschul-Standort gefunden. Diese spielten jedoch für die Längsschnitt-Untersuchung und das Matchen der Codes keine weitere Rolle.

3. Die ersten beiden Buchstaben des Vornamens ihrer Mutter.
4. Die ersten beiden Zahlen des Geburtstages Ihrer Mutter z.B.: 05 oder 31“

Abfrage Hintergrunddaten

Im Kopfteil des Fragebogens wurden im Weiteren noch einige studiumsrelevante demographische Daten abgefragt.

- **Allgemeine Daten**: Standort, Studienrichtung, Semester, Geschlecht
- **Fachbezogene Daten**: Art Mathematikkurs in Oberstufe, Art Physikkurs in Oberstufe, Vornote Mathematik und ggf. Physik in Oberstufe

Für die Teilnahme von bayerischen und österreichischen Hochschulen wurden Filterfragen eingebaut, die zu den entsprechenden Antwortmöglichkeiten führten und die nicht-relevanten ausblendeten.

8.1.3 Anordnung der Fragen

Die Reihenfolge und Anordnung von Fragen in Persönlichkeitstests können zu einer Verzerrung im Antwortverhalten führen (Renner et al., 2012, S. 14). Daher werden die Items solcher Testinstrumente häufig randomisiert, also zufällig gemischt angeordnet, um „Augenscheinvalidität und das Auftreten von Antworttendenzen zu verringern“ (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 56). Dies kann helfen Effekte der sozialen Erwünschtheit zu reduzieren, kann allerdings gleichzeitig zu einer Verringerung der internen Konsistenz führen (vgl. Abschnitt »Augenscheinvalidität und soziale Erwünschtheit«). Da diese jedoch in der Regel auf einen Anker- bzw. Konsistenzeffekt[5] zurückzuführen ist, wurden die Items der verschiedenen Konstrukte daher dennoch gemischt auf den Fragebogen verteilt. Dabei wurde darauf geachtet, dass ähnlich klingende Items aus unterschiedlichen Skalen nicht direkt aufeinander folgten. Dies wurde sowohl für die Pilotierung als auch für die Hauptuntersuchung durchgeführt. Die Reihenfolge der Fragen-Items wurde nach der Pilotierung für alle sich anschließenden Messungen der Hauptuntersuchungen *eingefroren*, um damit eine Vergleichbarkeit der Ergebnisse zu gewährleisten.

8.2 Konstrukte im Fragebogen

Die Items des ursprünglichen Fragebogens nach Gros (2017) decken eine Bandbreite an Themen ab, die Schüler:innen relevant für den Erfolg im (Schul-)Fach Physik halten.

[5]Vgl. Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 85 ff.

Um zu prüfen inwieweit diese alle einem fachspezifischen Mindset zugeordnet werden können, wurden die Items und Skalen betrachtet und weitere Konstrukte ausgewählt, die entweder in der Literatur bereits im Zusammenhang mit dem Mindset erwähnt wurden oder deren Items Parallelen zu den bestehenden aufweisen. Im Folgenden sollen zunächst die Skalen und Items des ursprünglichen Fragebogens vorgestellt werden. Im Anschluss werden die ausgewählten Konstrukte vorgestellt und aufgezeigt, welche Überschneidungen sich inhaltlich ergeben.

8.2.1 Vorarbeiten für einen domänenspezifischen Fragebogen zum Mindset in Physik

Wie im Abschnitt »Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik«, S. 86 waren Spatz und Kolleg:innen im deutschsprachigen Raum die ersten, die nach Kenntnis der Autorin dieser Arbeit, die physikspezifische Mindset-Forschung nach Broome (1998) erneut aufgriffen (Tobias und Hopf, 2017; Goldhorn und Spatz, 2018; Spatz und Gros, 2019).

Die Autor:innen setzten für ihre erste Fragebogenstudie einen Itemstamm auf, der auf den fünf Kategorien basierten, die Dweck (2008a) in ihrem Buch „Selbstbild“ beschreibt (nach N. Holmes in Dweck, 2008a, S. 263): Herausforderung („challenges“), Hindernisse („obstacles“), Anstrengung („effort“), Kritik („criticism“) und Erfolg von anderen („success of others“) (Tobias und Hopf, 2017).

Zehn von den 24 Items entworfenen Items entfielen auf die Skala „Allgemeine Überzeugung“ („PhysikerInnen zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.“ vgl. Tobias und Hopf, 2017, S. 345). 14 weitere Items wurden drei Skalen zugeordnet, die sich aus den oben genannten fünf Kategorien speisten: „‚Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen‘ mit 4 Items (Bsp: ‚Je kniffeliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.‘), ‚Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen‘ mit 6 Items (Bsp: ‚Fehler sind wichtig für mich, weil ich daraus am meisten Lernen kann.‘) und ‚Reaktion auf Konkurrenz‘ mit 4 Items (Bsp: ‚Meine Meinung: Nur Streber sind gut in Physik.‘).“ (ebd.).

Sowohl die Skala der „Allgemeine[n] Überzeugung“ als auch die „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen“ zeigen hohe bis sehr hohe interne Konsistenzen bei der Testung mit 385 deutschsprachigen Schüler:innen (sechste, siebte und zehnte Jahrgangsstufe). „Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen“ kann eine noch ausreichende interne Konsistenz aufweisen, wobei sich bei den Items „kein inhaltlich stimmiges Bild“ ergab. Eine ähnliche Situation zeichnet sich auch für die

Auswertung des Fragebogens in dieser Arbeit (vgl. Kapitel »Aufbau und Validierung des Testinstrumentes«). In der sich anschließenden Interviewstudie mit Schüler:innen, von Goldhorn und Spatz (2018) bilden sich anhand der Interviews zwei weitere Skalen heraus: „Interesse für Physik verbessert die Leistung“ und „Physik muss man verstehen“ (Goldhorn und Spatz, 2018, S. 183-184).

Die entstandenen Skalen wurden schließlich von Gros (2017) aufgegriffen, um diese erneut in ein Fragebogenformat zu überführen und mit 228 Schüler:innen (siebte bis zehnte Jahrgangsstufen; Großraum Darmstadt, Deutschland) zu testen (Gros, 2017, S. 45). Hierzu verwendet er die Methode der Gruppendiskussion mit Schüler:innen und führt die Ergebnisse mit denen von Goldhorn und Spatz (2018) zusammen (Spatz und Gros, 2019, S. 653). In den Diskussionen taucht das Interesse an Physik ebenfalls seitens der Schüler:innen auf. Jedoch konnte diese Kategorie durch die geringe Anzahl von Äußerungen nicht als Grundlage für die Erstellung einer eigenen Skala verwendet werden (Gros, 2017, S. 69). Es entsteht somit ein Fragebogen mit insgesamt 35 Items, die sich auf die folgenden Kategorien verteilen:

I. Allgemeines, Physik durch Begabung oder Übung (10 Items)
II. Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung (5 Items)
III. Reaktion auf Fehler und Beanstandungen (7 Items)
IV. Reaktion auf Konkurrenz (6 Items)
V. Erlernbarkeit von physikalischem Verständnis (7 Items)

Die Skalen III und IV weisen trotz Überarbeitung analog zu Tobias und Hopf (2017) weiterhin nur niedrige interne Konsistenzen auf($\alpha_{III} = 0{,}63$; $\alpha_{IV} = 0{,}45$ – Spatz und Gros, 2019, S. 653). Dagegen können die Skalen I und II erneut mit guten Werten beim Cronbachs α bestätigt werden ($\alpha_I = 0{,}85$; $\alpha_{II} = 0{,}9$). Die neu entwickelte Skala V besitzt einen noch akzeptablen Wert von $\alpha = 0{,}73$ (ebd.).

In die Pilotierung gehen alle 35 Items des oben beschriebenen Fragebogens nach Gros (2017) ein (vgl. Anhang »Items – fachspezifisches Mindset«, S. 345).

8.2.2 Mindset nach Dweck

Der Fragebogen für das Mindset nach Dweck findet sich in der Literatur als als Fragbogen zu den Überzeugungen zur Intelligenz bzw. als TOI („Theories of Intelligence“ vgl. Dweck, 1999).

Im Fragebogen zur Pilotierung wurden keine Items zur TOI aufgeführt. Ab der ersten Befragung der Hauptuntersuchung wurden vier Items zu den Überzeugungen zur Intelligenz erhoben. Diese basierten auf den vier Items nach Dweck (2008a, S.

12) und wurden aus dem Englischen ins Deutsche übersetzt (vgl. Anhang Abschnitt »Items – Mindset nach Dweck«, S. 352).

8.2.3 Achievement Motive Scale

Murray beschrieb bereits 1938 das Bedürfnis nach Leistung („achievement motive“), wie folgt: „Eine schwierige Aufgabe meistern, etwas besser und schneller tun, Probleme überwinden, einen hohen Standard erreichen, das eigene Talent beweisen, andere im Wettbewerb übertreffen.“ (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 164). Dabei besitzt das Leistungsmotiv unterschiedliche Stärke und teilt sich theoretisch auf zwei „Facetten“ auf (ebd.): die „Hoffnung auf Erfolg“ und die „Furcht vor Misserfolg“. Für die Messung des Leistungsmotivs hat sich die Achievement Motive Scale bewährt (Lang und Fries, 2006, S. 216). Ursprünglich besitzt dieses Instrument 30 Items, die sich jedoch nicht im zwei-Faktoren-Modell halten konnten (ebd.). Im deutschsprachigen wurden daher Kurzskalen entwickelt, um zwei reliable Sub-Skalen zu erhalten. Für die vorliegende Arbeit wurde der gekürzte Fragebogen von Engeser (2005) verwendet.

Dieser beschreibt, dass die beiden Faktoren sich ihrerseits wiederum in zwei Komponenten aufteilen (Engeser, 2005, S. 3): so besteht die „Hoffnung auf Erfolg“ zum einen aus „Vorliebe für herausfordernde Aufgaben“ und zum anderen aus „Bevorzugung von Rückmeldung über die eigenen Fähigkeiten“. Die „Furcht vor Misserfolg“ teilt sich wiederum auf in „Unsicherheit wird als unangenehm erlebt“ und „Angst vor Versagen in Bezug auf die eigenen Fähigkeiten“ (ebd.).

Damit zeigen sich in der kurzen Darstellung des grundsätzlichen Konstruktes bereits deutliche Parallelen zu dreien der fünf originalen Skalen des domänenspezifischen Fragebogens:

- Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung
- Reaktion auf Fehler und Beanstandungen
- Reaktion auf Konkurrenz

In den Formulierungen der Items tritt dies insbesondere im Hinblick auf die Items der Subskala „Vorliebe für herausfordernde Aufgaben“ zu „Reaktion auf Herausforderung und Anstrengung“ eine deutliche Ähnlichkeit zu Tage (vgl. Tabelle 8.1). Im Sinne der diskriminanten Validität muss sich daher in der Auswertung des Fragebogens zeigen, inwieweit die genannten Skalen ihre Eigenständigkeit als domänenspezifisches Mindset behaupten können (vgl. Döring und Bortz, 2016, S. 446).

Achievement Motive Scale	Reaktion auf Herausforderung
Es macht mir Spaß, an Problemen zu arbeiten, die für mich ein bisschen schwierig sind.	Wenn ich mich bei der Bearbeitung einer Physikaufgabe wirklich anstrengen muss, macht mir das Spaß.
Probleme, die schwierig zu lösen sind, reizen mich.	Je kniffeliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.

Tabelle 8.1.: Gegenüberstellung von Beispiel-Items zur Herausforderung

In die Pilotierung gingen insgesamt 13 Items der deutschsprachigen Achievement Motive Skala ein (Engeser, 2005, S. 18; vgl. Anhang »Items – AMS«, S. 350).

8.2.4 Grit

Grit beschreibt ein psychologisches Konstrukt, welches sich im Deutschen etwa mit *Biss haben* übersetzen lässt.[6] Nach der Autorin Angela Duckworth kann Grit definiert werden als Hartnäckigkeit und Leidenschaft gegenüber einem langfristigen Ziel[7] (Duckworth et al., 2007, S. 1087). Hierbei zeigt sich eine hohe Korrelation zu der Skala Gründlichkeit/Gewissenhaftigkeit („Conscientiousness“) des „Big Five“-Fragebogens[8] jedoch nicht zum Intelligenzquotienten. Beide gelten als Prädiktoren für Erfolg (Duckworth et al., 2007, S. 1087). Grit kann darüber hinaus weitere 4 % der Varianz aufklären (ebd.).

Verschiedene Studien, darunter auch die sogenannte PISA-Studie (2013), konnten zeigen, dass ein positiver Zusammenhang zwischen Grit und akademischer Leistung besteht. Es könnte angenommen werden, dass am ehesten schwächere Schüler:innen durch Beharrlichkeit einen Ausgleich ihrer Leistungen vornehmen. Interessanterweise ist dieser Unterschied im mathematischen Bereich jedoch besonders ausgeprägt für leistungsstarke Schüler:innen (OECD, 2013, S. 67). Gerade Physik wird in der Regel von Studierenden im oberen mathematischen Leistungsbereich aufgenommen (vgl. Abschnitt »Exkurs Mathematikvorwissen«, S. 214). Damit bekommt Grit als Konstrukt eine potentielle Bedeutung insbesondere für den Erfolg von Studienbeginnenden im Fach Physik.

[6] Vgl. hierzu auch „Wer hat Biss? Beharrlichkeit und beständiges Interesse von Lehramtsstudierenden“ von Fleckenstein et al. (2014).
[7] „perseverance and passion for long term goals“ –Duckworth et al., 2007, S. 1087.
[8] Vgl. five-factor model (FFM) of personality variation (Gurven et al., 2013, S. 354); s. auch Fußnote Nr. 6 (S. 32).

In der Beschreibung des Konstruktes fallen deutliche Ähnlichkeiten zum Mindset auf. Beide beschreiben, dass Erfolg maßgeblich durch (persistenten) Einsatz entsteht. Keines der Konstrukte bestreitet dabei, dass es sehr wohl Unterschiede in den grundlegenden Fähigkeiten („ability“) von Individuen gibt. Beide betonen jedoch, dass Personen diese Fähigkeiten weiterentwickeln können, um ihr Potential zu entfalten (Dweck, 2008a; Park et al., 2020). Grit legt dabei besonderen Wert auf den Aspekt des langfristigen *sich Durchbeißens* (Duckworth et al., 2007, S. 1088), als Voraussetzung für Verbesserung in einem bestimmten Bereich. Diese Hartnäckigkeit auch im Angesicht von herausfordernden Situationen, finden sich ebenfalls in der Beschreibung der Wirkung des Growth Mindsets wieder (Dweck und Yeager, 2019, S. 483).

Im Vergleich der Items aus beiden Konstrukten zueinander fallen dagegen zunächst in den Formulierungen wenige direkte Parallelen auf. Dennoch zeigt sich in Studien, dass Mindset und Grit zusammenhängen und sich gegenseitig positiv beeinflussen (Park et al., 2020, S. 1). Dies könnte über das Mindset-Meaning-System vermittelt sein: „Setbacks don’t discourage me.“[9] als Grit-Item beschreibt ebenfalls die Haltung des Growth Mindsets, Rückschläge und Herausforderung als notwendigen Bestandteil des Vorankommens zu akzeptieren (vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36).

Auch greifen beide die Idee von Talent auf und benennen die Fallstricke, die aus dem *Mythos des Genies* entstehen können (vgl. Abschnitt »Überzeugungen und Self-Handicapping«, S. 41; Duckworth, 2017, S. 15 ff.). Wie für das Mindset zeigt sich auch für Grit eine allgemeine Komponente und domänenspezifische Aspekte (Cormier et al., 2019, S. 349). So zeigt sich, dass die domänenspezifische Komponente des deutschsprachigen Fragebogens von Fleckenstein und Kolleg:innen (2019) ein signifikanter Prädiktor für schulische Leistungen ist (Schmidt et al., 2019, S. 443). Darüber hinaus validieren die Autor:innen Grit diskriminant über die negative Korrelation zu Prokrastination (ebd.; vgl. auch S. 42).

Im Gegensatz zum Mindset machen die Grit-Items eine Zuschreibung über den ist-Zustand (Duckworth, 2013, S. 1):

- „I am a hard worker.“
- „I finish whatever I begin.“

Dabei wird in den Items selbst keine Aussage darüber getroffen, ob diese Eigenschaften fest im Charakter verankert oder veränderbar sind (- *durch Einsatz von*

[9]Vgl. Duckworth, 2013, S. 1.

Übung und den richtigen Strategien). Während dies den Kernaspekt der originalen Mindset-Items darstellt (Dweck und Yeager, 2019).

Wie beim Konstrukt des Mindsets zeigt sich jedoch auch für Studien, in denen Grit erhoben wurde, nicht immer ein positiver Zusammenhang zu akademischen Leistungen (Bazelais et al., 2018, S. 1).[10] So zeigen weitere Studien, dass lediglich die Subskala *hartnäckiger Arbeitseinsatz* („perseverence of effort“) jedoch nicht *beständiges Interesse* („consistency of interests“) zur Vorhersage von Zensuren beiträgt (Muenks et al., 2017, S. 599). Die Subskala zum *hartnäckiger Arbeitseinsatz* zeigte in einer deutschsprachigen Studie von Fleckenstein und Kolleg:innen (2014) mit r=0,72 eine sehr deutliche und hochsignifikante Korrelation zur Subskala *Gewissenhaftigkeit* („conscientiousness“) des Big-Five-Inventory[11] (Fleckenstein et al., 2014, S. 284). Für die Subskala *beständiges Interesse* war dieser Zusammenhang mit r=0,44 deutlich schwächer ausgeprägt. Gewissenhaftigkeit gilt – neben Intelligenz – als einer besten und robustesten Prädiktoren für akademischen Erfolg (Spielmann et al., 2022, S. 2751 ff.). Auch Selbstregulation und Engagement („behavioral engagement“[12]) leisten einen größeren Beitrag als Prädiktor von akademischen Leistungen als Grit (ebd.).

In die Pilotierung gingen die zwölf Grit-Items nach Duckworth[13] (2007; 2013) ein (vgl. Anhang »Items – Grit«, S. 351).

8.2.5 Fachspezifische Resilienz

Viele Studierende erleben den Übergang von der Schule ins Studium als herausfordernd. Häufig müssen selbst (sehr) gute Schüler:innen durch die neue Lernumgebung in bislang unbekannter Weise ihre Lernstrategien anpassen und „lernen mit negativen Erlebnissen umzugehen“ (Sorge et al., 2016, S. 178). Der Umgang mit hohen Leistungsanforderungen könnte daher eine „Schlüsselfähigkeit“ darstellen für den Studienerfolg (ebd.; Neumann et al., 2016, S. 86). Erfasst wird diese Fähigkeit durch

[10] Zu bemerken ist auch, dass erwartungsgemäß ein beträchtlicher negativer Zusammenhang zwischen der Spektrum-Störung ADHS (Aufmerksamkeits-Defizit-Hyperaktivitäts-Störung – engl. ADHD „attention-deficit-hyperactivity-disorder“) und dem Grit-Score besteht (Gray et al., 2016, S. 619). Dies betrifft insbesondere die Subskala „Consistency of interest“ in der Kernelemente der ADHS-Diagnose aufgriffen werden: „I have difficulty maintaining my focus [...]“, „New [shiny] ideas and projects sometimes distract me [...]“ (Muenks et al., 2018, S. 165).

[11] Vgl. auch Fußnote„Big-Five“ Nr. 6 (S. 32).

[12] Beispielitem: „In class, I work as hard as I can“ (Skinner et al., 2008, S. 781).

[13] Fleckenstein und Kolleg:innen hatten bereits in Ihrer Studie (2014) Grit-Items ins Deutsche übersetzt (Fleckenstein et al., 2014, S. 283). Für die Verwendung dieser Arbeit wurden eigene Übersetzungen vorgenommen und in Rücksprache mit Herkunftssprachlern angepasst. Das Ziel bestand in einer möglichst guten Wiedergabe des Inhaltes, was nicht immer bei einer wortwörtlichen Übersetzung gegeben schien.

die fachspezifische Resilienz („academic buoyancy“). Martin (2003) definiert diese als die Fähigkeit Rückschläge, Herausforderungen und weitere Schwierigkeiten des täglichen (hoch-)schulischen Alltags zu überwinden.[14]

Mit der Erwähnung der Alltäglichkeit nehmen die Autor:innen bewusst eine Abgrenzung zur akademischen Resilienz („academic resilience“) vor. Letztere beschreibt die Fähigkeit resilient zu bleiben, angesichts von akuten und chronischen Widrigkeiten („adversities“), die stark in den Entwicklungsprozess eines Individuums eingreifen (Martin und Marsh, 2008, S. 169). Hiervon sind besonders Personengruppen betroffen, die Diskriminierungen und unterprivilegiertem Status ausgesetzt sind. Über den Begriff der akademischen Buoyancy, definieren sie jedoch die Widerstandsfähigkeit gegen typischen Herausforderungen im (hoch-)schulischen Kontext: schlechte Leistungen, konkurrierende (Abgabe)-Termine, schwierige Aufgaben, Leistungsdruck u.ä. (ebd.).

Auch wenn diese alltäglichen Herausforderungen eher in die Kategorie von Unannehmlichkeiten fallen, so können sie sich doch aufsummieren. Gerade zu Beginn eines Studiums verbunden mit anderen Herausforderungen und Unsicherheiten, können diese schließlich zu der Entscheidung beitragen, das Fach zu wechseln oder das Studium im Gesamten abzubrechen (Heinze et al., 2016, S. 43 ff.).

Beim Vergleich von Mindset- und Fachspezifischen Resilienz-Items lassen sich keine unmittelbaren Parallelen in der Formulierung finden. Es zeigt sich jedoch deutlich der Grundgedanke der Hartnäckigkeit, der auch in den Grit-Items zu finden ist.

Fachspezifische Resilienz	**Grit**
Selbst wenn ich bei einer schwierigen Physikaufgabe nach mehreren Anläufen keine Lösungsidee habe, versuche ich es immer wieder.	Auch wenn etwas gerade keinen Spaß macht, bleibe ich dran und arbeite hart.
Wenn ich bei einem physikalischen Problem nach spätestens drei Versuchen nicht irgendwie weitergekommen bin, gebe ich lieber auf.	Dauert eine Sache zu lange, verliere ich die Motivation weiterzumachen.

Tabelle 8.2.: Gegenüberstellung von Beispiel-Items zu FsR und Grit

Damit beschreibt auch dieses Konstrukt wieder eine Komponente, die ebenfalls aus dem Mindset-Meaning System hervorgeht: der konstruktive Umgang mit Herausforderungen und Rückschlägen. So zeigt sich in einigen Studien auch ein direkter

[14] „capacity to overcome setbacks, challenges, and difficulties that are part of everyday academic life“ vgl. Martin et al., 2003, S. 488.

Zusammenhang zwischen dem Leistungsziel („mastery goal“)[15] und der Fachspezifischen Resilienz einer Person (Yu und Martin, 2014, S. 653).

Für die Pilotierung wurden die elf Originalen Items Fragebogens zur Physik-Fachspezifischen Resilienz nach Neumann und Kolleg:innen verwendet (Neumann et al., 2016; vgl. Anhang »Items – Physik-Fachspezifische Resilienz«, S. 349).

8.2.6 Attributionsfragebogen nach Schneewind

Wie im Abschnitt »Kausalattribution«, S. 43 dargestellt, entstammt die Entwicklung der Theorie zu den Mindsets ursprünglich dieser Theorie. Im Fokus stand dabei insbesondere die Attribuierung von (Miss-)Erfolgserlebnissen auf Dinge in der eigenen Kontrolle, namentlich die eigene Einsatzbereitschaft („effort“). Im Gegensatz dazu steht eine Attribuierung von (Miss-)Erfolg auf die eigene (Un-)Fähigkeit („ability“) im Zusammenhang mit mangelnder Kontrolle. Fähigkeit („ability“) wird innerhalb der Attributions-Theorie als unkontrollierbar eingeschätzt. Der entscheidende Beitrag von Dweck und Kolleg:innen bestand darin, nachzuweisen, dass Personen den Begriff Fähigkeit („ability“) entweder im Sinne von fix und unkontrollierbar oder aber als veränderbar und damit als kontrollierbar interpretieren. Diese Kontrollüberzeugungen werden größtenteils (in der Kindheit) erworben und entscheiden, ob Lernende hilflos oder meisternd mit Rückschlägen umgehen (vgl. Abschnitt »Erlernte Hilflosigkeit«, S. 46).

Daher wurden zur Bestätigung einer möglichen Übereinstimmungsvalidität[16] Items aus dem Attributionsfragebogen nach Schneewind (1990) übernommen und auf den Studienkontext angepasst.

Hierbei wurde darauf geachtet, dass jeweils zwei Ursachen-Items für Erfolgserlebnisse und zwei Ursachen-Items für Misserfolgserlebnisse in der Pilotierung verwendet wurden. Die Ursachen-Items folgen im Aufbau dem Schema: „Wenn ich (Miss-)Erfolg habe, dann liegt das daran, . . . “ Jedem Item werden dann vier mögliche Erklärungen nachgestellt, die ihrerseits auf einer sechsstufigen Likert-Skale von „Stimme voll und ganz zu“ bis „Stimme überhaupt nicht zu“ einzeln zu bewerten waren. Diese vier Antworten richteten sich nach den vier Quadranten der Matrix aus Internal/External und Stabil/Variabel jeweils negativ zugeschrieben für Misserfolg und positiv für Erfolgserlebnisse (vgl. Tabelle 8.3).

[15] Vgl. auch Abschnitt »Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit«, S. 63.
[16] Vgl. Abschnitt »Kriteriumsvalidität«, S. 119.

	internal		**external**	
	stabil	**variabel**	**stabil**	**variabel**
Erfolgserlebnis	Begabung/ Talent	Anstrengung	pos. äußere Bedingung	Glück
Miss-Erfolgserlebnis	mangelnde Begabung	mangelnde Anstrengung	neg. äußere Bedingung	Pech/ Zufall

Tabelle 8.3.: Attributionsschema *angepasst nach Schneewind, 1990, S. 97*

In die Pilotierung gingen vier Situationsbeschreibungen ein mit jeweils vier verschiedenen Antwortmöglichkeiten. Damit wurde das Konstrukt der Attribution nach Schneewind mit 16 Items berücksichtigt (vgl. Anhang »Items – Attribution nach Schneewind«, S. 348).

8.3 Pilotierung des Fragebogens – Beschreibung der Stichprobe

Der Fragebogen wurde persönlich in Papierform von insgesamt $N_{Ges} = 273$ Studierenden im Sommersemester 2019 bearbeitet und abgegeben. Für die Bearbeitungsdauer wurde den Studierenden 30 Minuten zugestanden, um den Kopfteil und die 91 Items zu beantworten. 273 Fragebögen wurden ausgefüllt und abgegeben. Es wurde 76-mal weiblich, 193-mal männlich und siebenmal die Angabe divers ausgewählt oder keine Angabe gemacht. Die Stichprobe setzte sich aus Studierenden in Zweitsemester-Experimentalphysik-Vorlesungen aus drei Universitäten zusammen:

- Goethe Universität Frankfurt $n_{Ffm} = 125$
- Technische Universität Darmstadt $n_{Da} = 73$
- Maximilian Universität Würzburg $n_{W\ddot{u}} = 75$

Tabelle 8.4 stellt die Verteilung der Studierenden nach besuchten Semestern und Studiengängen dar.

In der Betrachtung der Stichprobe wurde die erwartete Zusammensetzung gefunden – insbesondere in den Verhältnissen von weiblichen zu männlichen Studierenden und dem Physik-Bachelor-Studiengang zu Lehramt und anderen Studiengängen. Dazu stellten Zweitsemester-Studierende 73 % der gesamten Kohorte dar. Damit kann das Sample als repräsentativ für die geplante Studie angesehen und die erhobenen Daten als geeignet für eine Pilotierung eingeschätzt werden.

Studiengang	Sem. 1	Sem. 2	Sem. 3	≥ Sem. 4	k.A.	Gesamt
B.Sc./M.Sc.	36	147	5	13	1	**202**
Lehramt	0	29	0	4	0	**33**
Andere	3	23	0	11	1	**38**
Gesamt	39	199	5	28	2	**273**

Tabelle 8.4.: Verteilung Studiengang Teilnehmende Studierende

Die Auswertung erfolgte manuell. Etwa zehn Prozent (30 Fragebögen) wurden anschließend zufällig gezogen und stichprobenartig erneut kontrolliert, um das Fehlerniveau abzuschätzen. Die Stichprobe war unauffällig.

Bereits bei der Erstellung wiesen manche Items verschiedener Konstrukte eine starke Ähnlichkeit auf.[17] Daher wurden mit der Untersuchung zwei Ziele verfolgt:

Auf der inhaltlichen Ebene sollte untersucht werden, wie sich die Konstrukte in dem Ausfüllverhalten der Studierenden wiederfinden. Zudem sollte ein zeitökonomisches Instrument erarbeitet werden, dass zukünftig von Studierenden mit 30–40 Fragen in ca. zehn Minuten bearbeitbar ist. Daher wurde sich im nächsten Schritt für eine explorative Faktorenanalyse entschieden. Diese ermöglicht eine Datenreduktion – ohne einen großen Informationsverlust zu riskieren (Bortz und Schuster, 2010, S. 387).

8.4 Explorative Faktorenanalyse

Die explorative Faktorenanalyse (EF) dient dazu, Items zu Faktoren, auch Skalen genannt, zusammenfassen zu können (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 277). Erst wenn dies erfolgt ist, ist es möglich, einzelne Itemwerte zu einem Testwert zu aggregieren (ebd.). Damit gehört die explorative Faktorenanalyse zu den datenreduzierenden Verfahren (Bortz und Schuster, 2010, S. 387).

Grundsätzlich betrachtet die explorative Faktorenanalyse, in welcher Weise die Items eines Testinstrumentes miteinander korrelieren (ebd.). Items, die als Gruppe hoch miteinander korrelieren, können eine Skala bilden (Backhaus et al., 2016, S. 386). Die explorative Faktorenanalyse selbst ist jedoch kein abschließendes Verfahren. Dies zeigt sich beispielsweise in dem Umstand, dass bereits die Wahl verschiedener Rotationsverfahrens in deutlich voneinander abweichenden Faktorenzuordnungen

[17] Einige Studierende kommentierten, dass sie das Gefühl gehabt hätten, *immer wieder die gleich Frage beantwortet zu haben.*

resultieren kann. Zudem führen Methoden – wie die Hauptkomponentenanalyse – häufig zu einer Überbetonung eines gemeinsamen ersten Faktors (vgl. Abschnitt »Diskussion zur Faktorenextraktion«, S. 147). Somit kann die explorative Faktorenanalyse im vorliegenden Fall vielmehr als entscheidende Hinweisgeberin verstanden werden, welche Gruppen von Items weiter gemeinsam untersucht werden sollten. Dabei sollten neben statistische Berechnungen immer auch inhaltliche Abwägungen hineinspielen (vgl. Abschnitt »Inhaltsvalidität«, S. 116).

Eine latente Variable beschreibt in diesem Zusammenhang Konstrukte, wie beispielsweise das Intelligenz-Mindset oder die Skala „Verträglichkeit“ im *bekannten* OCEAN[18]-Fragebogen (Bühner, 2011, S. 296). Die Items stellen damit die Indikatoren der latenten Variable dar (vgl. Abbildung 8.3). Das bedeutet, das Antwortverhalten der Teilnehmenden bestimmt die Ausprägung im Konstrukt (ebd.).

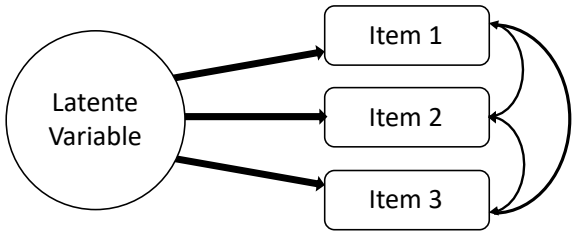


Abbildung 8.3.: Itemkorrelation durch latente Variable bzw. Skala (Faktor), *angepasst nach Bühner, 2011, S. 296*

Praktisch bedeutet das, wenn Personen allen Items eines Konstruktes zustimmen, besitzen sie eine hohe Merkmalsausprägung und umgekehrt. Zu beachten ist hier in der Umsetzung, dass Items z.T. umgepolt werden müssen, wenn diese invers formuliert sind. Die Datensätze der Items, die eine Formulierung entgegen einer lernförderlichen Überzeugung hatten, wurden für die Auswertung der Pilotierung jeweils invertiert – so dass ein hoher Wert eines Items bzw. einer Skala immer mit einer Zustimmung zu einer lernförderlichen Aussage gleichzusetzen ist.

Abgrenzung zur konfirmatorischen Faktorenanalyse

Für die Durchführung einer konfirmatorischen Faktorenanalyse müssen im Vorfeld bereits Hypothesen bestehen, wie die Beziehungsstruktur für die Items und die latente(n) Variable(n) aussieht (Eid et al., 2017, S. 919). Für den originalen Fragebogen des fachspezifischen Mindsets existierten auf der einen Seite bereits Hypothesen, zu welchem Faktor die einzelnen Items gehören. Eine solche Ausgangssituation würde

[18]Vgl. auch Fußnote „Big-Five“ Nr. 6 (S. 32).

sich daher ebenfalls für eine konfirmatorischen Faktorenanalyse eignen (Moosbrugger und Kelava, 2012, S. 326). Dem gegenüber steht, dass sich diese Faktoren aus den Untersuchungen mit Schüler:innen ergeben hatten. Die Fragen wurden jedoch vorher noch nicht bei Studierenden (der Physik) eingesetzt. Es ist durchaus möglich, dass Adoleszente und junge Erwachsende eine andere Interpretation der Fragen besitzen – insbesondere diese spezielle Untergruppe. Daher wurde entschieden, mit Hilfe der explorativen Faktorenanalyse zu überprüfen, welche Items die Studierenden im Sinne von gemeinsamen Faktoren beantworten. Allerdings wurde für die Hauptstudie wiederum überprüft, inwiefern das zwei-Faktoren-Modell für das physikfachspezifische Mindset durch eine konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigt werden kann (vgl. Abschnitt »Konfirmatorische Faktorenanalyse«, S. 179).

Hinweis zu den verwendeten Fachbegriffen

In der Literatur sind die Begriffe der explorativen und konfirmatorischen Faktorenanalyse genauso feststehend, wie die der Hauptkomponentenanalye. Dies führt dazu, dass unterschiedliche Begriffe gewissermaßen synonym verwendet werden. So wird auch im Folgenden je nach Kontext gleichbedeutend von Faktor oder Komponente gesprochen und später schließllich von Skalen bzw. Konstrukten, nachdem inhaltliche und statistische Untersuchungen abgeschlossen sind.

8.4.1 Voraussetzungen für die Berechnung der explorativen Faktorenanalyse

Vor dem Einsatz einer explorativen Faktorenanalyse sollte geprüft werden, inwiefern die Voraussetzungen erfüllt sind. Skalenniveau und (Nicht-)Linearität der Zusammenhänge haben jedoch „praktisch“ keinen Einfluss und müssen daher keiner Prüfung unterzogen werden (Bühner, 2011, S. 343).

Es gilt aber zu prüfen:[19]

- Der Datensatz muss grundsätzlich überhaupt Faktoren enthalten. Mit dem Bartlett-Test kann geprüft werden, „ob die Korrelationen in der Korrelationsmatrix von null verschieden sind“ (Bühner, 2011, S. 348).
- Es muss eine ausreichend substanzielle Korrelationen der Items vorhanden sein. Hierfür eignet sich die Berechnung des Kaiser-Meyer-Olkin-Koeffizienten (KMO)

[19]Vgl. hierzu Bühner, 2011, S. 343 ff.

- Es muss eine ausreichende Itemzahl kombiniert mit einer ausreichenden Itemreliabilität vorliegen. In der Regel sollten hierfür mindestens vier Items für eine Skala vorhanden sein (Robinson, 2018, S. 741).

Allgemein kann zur Güte einer explorativen Faktorenanalyse festgehalten werden, dass diese mit Erhöhung der Stichprobengröße steigt. Zusätzlich können zur Analyse der gefundenen Skalen und der zugehörigen Items noch weitere Größen erhoben werden wie z.B. Trennschärfe, Schwierigkeit, Item-Skala-Korrelation, MSA und die Ausgabe des Cronbachs Alpha, wenn das betreffende Item aus der Skala entfernt wird. Dies ermöglicht eine bessere Abwägung über den Verbleib bzw. das Entfernen eines Items. Wie bereits mehrfach erwähnt, weisen die verschiedenen Autor:innen statistischer Lehrwerke jedoch darauf hin, dass hierfür ebenfalls stets eine inhaltliche Analyse erfolgen sollte.

8.4.2 Eignung der Daten für eine explorative Faktorenanalyse

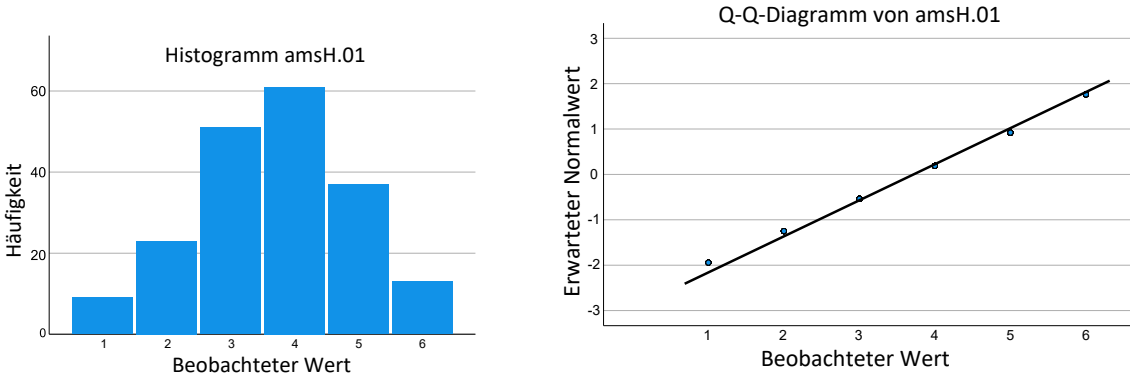
Zunächst wurde die Voraussetzung für die Durchführung einer explorativen Faktorenanalyse mit allen 91 Items geprüft: Der Bartlett-Test auf Sphärizität ist hochsignifikant ($\chi^2 = 12276,435; df = 4095; p < .001$). Das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin weist mit 0,827 eine gute Eignung der Daten für eine explorative Faktorenanalyse auf (vgl. Bühner, 2011, S. 347). Zudem liegt eine ausreichende Itemzahl vor. Damit sind die oben genannten Voraussetzungen erfüllt.

Normalverteilung und Hauptkomponentenanalyse

Für die Überprüfung der Normalverteilung als Voraussetzung für eine explorative Faktorenanalyse wird häufig der Shapiro-Wilk-Test durchgeführt (Bortz und Schuster, 2010, S. 145). Dieser wurde für alle Items des Fragebogens signifikant ($p<.001$), was bedeutet, dass die Annahme einer Normalverteilung verworfen werden muss. Jedoch suggerierte eine visuelle Inspektion der Häufigkeitsverteilung der Items eine annähernde Normalverteilung – wie beispielhaft in Abbildung 8.4 (S. 141) dargestellt. Auch die Überprüfung der zugehörigen Q-Q-Plots legten dies nahe. Daher wurde als Grundlage die weitere Bewertung von Schiefe und Kurtosis gezogen. Als Grenzwerte hierfür schlägt Watkins (2021) für die Schiefe absolute Werte von ≤ 2 und für die Kurtosis von ≤ 7 vor (Watkins, 2021, S. 74).

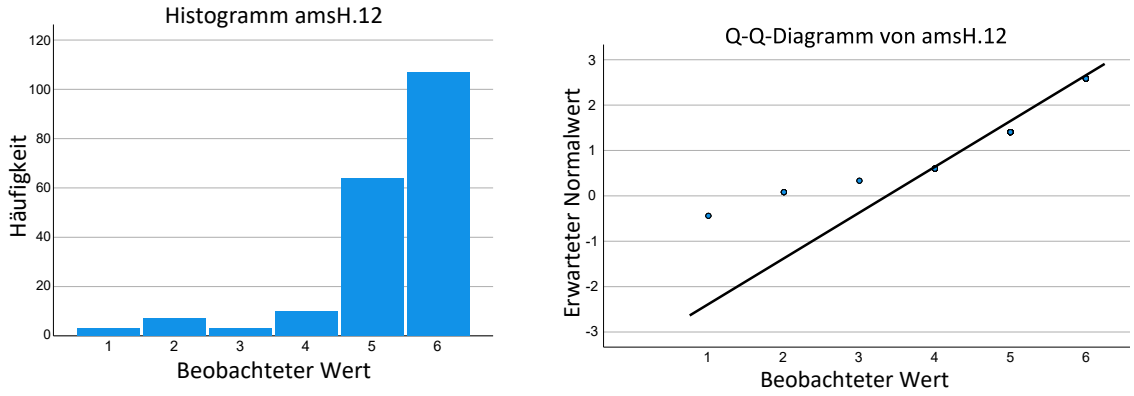
Für das Item amsH.12 zeigt sich hierbei als einziges Item eine Überschreitung für die Schiefe mit 2,17 (vgl. Abbildung 8.5, S. 141). Alle anderen Werte bleiben

unterhalb der genannten Grenzwerte (vgl. »Gesamttabelle: Schiefe und Kurtosis«, S. 354 im Anhang).



(a) Histogramm: amsH.01 (b) Q-Q-Plot: amsH.01

Abbildung 8.4.: Überprüfung der Normalverteilung – Pilotierung



(a) Histogramm: amsH.12 (b) Q-Q-Plot: amsH.12

Abbildung 8.5.: Item außerhalb der Grenzwerte – Pilotierung

Die Faktorenanalyse ist ein statistisches Modell, dass bestimmte Annahmen trifft – wie die Normalverteilung. Dem gegenüber steht die Hauptkomponentenanalyse. Diese muss streng genommen „terminologisch“ von der explorativen Faktorenanalyse unterschieden werden (z.B. Field u.a. in Wentura und Pospeschill, 2015, S. 148). Sie wird jedoch im „alltäglichen Sprachgebrauch als [...] Variante der Faktorenanalyse“ bezeichnet (ebd.). Ihr Vorteil besteht darin, dass sie voraussetzungsfrei ist, da es sich um eine „rein datenanalytisch orientierte Methode“ handelt (Eid et al., 2017, S. 936). Daher kommt sie „ohne jede Verteilungsannahme aus“ (ebd.). Für die weitere Arbeit wurde daher die Hauptkomponentenanalyse gewählt.

8.4.3 Bestimmung der Faktorenanzahl

Eine wichtige Frage bei der Erstellung und Anpassung von Fragebögen ist, ob das Antwortverhalten auch den intendierten bzw. bisherigen Skalen entsprechen. Der originale Fragenbogen zum fachspezifischen Mindset (vgl. Abschnitt »Deutschsprachige Mindset-Forschung im Fach Physik«, S. 86) wurde vor dieser Arbeit ausschließlich von Schüler:innen bearbeitet. Somit bestand die Notwendigkeit der Überprüfung, ob Studierenden ebenfalls gemäß den aufgebauten Faktoren ankreuzen würden. Daher wurde im ersten Schritt eine offene Hauptkomponentenanalyse durchgeführt – also ohne Beschränkung auf eine zu erwartende Faktorenanzahl.

Die Hauptkomponentenanalyse hat zum Ziel, eine geringe („ökonomische“) Anzahl an Faktoren zu bilden, die möglichst viel Varianz erklären (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 586–587). Der Varimax-Algorithmus ist einer der gebräuchlichsten Rotationsverfahren und greift wiederum den geschilderten Gedanken auf: die Varianzen der Ladungen je Faktor sollen möglichst maximiert werden (Bortz und Schuster, 2010, S. 420). Dies wird erreicht, indem „für jeden Faktor die Varianz der quadrierten Ladungen berechnet“ wird (Wentura und Pospeschill, 2015, S. 157). Durch dieses Quadrieren werden hohe (positive wie negative) Ladungen betont und niedrige Ladungen unerheblicher. Im Weiteren werden die Achsen in der Art gedreht, dass auch mittlere Ladungen entweder extremer oder unbedeutender für den Faktor werden (Bortz und Schuster, 2010, S. 419–420). Es zeigt sich, dass die Wahl des Rotationsverfahrens die Ladungen in den meisten Fällen nur geringfügig beeinflusst (Zwick et al., 1986 in Engeser, 2005, S. 94). Tauchen jedoch höhere Nebenladung auf, so empfiehlt es sich, diese auch über andere Rotationsverfahren zu überprüfen (vgl. Abschnitt »Betrachtung der Nebenladungen«, S. 151).

Scree-Test und Parallelanalyse – 91 Items

Ein häufig eingesetztes Verfahren zur Schätzung der Faktorenanzahl stellt die optische Überprüfung des sogenannten Scree-Plots[20] dar (Wentura und Pospeschill, 2015, S. 152). Hierfür werden die Eigenwerte in einem Diagramm gegen die Anzahl der Faktoren aufgetragen. Die Eigenwerte nach dem *Knick* („Elbow“) tragen in der Regel nur noch gering zur Varianzaufklärung bei. Daher eignet sich das Verfahren insbesondere, wenn nur eine geringe Anzahl an Dimensionen untersucht werden sollen (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 592). Mögliche Nachteile bestehen darin, dass es

[20]Scree bedeutet ins Deutsche übersetzt etwa Geröll.

nicht immer einen eindeutig erkennbaren *Knick* gibt und diese Methode daher mit einer gewissen Subjektivität behaftet ist (Engeser, 2005, S. 94).

Um das Verfahren zu objektivieren, werden darum häufig zwei weitere Verfahren mit dem Scree-Test kombiniert. Die erste Methode besteht in der Anwendung des Kaiser-Guttman-Kriteriums, welches besagt, dass ein Faktor mehr „Varianz binden“ sollte, als ein einzelnes „Item in die Analyse einbringt“ (Wentura und Pospeschill, 2015, S. 152). Jedoch konnten Monte-Carlo-Simulationen zeigen, dass hierbei gegebenenfalls „zu viele Faktoren extrahiert werden“ (Engeser, 2005, S. 94).

Daher findet zudem die Parallelanalyse nach Horn Verwendung, welche auch in Simulationen „gut abgeschnitten hat“ (ebd.). Hierfür werden zusätzlich die Eigenwerte einer Zufallskorrelationsmatrix gegen die Faktoranzahl im Diagramm aufgetragen. Es werden für die Bestimmung der Faktorenanzahl der analysierten Messdaten nur Faktoren extrahiert, deren Eigenwerte größer sind, als es auf Grund „der Zufallsmatrix zu erwarten [gewesen] wäre“ (Stöber, 1988 in Engeser, 2005, S. 95).

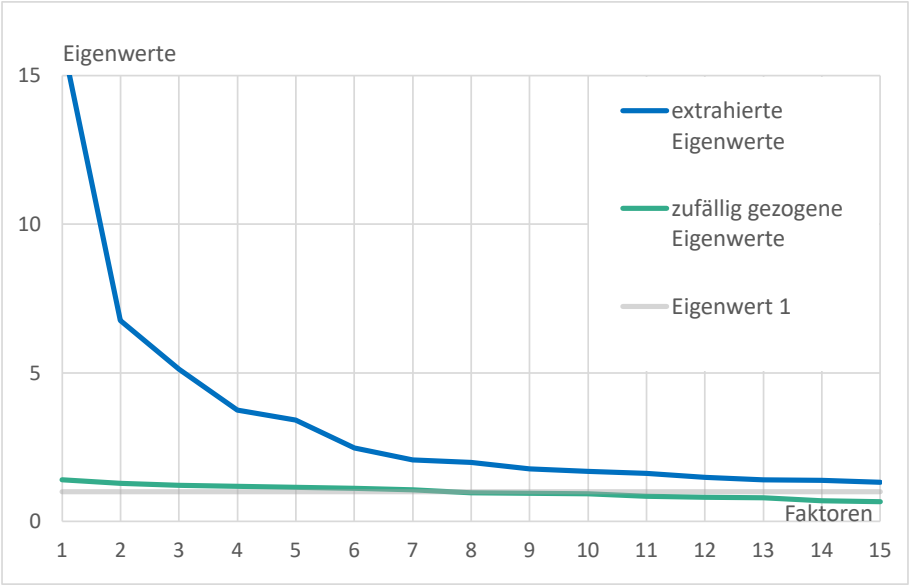


Abbildung 8.6.: Scree-Plot aller 91 Items des Pilot-Fragebogens: Eigenwerte über Faktorenzahl

Im Diagramm (Abbildung 8.6) wird schnell ersichtlich, dass unter Einbezug aller 91 Items keine Reduktion der Dimensionen im Bereich von zehn Faktoren möglich ist – weder nach dem Kaiser-Guttmann-Kriterium, noch nach der Parallelanalyse anhand der Zufallswerte: Der Graph der extrahierten Eigenwerte (dunkelblau) verläuft, wie im Diagramm gut sichtbar, vollständig über den Graphen der zufällig gezogenen Eigenwerte (grün) und der Gerade für den Eigenwert gleich eins.

Hauptkomponentenanalyse – 91 Items

Der Scree-Plot mit allen 91 Items gab keine Hinweise auf eine einfache Faktorenstruktur. Daher wurden im nächsten Schritt die Items untersucht, die auf die Ihre Hauptladung auf den ersten beiden Faktoren hatten (vgl. Tabelle 8.5). Diese beiden Komponenten besaßen in Summe bereits 43 Items (erste Komponente: 27 Items, zweite Komponente: 16 Items).

In der ersten Betrachtung fielen zwei Aspekte auf:

- Die erste Komponente setzte sich aus Items aller eingebrachten Konstrukte zusammen.
- Die zweite Komponente bestand fast ausschließlich aus Items des ursprünglichen physikfachspezifischen Mindset-Fragebogens.

Daher wurden in einem nächsten Schritt die Anzahl der zu berücksichtigenden Faktoren reduziert. Dabei wurden jedoch alle Items des ursprünglichen physikfachspezifischen Mindset-Fragebogens beibehalten, da diese von zentralem Interesse in dieser Arbeit waren. Eine Streichung von Items geschah gemäß den folgenden gewählten Kriterien:

- Faktorladung unter 0,4 bzw. Hauptladung auf anderer Komponente
- Alle Faktoren, mit drei oder weniger Items jenseits des 10 Faktors
- Redundante Items der physikfachspezifischen Resilienz
- Items eines Konstruktes, die zerstreut luden – ohne erkennbares Muster

Ausschluss der Skala zum Attributionsstil

Insbesondere der letzte Punkt betraf vor allem die Items des Attributionsstils (vgl. Abschnitt »Items – Attribution nach Schneewind«, S. 348). Diese luden insgesamt auf 13 Faktoren vom ersten bis zum 23. Faktor. Davon fünf mit Ladungen auf zwei Komponenten und eines mit drei Komponentenladungen.

Auch eine Analyse von Teilskalen ergab kein stimmiges Bild für eine gut interpretierbare Skala. Zwar konnten z.B. drei Items als gemeinsam auf den sechsten Faktor ladend identifiziert werden (vgl. Tabelle 8.6). Allerdings schlossen sich die Items nicht nach dem jeweils erwarteten Attributionsstils zusammen, sondern nach anderen Oberflächenmerkmalen.

Für die Items ES5 (Unterstützung – positiv, extern, stabil), ES15 (Glück – positiv, extern, variabel) und ES16 (Unterstützung – positiv, extern, stabil) zeigte sich, dass offenbar externe Unterstützung und gute Dozent:innen/Tutor:innen von den Teilnehmenden eher als Kategorie wahrgenommen wurde, als die Attributionsdimen-

Komponente Item	1	2	Komponente Item	1	2
H3.13	0,872		**A6.20**		0,776
H1.04	0,844		**A1.02**		0,765
amsH.06	0,833		**A3.14**		0,746
H2.12	0,819		**A10.09**		0,738
amsH.01	0,725		**A9.30**		0,772
H4.32	0,713		**A4.17**		0,623
amsH.04	0,696		**V1.03**		0,614
mabp.11	0,693		**V5.24**		0,579
mabp.06R	0,689		**V2.06**		0,565
mabp.02R	0,665		**V4.22**		0,548
emo.02	0,643		**ES1**		0,513
mabp.01	0,621		**A7.23**		0,435
amsH.10	0,616		**ES11**		0,380
mabp.07	0,544		**A5.19**		0,345
mabp.08R	0,512		**K1.05**		0,335
grit.08	0,599		**Q_A**		0,381
grit.01	0,467				
mabp.10	0,435				
amsF.27	0,432				
ES8	0,383				
ES14	0,383				
mabp.04R	0,368				
mabp.05R	0,362				
emo.03	0,364				
ESII1	0,317	0,343			
amsH.05	0,315				
grit.13	0,330				

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.
Rotierte Komponentenmatrix: die Rotation ist in 28 Iterationen konvergiert.

Tabelle 8.5.: Hauptkomponentenanalyse mit allen 91 Items – Auszug: Darstellung der ersten beiden Komponenten mit 43 Items *(Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt)*

sionen stabil versus variabel. Daher konnte nach abschließender Prüfung das gesamte Konstrukt nicht mehr in den weiteren Schritten berücksichtigt werden.

Item	Ladung	
ES5	0,720	Wenn ich in der Bearbeitung von Physikaufgaben erfolgreich bin, dann liegt das daran, dass ich eine gute Unterstützung (Tutor/in / Kommilitonen) habe.
ES15	0,587	Wenn ich im Physikstudium gut mitkomme, dann liegt das daran, dass ich Glück mit meinen Dozenten und Tutoren habe.
ES16	0,784	Wenn ich im Physikstudium gut mitkomme, dann liegt das daran, dass ich gut unterstützt werde.

Tabelle 8.6.: Items Attributionsstil

Scree-Plot und Parallelanalyse – 37 Items

Nach dem Wegstreichen der Items nach den beschriebenen Kriterien (vgl. Abschnitt »Scree-Test und Parallelanalyse – 91 Items«, S. 142) verblieben noch 37 Items. Diese wurden ebenfalls der Untersuchung mit Scree-Test, Kaiser-Guttmann-Kriterium und Paralleltest unterzogen, wie im vorangegangenen Abschnitt beschrieben.

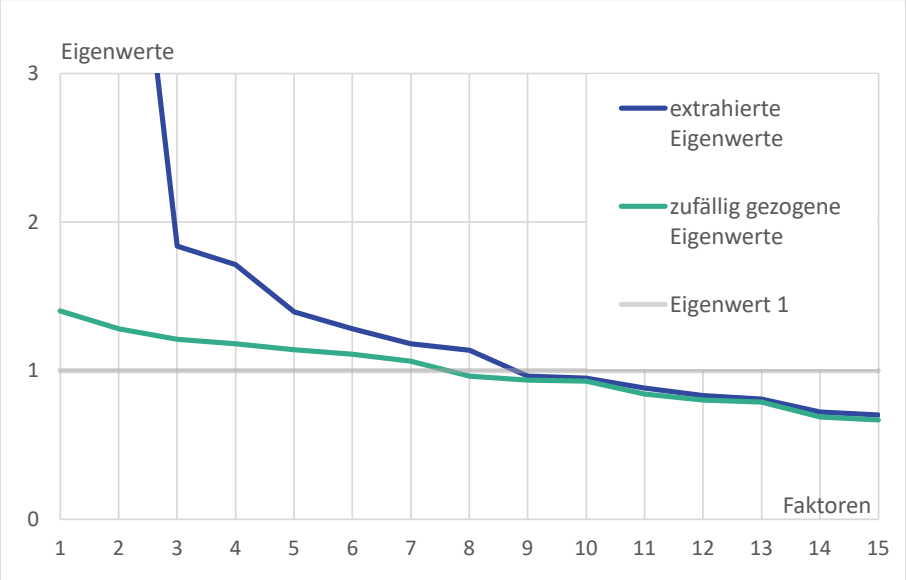


Abbildung 8.7.: Scree-Plot der verbliebenen 37 Items des Pilot-Fragebogens: Eigenwerte über Faktorenzahl

Es zeigt sich in Abbildung 8.7, dass die Unterschreitung des Kaiser-Guttmann-Kriteriums nach dem achten Faktor für die extrahierten Eigenwerte stattfindet.

Selbiges trifft auch auf die Parallelanalyse zu. Ab dem neunten Faktor ist *quasi keine* Unterscheidung mehr im Verlauf zwischen den zufällig gezogenen und den extrahierten Eigenwerten erkennbar. Somit wurde im nächsten Schritt eine Hauptkomponentenanalyse mit Beschränkung auf acht Faktoren durchgeführt, da ein *„Knick“* bei neun im Scree-Plot der Eigenwerte erkennbar ist und die Faktorenzahl links vom *„Knick“* zu berücksichtigen ist (Bortz und Schuster, 2010, S. 416).

Auch mit der reduzierten Anzahl an Items zeigt sich wieder eine deutliche erste Komponente mit 13 Items (vgl. Tabelle 8.7). Es lassen sich Items aus vier verschiedenen Konstrukte, auf diesen ersten Faktor ladend, identifizieren – „H“-Items (ursprünglich „Reaktion aus Herausforderungen“), AMS, Grit und FsR. Die zweite und dritte Komponente bestehen dagegen ausschließlich aus Items des ursprünglichen physikfachspezifischen Mindset-Fragebogens – großteils mit jeweiliger Nebenladung (>0,3).

Diskussion zur Faktorenextraktion

Die Hauptkomponentenanalyse hat zum Ziel, mit einer möglichst geringen Anzahl an Faktoren die Varianz der Items zu erklären. Eine Rotation mit dem Varimax-Verfahren verstärkt diese Tendenz zusätzlich (vgl. Abschnitt »Bestimmung der Faktorenanzahl«, S. 142). Somit eignet sie sich weniger dafür, einen differenzierten Blick auf die Feinstruktur eines Fragebogens zu legen, wenn dieser viele Komponenten enthält bzw. insbesondere dann, wenn diese als Konstrukte (hoch) miteinander korrelieren. Daher ist „die Faktorladungsmatrix nicht [mehr] eindeutig“ (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 595).

Um die Items des Mindsets auf inhaltliche Validität prüfen zu können, wurden jedoch gerade Konstrukte ausgewählt, bei denen von einer (hohen) Korrelation untereinander auszugehen ist. Daher erweist die Hauptkomponentenanalyse in diesem Zusammenhang als nicht sinnvoll, um alle verwendeten Skalen gemeinsam zu untersuchen. Im nächsten Schritt werden darum zum einen die Items des ursprünglichen physikfachspezifischen Mindset-Fragebogens unabhängig von den weiteren Konstrukten untersucht. Zum anderen wird die erste Komponente analysiert – da sich hier Items aus vier verschiedenen Konstrukten wiederfinden.

Komponente **Item**	**1**	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**
H3.13	0,878							
H1.04	0,840							
H2.12	0,838							
amsH.06	0,830							
mabp.11	0,754							
H4.32	0,744							
mabp.06R	0,741						0,304	
amsH.01	0,727							
amsH.04	0,699							
mabp.02R	0,696							
grit.08	0,548	0,308						
amsH.10	0,544			0,446				
grit.01	0,532							
A3.14		0,735						
A6.20		0,720						
A1.02		0,711	0,317					
A9.30		0,647	0,319					
V1.03		0,622						
A4.17		0,532						
A10.09		0,522	0,468					
K1.05		0,520			0,397			
V4.22		0,466				0,450		
V5.24		0,314	0,837					
A7.23			0,806					
V2.06		0,307	0,767					
K4.31				0,712				
A5.19				0,534				
F4.11				0,523				
Q1				0,494		0,345		
Q_A					0,763			
Q					0,743			
A8.27						0,624		
A2.08					0,398	0,552		
V7.34							0,771	
F6.21				0,387			-0,485	0,380
F2.16								0,705
F1.01							0,319	0,633

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.
Rotierte Komponentenmatrix: die Rotation ist in 12 Iterationen

Tabelle 8.7.: Komponentenladungen mit Vorgabe von 8 Faktoren (Varimax)
(Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt)

8.4.4 Untersuchung der ursprünglichen physikfachspezifischen Mindset-Fragen

Rotationsverfahren

Im originalen Fragebogen zum physikfachspezifischen Mindsets wurden fünf Skalen vorgegeben. In der bisherigen Untersuchung zeigen sich jedoch ein Großteil der Items verstreut (vgl. Tabelle 8.8, S. 150). Daher werden im Folgenden ausschließlich Mindset-Items genommen und einer offenen Hauptkomponentenanalyse unterzogen, d.h. ohne vorherige Beschränkung auf die Anzahl an Faktoren. Zudem werden drei verschiedene Rotationsverfahren eingesetzt, um mögliche Ladungsverschiebungen betrachten zu können. Neben der Varimax-Methode (vgl. Abschnitt »Bestimmung der Faktorenanzahl«, S. 142) werden noch die Equimax- und Quartimax-Methode auf die Hauptkomponentenextraktion angewandt.

Die Varimax-Methode hat zum Ziel die „quadrierte Faktorladung für jede Spalte“ zu maximieren (Noack, 2007, S. 52). Dagegen versucht das Quartimax-Verfahren eine Maximierung der Kommunalitäten herbeizuführen. Dies bedeutet, dass die quadrierte Ladung pro Zeile erhöht wird, was die „Erklärung der einzelnen Variable“ erleichtern soll (ebd.). Die Maximierung von Faktorladungen von Zeilen bzw. Spalten hat jedoch den Nachteil, dass sie „auf Kosten der Interpretierbarkeit“ geht – entweder der Faktoren (Quartimax) oder der Variablen (Varimax).

Komponente	1	2	3	4	5	6	7
H3.13	0,884						
H1.04	0,865						
H2.12	0,854						
H4.32	0,787						
V5.24		0,861					
A7.23		0,840					
V2.06		0,817					
A10.09		**0,531**	0,486				
A3.14			0,667	0,379			
A1.02		0,397	**0,649**				
A6.20			0,643	0,455			
A9.30		0,366	**0,641**				
V1.03			0,544		0,333		
K1.05			0,542				
A8.27				0,714			
A2.08				0,675			
V4.22			0,382	0,527			
K4.31					0,767		
F4.11					0,630		
A5.19					0,527		
V7.34						0,816	
F2.16							0,777
F1.01						0,544	0,554
F6.21					0,473	-0,378	0,489

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
Rotationsmethode: Equimax mit Kaiser-Normalisierung.
Rotierte Komponentenmatrix: die Rotation ist in 10 Iterationen konvergiert

Tabelle 8.8.: Originale Items physikfachspez. Mindset – Rotationsmethode: Equimax
Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt

Einen Lösungsansatz für dieses Dilemma stellt das Equimax-Verfahren (auch Equamax-Verfahren) dar. Dieses führt eine gewichtete Mischung aus den beiden anderen Methoden aus (Noack, 2007, S. 55). Exemplarisch ist die Auswertung mit

der Equimax-Methode in Tabelle 8.8 dargestellt. Die ausführlichen Tabellen der beiden anderen Methoden finden sich im Anhang (Tabelle 16.3 und Tabelle 16.2).

Ohne Beschränkung auf die Anzahl der Faktoren zeigen sich sieben Komponenten. Sowohl in der Auswertung mit der Varimax- wie der Equimax-Methode lassen sich sechs Skalen identifizieren. Das Quartimax-Verfahren zeigt sieben auf – jedoch mit teils hohen Nebenladungen. Diese werden im nächsten Abschnitt »Betrachtung der Nebenladungen«, S. 151 noch weiter diskutiert.

Betrachtung der Nebenladungen

Die drei Rotationsmethoden kommen zum großen Teil auf dieselbe Zuordnung der Items zu einer Komponente. Im Falle der „H"-Items (vgl. Abschnitt »Skala: Vorliebe für Herausforderung«, S. 161) ist die Zuordnung bei jedem Verfahren identisch. Im Fall von sechs Items kommt es zu deutlichen Nebenladungen und zum Teil zum Wechsel der Komponentenzuordnung. Im Folgenden sind die Nebenladungen als Auszug für jede der drei Rotationsmethoden dargestellt.

Während die Items A1.02 und A9.30 nur bei zwei Methoden Nebenladungen größer 0,3 aufweisen, zeigen sich für das Item A10.09 in jedem Fall Nebenladungen. Es zeigt sich, dass die Quartimax-Rotationsmethode die meisten Nebenladungen erzeugt. Zudem zeigt sich hierbei für das Item A10.09 die größte Diskrepanz zwischen den Faktorladungen im Vergleich zu den beiden anderen Rotationsverfahren. Im Abschnitt »Skala: Überzeugung zur Anstrengung in Physik«, S. 153 wird die Zuordnung dieses Items daher im Detail besprochen.

Hinweis für die drei folgenden Tabellen: Faktornebenladungen kleiner 0,3 werden nicht dargestellt.

Komponente **Item**	**1**	**2**	**3**
A10.09	**0,531**	0,486	
A1.02	0,397	**0,649**	
A9.30	0,366	**0,641**	

Tabelle 8.9.: Rotationsmethode: Equimax mit Kaiser-Normalisierung

Komponente **Item**	**1**	**2**	**3**
A1.02	**0,720**		0,352
A9.30	**0,708**		0,322
A10.09	**0,564**		0,498

Tabelle 8.10.: Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung

Komponente **Item**	**1**	**2**	**3**
V5.24	0,372		**0,812**
A7.23	0,307		**0,802**
V2.06	0,326		**0,778**
A10.09	**0,636**		0,419

Tabelle 8.11.: Rotationsmethode: Quartimax mit Kaiser-Normalisierung

8.4.5 Skalenbildung zum physikfachspezifischen Mindset

Der Bartlett-Test auf Sphärizität für die Items des physikspezifischen Mindsets ist hochsignifikant ($\chi^2 = 2318,69; df = 253; p < .001$). Das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin weist mit 0,836 eine gute Eignung der Daten für eine Analyse auf (Bühner, 2011, S. 347).

In der Hauptkomponentenanalyse zeigen sich bei allen angewendeten Rotationsverfahren vier *stabile* Skalen, da sie im Kern aus den gleichen Items bestehen. Die gefundenen Komponenten werden im Folgenden einzeln untersucht und daraus Skalen abgeleitet. Dies geschieht aus dem Blickwinkel der statistischen Güte, aber auch aus Gesichtspunkten der inhaltlichen Validität (vgl. Abschnitt »Validität«, S. 115 – Kapitel »Grundlagen und Methoden«). Um dem „Reliabilitäts-Validitätsdilemma“ zu begegnen, wird daher immer zwischen den Empfehlungen für die statistischen Kenngrößen und einer inhaltlichen Passung der Items abgewogen (vgl. Abschnitt »Reliabilität«, S. 114 – Kapitel »Grundlagen und Methoden«). Da sich Schwierigkeiten bzw. Mittelwerte, Trennschärfen und die Maße der Stichprobeneignung der Items in der Regel in den empfohlenen Bereichen[21] bewegen, werden diese tabellarisch aufgeführt, jedoch nur in Einzelfällen ausführlicher besprochen.

[21]Vgl. „Beurteilung von Testkennwerten“ in Bühner, 2011, S. 81.

Skala: Überzeugung zur Anstrengung in Physik

Das Cronbachs Alpha der gesamten Skala beträgt mit vier Items $\alpha_c = 0{,}85$ bei $n = 265$ und liegt damit in einem guten Bereich. Es zeigt sich eine hohe inhaltliche Nähe der Items: zweimal wird das Verb ‚anstrengen', einmal ‚genug dafür tun' und einmal ‚viel dafür üben' verwendet (Hervorhebungen vgl. Tabelle 8.12). Damit weisen alle vier Items die Idee auf, dass Erfolg und Verständnis im Fach Physik von Übung und Anstrengung abhängig sind. Daher wurde die Skala mit »Überzeugung zur Anstrengung in Physik« benannt.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
A10.09	4,66	1,32	270	0,56	0,94	0,86	Ich glaube manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie **viel** sie **dafür üben**. (*invers*)
A7.23	4,58	1,31	271	0,70	0,86	0,80	Meiner Meinung nach kann jede/r, die / der das will, erfolgreich Physik studieren, wenn sie / er das will und sich **anstrengt**.
V2.06	4,31	1,47	272	0,72	0,89	0,80	Jede/r kann Physik verstehen. Man muss nur **genug dafür tun**.
V5.24	4,46	1,25	267	0,80	0,86	0,77	Wenn man sich in Physik **anstrengt**, kann jede/r Physik verstehen.

Tabelle 8.12.: Skala Mindset – Überzeugung zur Anstrengung (MS-A)

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Nur das Item A10.09 ist invers[22] formuliert. Es ist daher wenig verwunderlich, dass dieses Item bei jedem Rotationsverfahren über eine Doppelladung mit der Skala »Überzeugung zur Begabung in Physik« (MS-B: S.154) aufweist. Die Skala MS-B besteht ihrerseits ausschließlich aus invers formulierten Items. Darüber hinaus zeigt dieses Item auch inhaltlich eine gewisse Überschneidung mit dem Item V1.03 der Skala MS-B: beide Items formulieren, dass *man Physik entweder kann oder nicht – und dann auch nichts daran ändern.*

Auch wenn sich dann das Cronbachs Alpha geringfügig um 0,01 verbessern würde, wurde dieses Item in der Skala »Überzeugung zur Anstrengung in Physik« (MS-A) belassen. Zum einen ist zu vermuten, dass die Nebenladung auf die Skala MS-B mindestens zum Teil artifiziell zu sein scheint – aufgrund der inversen Formulierung (vgl. Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 319). Zum anderen fordert die Mindset-Theorie im Hinblick auf Anstrengung („effort“) eine Ablehnung der Idee, dass *es egal ist, wie viel jemand übt, wenn sie/er es nicht versteht*, wenn eine Person über ein echtes Growth Mindset verfügt – da die zentrale Idee darin besteht, etwas **noch** nicht zu können (vgl. Abschnitt »Mindset – Theorien zur Intelligenz«, S. 29). Damit besitzt dieses Item eine zusätzliche Facette, die die Skala inhaltlich auffächert und dennoch dem Kerngedanken – wie beschrieben – treu bleibt. Die Skala wird somit für die Weiterarbeit mit allen vier Items übernommen, wie in Tabelle 8.12 dargestellt.

Skala: Überzeugung zur Begabung in Physik

Nach der Hauptkomponentenanalyse zeigen alle drei Rotationsverfahren einen weiteren Faktor mit Ladungen von sechs bzw. einmal sieben Items auf. Die Items dieses Faktors enthielten größtenteils den Begabungsbegriff. Daher wurde die Skala mit »Überzeugung zur Begabung in Physik« benannt. In der nachfolgenden Tabelle 8.13 sind sechs Items aufgeführt mit einem Cronbachs Alpha von $\alpha_c = 0{,}81$.

Das Cronbachs Alpha der gekürzten Skala verbessert sich auf $\alpha_c = 0{,}83$ bei fünf Items ($n = 256$), wenn das Item K1.05 weggelassen wird. Auch wenn mit dem Thema *Frustration durch Vergleich nach oben* eine typische Facette des Fixed Mindsets beschrieben wird, weicht es damit in seiner inhaltlichen Formulierung stark von den restlichen Items ab. Die Trennschärfe dieses Items von 0,32 kann zudem als tendenziell schwach eingestuft werden (Döring und Bortz, 2016, S. 478). Daher

[22] In Bezug auf die Umpolung der Items dieses Fragebogens ist invers inhaltlich in der Art definiert, dass eine Ablehnung der Aussage dieses Items mit einer lernförderlichen Überzeugung einhergeht, wie im Abschnitt »Konsequenzen für den Lernprozess«, S. 55 besprochen.

wurde entschieden, für die weitere Arbeit eine Skala mit den restlichen fünf Items aufzubauen und das Item K1.05 zu streichen.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
V1.03	4,67	1,32	262	0,52	0,90	0,83	**Entweder** man versteht die Physik **oder** man versteht sie nicht. (*invers*)
A3.14	4,19	1,37	273	0,63	0,85	0,80	Physiker/innen zeichnen sich durch eine besondere **Begabung** aus, die nur wenige Menschen haben. (*invers*)
A1.02	4,89	1,10	269	0,66	0,91	0,80	Wenn man keine **Begabung** für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern. (*invers*)
A6.20	3,93	1,42	267	0,69	0,87	0,79	Für Physik muss man eine bestimmte **Begabung** haben. (*invers*)
A9.30	4,44	1,27	270	0,70	0,94	0,78	Man kann zwar neue Dinge lernen, aber man wird nie eine gute Physikerin/ ein guter Physiker, wenn man nicht eine bestimmte **Begabung** dafür geerbt hat. (*invers*)
K1.05	*4,25*	*1,48*	*273*	*0,32*	*0,77*	*0,83*	*Wenn ein Kommilitone / eine Kommilitonin besser wird als ich, frustriert mich das.* (*invers*)

Tabelle 8.13.: Skala Mindset – Überzeugung zur Begabung (MS-B)

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Auch das Item V1.03 besitzt keine explizite Benennung des Begabungsbegriffes. Würde dieses Item weggelassen, veränderte sich das Cronbachs Alpha nur marginal nach unten, so dass der gerundete Wert derselbe bleibt. Außerdem wird die der Begabungsgedanke in der Formulierung *entweder man hat ›es‹ oder eben nicht* durchaus aufgegriffen, wodurch dieses Item die Inhaltsvalidität unterstützt. Dennoch bleibt zu erwähnen, dass ein Blick auf die Trennschärfe eine geringere Korrelation des Items mit der Skala aufweist als die anderen Items. Auch die Item-Schwierigkeit besitzt einen relativ hohen Wert mit 0,78: als angemessen gelten Werte im Bereich von 0,2 bis 0,8 (Döring und Bortz, 2016, S. 477). Dagegen zeigt sich der Wert für das Maß der Stichprobeneignung („MSA – Measure of Sample Adequacy“) mit 0,9 wiederum als „sehr gut“ (Bühner, 2011, S. 347). Somit verbleibt dieses Item in der Skala für die Weiterarbeit.

Mindset-Items: Vorliebe für herausfordernde Physikaufgaben

Das Cronbachs Alpha der gesamten Skala beträgt $\alpha_c = 0{,}88$ mit vier Items bei $n = 261$. Wie bereits im Abschnitt »Inhaltsvalidität«, S. 116 dargestellt, weist ein Cronbachs Alpha in einem Bereich um 0,9 (und höher) auf eine (*zu*) starke Homogenität der Items hin, die damit die abgedeckten Facetten eines Konstruktes einschränkt. Dies kann zusätzlich durch eine hohe Anzahl an Items forciert werden. Mit nur vier Items kann letzteres als Ursache ausgeschlossen werden. Es zeigt sich dagegen eine hohe Übereinstimmung in den Formulierungen der Items. Dies zeigt sich auch in der sehr stark ausgeprägten Inter-Item-Korrelation, wie in Tabelle 8.14 dargestellt.

	H3.13	H1.04	H2.12
H4.32	0,603	0,593	0,569
H3.13		0,825	0,691
H1.04			0,669

Tabelle 8.14.: Inter-Item-Korrelationsmatrix „H“-Items

Im Gegensatz zu den beiden vorherigen Skalen handelt es sich jedoch bei den Items dieser Komponente nicht um eine beschriebene Überzeugung. Vielmehr spiegeln sich die Benennung einer Präferenz für herausfordernde Physikaufgaben wider. Alle Items benennen diese aus der Ich-Perspektive. Bereits in der Beschreibung der verschiedenen eingebrachten Konstrukte zeigten sich augenscheinlich deutliche Überschneidungen zwischen den Mindset-Items, die sich mit dem Thema der Vorliebe

für herausfordernde Aufgaben beschäftigen und der Fachspezifischen Resilienz (vgl. Abschnitt »Fachspezifische Resilienz«, S. 133) bzw. der Achievement-Motiv-Scale (AMS – vgl. Abschnitt »Achievement Motive Scale«, S. 130).

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
H4.32	3,37	1,48	268	0,66	0,83	0,88	In Physik mag ich leichte Aufgaben lieber als **schwierige Aufgaben**. (*invers*)
H2.12	3,46	1,39	272	0,73	0,84	0,85	Je **kniffeliger** eine **Aufgabe** in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.
H1.04	3,97	1,14	267	0,80	0,76	0,83	Physikalische Probleme und **Aufgaben** finde ich dann am besten, wenn ich wirklich an ihnen **tüfteln** muss.
H3.13	4,09	1,22	268	0,81	0,76	0,82	Ich mag solche **Aufgaben** in Physik am liebsten, die eine **Herausforderung** für mich sind.

Tabelle 8.15.: Skala Mindset – Herausforderung (MS-H)

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Diese zeigten sich bereits deutlich in den Hauptkomponentenanalysen mit mehreren Skalen – darunter auch Grit-Items (vgl. Tabelle 8.7, S. 148). Bei genauerer Betrachtung grenzen sich die Items der Fachspezifischen Resilienz allerdings stärker ab, da diese zwar ebenfalls den Aspekt der herausfordernden Aufgabe im Zentrum haben, jedoch immer eine mögliche Reaktion hierauf beschreiben: entweder weitermachen oder aufgeben. Demgegenüber formulieren die Items der AMS ebenso eine Vorliebe für Herausforderungen, wenn auch allgemeiner formuliert und ohne einen Bezug zum Fach Physik. Auf Grund dieser starken inhaltlichen Überschneidung wurden sich die Korrelationen der amsH-Items und der Mindset-H-Items untersucht, um eine kombinierte Skala bilden zu können. Dies wird im Abschnitt »Skala: Vorliebe für Herausforderung«, S. 161 aufgegriffen und ausführlich besprochen.

Weitere Komponenten mit Mindset-Items

Items zur Überzeugung über Möglichkeiten der Verbesserung

In der Hauptkomponentenanalyse zeigen sich bei allen drei Rotationsverfahren eine Komponente mit Faktorladungen von vier Items. Diese beschäftigen sich inhaltlich mit der Möglichkeit der Verbesserung im Fach Physik. Jedoch zeigt sich inhaltlich deutlich weniger Deckungsgleichheit als bei den bisherigen aufgestellten fachspezifischen Mindset-Skalen.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
F6.21	4,07	1,41	268	0,27	0,63	0,47	Wenn meine Klausur / Übungsaufgaben schlechter sind als erwartet, suche ich mir Hilfe bei anderen, um **meine Fehler / Lücken aufzuarbeiten**.
A5.19	4,97	1,06	268	0,27	0,84	0,45	Egal wie gut ich zunächst in Physik bin, **ich kann meine Leistungen immer deutlich steigern**, wenn ich mich anstrenge.
F4.11	4,81	1,18	271	0,31	0,77	0,42	Es motiviert mich, wenn mir mein/e Tutor/in **erklärt, wo** ich bei einer Physikaufgabe einen **Fehler gemacht** habe.
K4.31	4,71	1,18	272	0,35	0,63	0,38	Wenn ein Kommilitone / eine Kommilitonin besser in Physik wird, interessiert mich, wie er / sie das macht, damit **ich auch besser werden kann**.

Tabelle 8.16.: Items Mindset – Möglichkeiten der Verbesserung im Fach Physik

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Dieser Eindruck wird auch von den statistischen Kennwerten getragen: zwei der vier Items befinden sich im ungenügenden Bereich für Trennschärfen mit $T_s < 0,3$, ein weiteres Item liegt gerade so über 0,3. Der Mittelwert von zwei Items ist größer als 4,8 – womit der Grenzwert für eine angemessene Schwierigkeit von 0,8 überschritten wird (Döring und Bortz, 2016, S. 477). Das Cronbachs Alpha der gesamten Skala beträgt $\alpha_c = 0,5$ mit vier Items ($n = 263$) und liegt damit deutlich unter einem noch akzeptablen Wert.

Auch wenn insgesamt der Gedanke sich verbessern zu können und zu wollen, stark mit einem Growth Mindset verbunden ist, müssen die Items aus den genannten Gründen leider von der Weiterverwendung ausgeschlossen werden.

Items zur Überzeugung zu angeborener Begabung in Physik

In der Hauptkomponentenanalyse zeigen sich sowohl beim Rotationsverfahren mit Varimax und Equimax drei Items, die gemeinsam auf eine Komponente laden. Das Item V4.22 ist als einziges invers formuliert und lädt bei der Rotation mit Quartimax nicht auf die gleiche Komponente. Inhaltlich lässt sich dieser Faktor gut mit dem Konzept „Überzeugung zur angeborenen Begabung“ beschreiben. Es finden sich nur für das inverse Item V4.22 Nebenladungen $> 0,3$ für die Skala „Überzeugung zur Begabung in Physik“, obwohl auch die anderen beiden Items eine deutlich erkennbare inhaltliche Nähe aufweisen – womit sich an dieser Stelle vermutlich wieder die Tendenz aufzeigt, mit inversen Items artifizielle (Sub-)Skalen zu generieren.

Obwohl bei den drei Items eine inhaltliche Passung gegeben ist und auch die statistischen Kennwerte zunächst einen guten Eindruck machen, beträgt das Cronbachs Alpha der gesamten Skala nur $\alpha_c = 0,54$ mit drei Items ($n = 261$). Damit müssen auch diese Items für die Weiterarbeit ausgeschlossen werden.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
A8.27	3,84	1,09	267	0,32	0,84	0,49	Berühmte Physiker/innen waren nicht **wegen ihrer Begabung erfolgreich**, sondern nur weil sie jahrelang sehr hart dafür gearbeitet haben.
V4.22	4,25	1,46	268	0,35	0,92	0,45	Es gibt ein Grundverständnis von Physik, das man **von Geburt** an mitgegeben bekommt. (*invers*)
A2.08	4,35	1,38	270	0,39	0,85	0,37	Es gibt keine **geborenen Physiker**. Jede/r muss hart arbeiten, um in Physik etwas zu erreichen.

Tabelle 8.17.: Skala Mindset – Überzeugung zu *geborenen* Physiker:innen

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Weitere Mindset-Items

Das Cronbachs Alpha der drei verbleibenden Items wurde nicht gebildet, da diese sowohl auf unterschiedliche Faktoren laden, als auch das Item V7.34 inhaltlich nicht zu den beiden *Tutor:innen-Items* passt. Da weniger als vier Items teilweise nicht mehr gut geeignet sind, eine neue Skala aufzubauen (Robinson, 2018, S. 741), werden die Items aus Tabelle 8.18 für die weitere Arbeit verworfen.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
F1.01	4,21	1,58	272	0,000	0,67	0,00	Wenn ich in der Vorlesung / Übung etwas nicht gekonnt habe, hoffe ich, dass der / die Tutor/in das nicht mitbekommt. (*invers*)
F2.16	2,47	1,48	272	0,000	0,64	0,00	Wenn ich die Übungsaufgaben in Physik nicht gekonnt habe, teile ich dies dem / der Tutor/in unaufgefordert mit.
V7.34	3,96	1,39	273	0,000	0,72	0,00	In Physik bringt es wenig, mehr zu lernen, denn es hängt nur vom Verständnis ab. (*invers*)

Tabelle 8.18.: Restliche Mindset-Items

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Skala: Vorliebe für Herausforderung

Wie im Abschnitt »Mindset-Items: Vorliebe für herausfordernde Physikaufgaben«, S. 156 besprochen, zeigten sich bereits bei der rein inhaltlichen Betrachtung deutliche Überschneidungen zwischen den „H“-Items (H1.04, H2.12, H3.13 und H4.32) aus dem originalen domänenspezifischen Mindset-Fragebogen und den amsH-Items der Achievement Motive Scale. Werden alle Items der beiden Konstrukte in einer Hauptkomponentenanalyse (Varimax) untersucht, so laden amsH.01, amsH.04, amsH.06 und amsH.10 gemeinsam mit den „H“-Items. Mit Ausnahme des Items amsH.10 besitzen alle Items eine Faktorladung größer 0,73 und laden in der Reihenfolge nach Faktorladung gemischt nach Skalen. Um das Ziel des Aufbaus eines *zeitökonomischen* Fragebogens – auch mit der Bildung dieser Skala – weiterzuverfolgen, sollten die besten vier bis sechs Items ausgewählt werden. Hierfür wurden die Item-Item-Korrelationen untersucht, wie in Tabelle 8.19 dargestellt. Um eine neue Skala „Vorliebe für Herausforderungen“ aufbauen zu können,

	amsH.01	amsH.04	amsH.05	amsH.06	amsH.10	amsH.12	amsH.15
H3.13	**0,629**	**0,648**	0,315	**0,780**	0,557	0,279	0,125
H1.04	0,580	**0,625**	0,337	**0,735**	0,502	0,199	0,136
H2.12	0,564	0,509	0,249	**0,628**	0,444	0,113	0,054
H4.32	0,472	0,475	0,137	0,565	0,324	0,016	0,006

Tabelle 8.19.: Inter-Item-Korrelationsmatrix „H“-Items und AMS
Korrelationen > 0,6 sind fett hervorgehoben

Wie nach der Hauptkomponentenanalyse zu erwarten, zeigen sich deutliche Korrelationen > 0,6 für die beiden Items amsH.04 und amsH.06 mit drei von vier Mindset „H“-Items. AmsH.01 und amsH.10 weisen entsprechend der Faktorladung geringere Item-Item-Korrelationen auf. Das Item H4.32 zeigt als einziges „H“-Item keine Inter-Item-Korrelation oberhalb dieser Schranke mit den amsH-Items auf. Auch im Hinblick auf die anderen Mindset „H“-Items zeigt es *nur* Korrelationen im Bereich von 0,57 bis 0,6 auf (vgl. Tabelle 8.14, S. 156). Dies kann einerseits daran liegen, dass das Item H4.32 als einziges invers formuliert ist (vgl. Tabelle 8.20). Andererseits weicht es mit der Benennung der Vorliebe für leichte Aufgaben inhaltlich ab, da dies nicht als einfache Umkehrung verstanden werden kann. Daher wurde entschieden die Skala „Vorliebe für Herausforderung“ aus den anderen drei Mindset „H“-Items und den beiden hoch korrelierenden amsH-Items aufgebaut. Das Cronbachs Alpha der gesamten Skala beträgt $\alpha_c = 0{,}91$ mit fünf Items bei $n = 261$. Ein weiteres Streichen der Items amsH.04 und H2.12 verbessert die interne Konsistenz α_c der Skala um 0,002 bei *nur* drei verbleibenden Items.

Damit zeigt sich die Skala als sehr homogen, was sich auch in den Formulierungen widerspiegelt. Alle Items bestehen aus drei Aspekten: 1. Im Kern stehen (physikalische) Probleme und Aufgaben. 2. Es wird eine Präferenz in Ich-Form ausgedrückt, wenn 3. diese Aufgaben eine Herausforderung darstellen. Es wird jedoch keine Überzeugung mitgeteilt, inwiefern dieses Verhalten auch mit Erfolg bzw. Verbesserung einhergeht. Daher wird für den Namen dieser Skala auch nicht der Überzeugungsbegriff verwendet. Stattdessen wird die bereits geprägte Benennung einer Vorliebe aus der AMS-Subskala verwendet und diese Skala in der Weiterarbeit als „Vorliebe für Herausforderung“ bezeichnet. Diese Skala wird mit allen in Tabelle 8.20 aufgeführten Items verwendet. Alle anderen amsH-Items werden für die Weiterarbeit gestrichen.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
H1.04	3,95	1,15	261	0,83	0,87	0,88	Physikalische **Probleme und Aufgaben finde ich** dann **am besten**, wenn ich wirklich an ihnen **tüfteln** muss.
H2.12	3,46	1,40	261	0,71	0,93	0,91	Je **kniffeliger** eine **Aufgabe** in Physik ist, desto besser **gefällt** sie **mir**.
H3.13	4,08	1,23	261	0,86	0,84	0,87	**Ich mag** solche **Aufgaben** in Physik am liebsten, die eine **Herausforderung** für mich sind.
amsH.04	4,36	1,17	261	0,68	0,92	0,91	Es macht **mir Spaß**, an **Problemen** zu arbeiten, die für mich ein bisschen **schwierig** sind.
amsH.06	4,08	1,19	261	0,81	0,89	0,88	**Probleme**, die **schwierig** zu lösen sind, **reizen mich**.

Tabelle 8.20.: Skala: Vorliebe für Herausforderung (Herausf.)

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Betrachtung von Kombinationen der Mindset „H“-Items mit anderen Konstrukten

Wie bereits im Abschnitt »Hauptkomponentenanalyse – 91 Items«, S. 144 besprochen, zeigt sich die erste Komponente in der Analyse als stark gemischt aus allen eingebrachten Skalen. Im vorangegangenen Abschnitt wurde die Bildung der Skala „Vorliebe für Herausforderung“ vorgestellt, welche sich aus drei „H“-Items des Fragebogens zum fachspezifischen Mindset (ursprünglich: „Reaktion auf Herausforderungen“) und zwei amsH-Items („Achievement Motive Scale“) zusammensetzt. Damit wurde den nun vorgestellten Untersuchungen vorgegriffen. An dieser Stelle soll noch einmal

beleuchtet werden, aus welchen Gründen nur Items der Achievement Motiv Scale berücksichtigt wurden.

Grit und „H“-Items

In einer Hauptkomponentenanalyse (Varimax) aller fachspezifischen Mindset-Items mit allen Grit-Items bildet sich eine eigene Komponente aus, in der die vier „H“-Items (ursprünglich: „Reaktion auf Herausforderungen“) gemeinsam mit zwei Grit-Items auf einen Faktor laden. Jedoch zeigt sich bereits ein Unterschied der beiden Konstrukte in der Höhe der Faktorladungen. Während die „H“-Items im Bereich $> 0{,}85$ (ein Item mit 0,73) liegen, zeigen die beiden Grit-Items nur Ladungen von 0,6 und 0,47 auf. Auch eine Betrachtung der Korrelationen – wie in Tabelle 8.21 dargestellt – zeigen deutlich niedrigere Werte auf, als dies zwischen den amsH- und den „H“-Items der Fall war (vgl. Tabelle 8.19, S. 162). So zeigt sich nur eine Korrelation als höher als 0,5 und somit *nur* eine mittlere Eignung, dasselbe Konstrukt zu erklären.[23] Der Wert für Cronbachs Alpha beträgt $\alpha_c = 0{,}85$ und fällt damit geringer aus als bei der gebildeten Skala „Vorliebe für Herausforderungen“ mit $\alpha_c = 0{,}91$ (vgl. S.161).

Item	H1.04	H2.12	H3.13	H4.32
grit.01	0,41	0,51	0,41	0,25
grit.08	0,39	0,45	0,42	0,33

Tabelle 8.21.: Inter-Item-Korrelationsmatrix Grit und „H“-Items

Eine genaue Analyse der Item-Inhalte zeigt, dass das ursprüngliche grit.08-Item den Aspekt der Hartnäckigkeit in Bezug auf die emotionale Wirkung (Motivation) beschreibt: „Dauert eine Sache zu lange, verliere ich die Motivation weiterzumachen.“ Damit wird invertiert der Grundgedanke der „H“-Items aufgegriffen. Bezüglich des grit.01-Items ist festzuhalten, dass dieses selbst formuliert wurde und somit im Vorfeld der Grit-Skala nur zugeordnet wurde. „Schon während meiner Schulzeit habe ich gerne so lange hartnäckig an Physikaufgaben geknobelt, bis ich sie gelöst hatte.“ Wie bei den „H“-Items steht im Kern die herausfordernde Physikaufgabe – in Retrospektive auf die Schulzeit betrachtet. Jedoch wird hierbei keine Aussage über Präferenzen (Vorliebe) gemacht, sondern im Sinne von Grit die Hartnäckigkeit ins

[23] Die bivariaten Rangkorrelationen (Spearmans ρ) für alle Items der Grit-Skala finden sich im Anhang in der Tabelle »Bivariate Spearman-Korrelationen – Grit-Items«, S. 363.

Zentrum gestellt. Damit wurden diese Items insgesamt als nicht geeignet eingeschätzt, die „H“-Items in einer Gesamtskala zu ergänzen.

Fachspezifische Resilienz und „H“-Items

Wird eine Hauptkomponentenanalyse (Varimax) aller fachspezifischen Mindset-Items mit allen Items der fachspezifischen Resilienz (FsR) durchgeführt, zeigt sich ebenfalls eine eigenständige Komponente mit allen „H“-Items (ursprünglich: „Reaktion auf Herausforderungen“) und sechs der insgesamt elf FsR-Items. Auch hier zeigen sich wieder deutliche Korrelationen für die ersten drei „H“-Items über 0,6.

Item	H1.04	H2.12	H3.13	H4.32
mabp.06R	0,58	0,53	**0,63**	0,59
mabp.11	**0,62**	**0,61**	**0,64**	0,46
mabp.02R	0,50	0,52	0,56	0,53

Tabelle 8.22.: Inter-Item-Korrelationsmatrix fachspezifische Resilienz und „H“-Items

Das Item mabp.11 zeigt hier die höchsten Werte. Dies kann zum einen daran liegen, dass es als einziges der drei nicht invertiert ist. Auf der Oberflächenebene lassen sich „komplexe Physikaufgabe“ (mapp.11), [sehr schwierige] „physikalische Probleme“ (mabp.06R) und zuletzt das *Signalwort* „knobeln“ (mabp.11) identifizieren, welches bereits im Item grit.01 zu finden ist. Eine Zustimmung zu den zwei invertierten Items drückt eine Art Unbehagen bei schweren Aufgaben aus, was sich durchaus als Gegenpol zu Vorliebe verstehen lassen könnte. Mabp.11 weicht mit der Formulierung „macht es mir nichts aus“ jedoch hiervon ab. Damit besitzen diese Items inhaltlich etwas weniger Passung als die amsH-Items. Dennoch verfügt es in einer kombinierten Skala mit den drei „H“-Items (vgl. Tabelle 8.20, S. 163) und den drei aufgeführten FsR-Items über ein nahezu identisch hohes Cronbachs Alpha von $\alpha_c = 0{,}9$ bei gesamt sechs Items ($n = 263$). Es ist daher eine hohe Inter-Skala-Korrelation zu erwarten.[24] Diese wird im Abschnitt »Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset«, S. 364 dargestellt und diskutiert.

Es wurde sich dagegen entschieden, eine kombinierte Skala aus „H“-Items und und Items der physikfachspezifischen Resilienz zu verwenden. Dies lag jedoch vornehmlich an einem anderen Grund, als den gerade diskutierten: dem Konstrukt

[24] Die bivariaten Rangkorrelationen (Spearmans ρ) für alle Items der FsR-Skala finden sich im Anhang in der Tabelle »Bivariate Spearman-Korrelationen – Fachspezifische Resilienz«, S. 364.

der physikfachspezifischen Resilienz wird unterstellt, einen Beitrag für die Aufklärung von Verbleib versus Studienabbruch zu leisten (Neumann et al., 2021, S. 307). Daher soll dieses Konstrukt einzeln untersucht und die geringfügig gekürzte Skala „physikfachspezifische Resilienz“ für die Weiterarbeit verwendet werden.

8.4.6 Skalen der anderen Konstrukte

Bis zu diesem Punkt wurden die Komponenten der originalen fachspezifischen Mindset-Items untersucht. Hierbei konnten zwei eigenständige Überzeugungs-Skalen gefunden werden (vgl. Abschnitt »Skala: Überzeugung zur Anstrengung in Physik«, S. 153 und Abschnitt »Skala: Überzeugung zur Begabung in Physik«, S. 154). Darüber hinaus zeigt sich auch eine deutliche Skala mit den „H“-Items. Aufgrund der vorhandenen gemeinsamen Faktorladungen mit anderen Konstrukten wurden die Zusammenhänge genauer analysiert und in den vorherigen Abschnitten diskutiert, aus welchen Gründen schließlich eine Skala zur Vorliebe für Herausforderung gebildet wurde (vgl. S. 161 ff.).

Da sowohl die Items der Grit-Skala noch physikfachspezifischen Resilienz-Skala für die Bildung einer kombinierten Skala ausgeschlossen wurden, werden diese im Folgenden in ihrer Eignung als eigene Skala untersucht. Darüber hinaus zeigt sich, dass auch die „Furcht vor Misserfolg“-Items der Achievement Motiv Scale als eigene Komponente identifiziert werden können.

Skala: physikfachspezifischen Resilienz

Bereits im Abschnitt »Skala: Vorliebe für Herausforderung«, S. 161 wurden ein Teil der Items der Skala zur physikfachspezifischen Resilienz besprochen. Jedoch erschien es sinnvoll – unter dem Gesichtspunkt des Studienverbleibs bzw. -abbruchs wichtig – eine eigenständige Skala beizubehalten. So konnte eine Studie von Neumann und Kolleg:innen (2021) zeigen, dass die Skala der mathematikfachspezifischen Resilienz als Prädiktor für den Studienverbleib dienen kann (Neumann et al., 2021, S. 323). In der vorliegenden Studie wurden die Items des gleichen Autorenteams verwendet – angepasst für das Fach Physik (vgl. Neumann et al., 2016 sowie Abschnitt »Fachspezifische Resilienz«, S. 133). Da die Items für dieses Fach bislang nur in einer kleinen Stichprobe getestet wurde, wurden die Items einer Hauptkomponentenanalyse unterworfen – ohne Einschränkung bezüglich der Faktorenzahl. Der Bartlett-Test auf Sphärizität für die Items der physikfachspezifischen Resilienz ist hochsignifikant ($\chi^2 = 1282,19; df = 55; p < .001$). Das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-

Meyer-Olkin verfehlt mit 0,892 nur knapp eine sehr gute Eignung der Daten für eine Analyse (Bühner, 2011, S. 347).

Zur besseren Interpretation der Faktorladungen kamen erneut drei Rotationsverfahren zum Einsatz (vgl. Abschnitt »Rotationsverfahren«, S. 149). Die Rotation mit Varimax und Equimax kamen zu identischen Ergebnissen und sind daher in Tabelle 8.23 gemeinsam aufgeführt. Auch das Quartimaxverfahren kommt zu sehr ähnlichen Verteilungen. Unterschiede finden sich lediglich in den Nebenladungen dreier Items (mabp.08R, mabp.03 und mabp.09R). Auch kommt es zu einer Vertauschung der Reihenfolge in der Sortierung nach Faktorladung für die Items mabp.02R und mabp.04R, wobei sie in der Höhe in allen Fällen dicht beieinander liegen. Interessanterweise weisen die Items keine artifizielle Trennung der Komponenten in positiv und invers formulierte (gekennzeichnet durch das R am Ende des Item-Codes) aus. Selbst die Reihenfolge der Items erscheint unabhängig hiervon.

Rotation	**Equi-/Varimax**			**Quartimax**	
Item	**1**	**2**	**Item**	**1**	**2**
mabp.11	0,784		**mabp.11**	0,806	
mabp.01	0,774		**mabp.01**	0,788	
mabp.06R	0,758		**mabp.06R**	0,772	
mabp.07	0,741		**mabp.07**	0,764	
mabp.08R	0,695	0,342	**mabp.08R**	0,747	
mabp.10	0,685		**mabp.10**	0,698	
mabp.05R	0,684		**mabp.05R**	0,697	
mabp.02R	0,626		**mabp.02R**	0,669	
mabp.04R	0,641		**mabp.04R**	0,647	
mabp.03		0,876	**mabp.03**	0,361	0,821
mabp.09R		0,874	**mabp.09R**	0,329	0,829

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.
Rotationsmethode mit Kaiser-Normalisierung.
Rotierte Komponentenmatrix:
die Rotation ist in jeweils 3 Iterationen konvergiert.

Tabelle 8.23.: Hauptkomponentenanalyse mit drei Rotationsmethoden
(Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt)

Die beiden Items mabp.03 und mabp.09R, welche auf die zweite Komponente laden beinhalten beide die Aussage „wenn ich scheitere“ in Kombination mit dem Physikstudium (vgl. Abschnitt »Items – Physik-Fachspezifische Resilienz«). Währenddessen beschäftigen sich die anderen Items der ersten Komponente begrenzt auf Physikaufgaben bzw. physikalische Probleme. Das Item mabp.08R bezieht sich ebenfalls auf letzteres, jedoch erscheint es, als wenn die Formulierung „gebe ich lieber auf“ von den Studierenden eher im Sinne eines Scheiterns als eines bloßen Aufhörens interpretiert wird.

Um auch hier den Ansatz einer Reduktion von Items zu verfolgen, wurden zunächst die beiden Items der zweiten Komponente gestrichen, da diese eher eine Studienabbruchsintention wiedergeben. Dabei wäre es grundsätzlich auch interessant gewesen, diese im Kontext dieser Arbeit zu erheben. Da es sich jedoch nur um zwei Items in diesem Zusammenhang handelt, mussten beide Items dennoch verworfen werden.[25] Um die Anzahl der Items weiter zu kürzen, wurden die beiden letzten Items der ersten Komponente inhaltlich analysiert. Dabei fiel auf, dass sich das Item mabp.04R eher auf den Aspekt von Interesse („interessanten Aufgaben“) konzentriert. Dagegen beleuchtet mabp.02R Teamarbeit und mehrere Arbeitssitzungen, was nach Ansicht der Autorin eher der Idee der physikfachspezifischen Resilienz entspricht. Somit wurde auch das Item mabp.02R von der Weiterarbeit ausgeschlossen.

Damit blieben acht Items erhalten, die gemeinsam ein Cronbachs Alpha von $\alpha_c = 0{,}89$ aufwiesen bei $n = 261$. Die Skala wurde weiter mit dem Begriff der physikfachspezifischen Resilienz bezeichnet.

Skala: Unsicherheit in Leistungssituationen

Neben der Subskalen im Bereich der „Hoffnung auf Erfolg“ teilt sich die Achievement Motive Scale auch noch in die Komponente „Furcht vor Misserfolg auf“ (vgl. Abschnitt »Achievement Motive Scale«, S. 130). Von der letztgenannten Subskala gingen sechs Items in den Pilotierungsfragebogen ein (vgl. Tabelle 8.24).

Bereits in der Hauptkomponentenanalyse aller 91 Items laden diese gemeinsam auf eine Komponente. In der inhaltlichen Prüfung fällt das Item amsF.24 auf. Bei den

[25] In einer nachträglich durchgeführten Analyse zeigte sich, dass das Cronbachs Alpha einer solchen Skala – ergänzt um das Item mabp.08 – mit $\alpha_c = 0{,}72$ sogar gerade noch im akzeptablen Bereich für psychometrische Tests lag. Der Fokus dieser Arbeit lag jedoch auf der Untersuchung eines fachspezifischen Mindsets. Die Übernahme von verwandten Konstrukten geschah daher aus inhaltsvalidierenden Gesichtspunkten. Der Aufbau neuer nicht-Mindset-Skalen war nicht vorgesehen.

anderen fünf Items wird eine Unsicherheit darüber ausgedrückt, mit einem Problem bzw. mit etwas, das man noch nicht kann, konfrontiert zu sein.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
amsF.21	3,49	1,33	259	0,54	0,84	0,75	Wenn ich **unsicher** darüber bin, ob ich etwas gut kann, finde ich es **unangenehm**, es trotzdem tun zu müssen.
amsF.25	2,94	1,37	259	0,49	0,85	0,76	Situationen, die **schwierig** für mich sind, **setzen mich unter Druck**.
amsF.27	3,93	1,52	259	0,59	0,82	0,73	Ich hoffe, schwierige Aufgaben nicht machen zu müssen, weil ich **Angst** habe, sie **nicht (gut genug) zu schaffen**.
amsF.28	3,27	1,38	259	0,59	0,82	0,73	Wenn ich ein Problem **nicht auf Anhieb verstehe**, fühle ich mich **unsicher**.
amsF.30	3,79	1,38	259	0,59	0,83	0,74	Ich fühle mich unwohl, an etwas zu arbeiten, wenn ich **unsicher** bin, **ob ich es auch schaffen kann**.
amsF.24	*3,24*	*1,62*	*258*	*0,54*	—	*0,78*	*Auch bei Aufgaben, von denen ich glaube, dass ich sie kann, habe ich Angst zu versagen.*

Tabelle 8.24.: Skala: Unsicherheit in Leistungssituationen

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Dagegen drückt das Item amsF.24 eine generalisierte Angst aus, die selbst dann noch vorhanden ist, wenn die Person glaubt, die Aufgaben zu können. Damit drückt

dieses Item allgemein die Tendenz zu einem negativen Affekt[26] aus. Durch diese Abweichung von der inhaltlichen Ausrichtung der anderen Items wurde entschieden, dieses Item zu streichen. Die restlichen fünf Items wurden zur Skala »Unsicherheit in Leistungssituationen« zusammengefasst. Das Cronbachs Alpha liegt mit einem Wert von $\alpha_c = 0{,}78$ in einem akzeptablen bis guten Bereich bei $n = 259$. Die bivariaten Rangkorrelationen (Spearmans ρ) für alle Items der AMS-Skala finden sich im Anhang in der Tabelle »Bivariate Spearman-Korrelationen – AMS-Items«, S. 365.

Skala: Grit

Der Bartlett-Test auf Sphärizität für die Items der Grit-Skala ist hochsignifikant ($\chi^2 = 793,1; df = 78; p < .001$). Das Maß der Stichprobeneignung nach Kaiser-Meyer-Olkin zeigt mit 0,776 eine mittlere Eignung der Daten für eine Analyse (Bühner, 2011, S. 347). In einer offenen Hauptkomponentenanalyse zeigen die 13 Grit-Items Faktorladungen auf insgesamt vier Komponenten. Die ersten drei zeigen Ladungen von fünf Items. Diese Verteilung erfolgt unabhängig von den gewählten Rotationsverfahren. Bei der Betrachtung der ersten Komponente zeigt sich, dass das Item grit.07 über eine nahezu doppelt so hohe Nebenladung von 0,609 auf die zweite Komponente verfügt als auf die erste Komponente (Varimax: 0,352; Quartimax: 0,339). Wird die interne Konsistenz bestimmt, bleibt das α_c gerundet bei 0,74 sowohl im Fall von fünf als auch bei vier Items ohne das Item grit.07. Dieser Wert liegt im noch akzeptablen Bereich und wird durch eine Kürzung von Items aufgewertet (vgl. Abschnitt »Reliabilität«, S. 114). Diese Skala wird somit mit vier Items für die Weiterarbeit verwendet (vgl. Tabelle 8.25).

Es zeigt sich eine deutliche Übereinstimmung dieser Items, mit der Analyse von Fleckenstein und Kolleg:innen (2014), die den Grit-Fragebogen bereits übersetzt[27] und im deutschsprachigen Raum eingesetzt hatten. In der beschriebenen Untersuchung zeigten sich zwei Skalen bei Schüler:innen, nämlich „Beharrlichkeit“ und „Beständiges Interesse“. Alle fünf aufgeführten Items sind in der letztgenannten Skala enthalten. Die Autor:innen führen noch ein sechstes Item (*entspricht grit.08*) auf, welches jedoch bereits in deren Untersuchung nur eine Faktorladung von 0,33 auf die Komponente des beständigen Interesses lädt und mit 0,49 wesentlich stärker auf die zweite Komponente (Fleckenstein et al., 2014, S. 283).

[26] Vgl. Fußnote Nr. 6, S. 32.

[27] Die Items in diesem Fragebogen wurden unabhängig hiervon ins Deutsche übersetzt (vgl. Abschnitt »Grit«, S. 131).

Die zweite Komponente, die in der vorliegenden Analyse gefunden wurde, repräsentiert den Aspekt „Beharrlichkeit“. Damit zeigt sich erneut eine deutliche Überschneidung mit der Skala von Fleckenstein und Kolleg:innen (2014). Sie besitzt Faktorladungen $> 0{,}6$ der Items grit.06, grit.07, grit.09 und grit.12.[28] Für eine Skala aus diesen vier Items liegt der Wert für das Cronbachs Alpha jedoch mit $\alpha_c = 0{,}69$ gerade nicht mehr im akzeptablen Bereich. Um dem Anspruch der Kürzung des Pilotierungsfragebogens gerecht zu werden, wurde diese Subskala daher gestrichen.

Item	μ	σ	n	Ts	MSA	α_c	Inhalt
grit.02	3,24	1,30	263	0,33	0,87	0,76	Neue Ideen und Projekte lenken mich teilweise von den vorhergehenden ab. (*invers*)
grit.03	4,41	1,43	267	0,58	0,67	0,67	Meine Interessen ändern sich von Jahr zu Jahr. (*invers*)
grit.05	4,20	1,46	268	0,61	0,76	0,66	Ich kann zuerst Feuer und Flamme für etwas sein, verfolge es aber dann nicht bis zum Ende. (*invers*)
grit.11	4,42	1,44	266	0,63	0,68	0,65	Alle paar Monate entwickle ich neue Interessen. (*invers*)
grit.07	*4,00*	*1,41*	*262*	*0,40*	*0,72*	*0,74*	*Ich setze mir erst ein Ziel, verfolge aber später ein anderes. (invers)*

Tabelle 8.25.: Skala: Grit – Beständiges Interesse

μ: Mittelwert; σ: Std.-Abweichung; n: Anzahl; Ts: Trennschärfe (Korrigierte Item-Skala-Korrelation); MSA: Maß der Stichprobeneignung (MSA – Measure of Sample Adequacy); α_c: Cronbachs Alpha, wenn Item weggelassen

Ist in der Weiterarbeit von den Grit-Items die Rede, so bezieht sich das auf die vier Items der Subskala „Beständiges Interesse“.

[28] Für das Item grit.05 liegt eine Nebenladung von 0,39 vor. Dieses Item wird allerdings bereits der Skala „Beständiges Interesse“ und kann daher nicht mehr in der Analyse der zweiten Komponente berücksichtigt werden.

8.5 Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset

In die Pilotierung wurden insgesamt fünf verschiedene Konstrukte eingebracht. Teilweise war hierbei bekannt, dass diese aus Subskalen bestehen – wie bei der Achievement Motive Scale und Grit. Inhaltlich beschäftigten sich alle Konstrukte mit Leistungssituationen – größtenteils bezogen auf ein Physikstudium. Diese Konstrukte wurden gewählt, um zu prüfen, inwiefern sich die aufgebauten Skalen des domänenspezifischen Mindset-Fragebogens als eigenständig behaupten können. Bereits in der inhaltlichen Analyse der Items zeigten sich zum Teil sehr augenfällige Übereinstimmungen in den Formulierungen (vgl. Abschnitt »Konstrukte im Fragebogen«, S. 127). Auch bei den Hauptkomponentenanalysen fanden sich immer wieder gemeinsame Faktor(-neben)-ladungen.

Die zweite Forschungsfrage[29] dieser Arbeit lautet:

> Inwieweit lassen sich die domänenspezifischen Items durch den Vergleich mit ähnlichen Konstrukten validieren?

Um dieser Frage nachzukommen, wurden in den vorangegangenen Abschnitten die Items des Pilotierungsfragebogens untersucht und mit Hilfe von statistischen Kennwerten und inhaltlichen Abwägungen sechs Skalen für die Weiterarbeit aufgebaut. Schon in dieser Analyse fiel auf, dass Items aus verschiedenen Konstrukten gemeinsame Faktorladungen aufwiesen.

Um diese Zusammenhänge der Konstrukte weiter zu untersuchen, soll daher die jeweilige bivariate Korrelation der Konstrukte aufgestellt werden. Zur Überprüfung der diskriminanten Validität soll sichergestellt werden, dass nur moderate Korrelationen zwischen einerseits den domänenspezifischen Subskalen und der allgemeinen Mindset-Skala und andererseits – wenn überhaupt – niedrige oder keine Korrelationen von diesen zu den anderen *ähnlichen* Konstrukten bestehen (Schmiemann und Lücken, 2014, S. 116). „Ein gewisser Zusammenhang ist allerdings zu erwarten, da“[30] eben gerade Konstrukte ausgewählt wurden, die inhaltlich und in ihren Formulierungen Überschneidungen aufweisen.

Für die Berechnung der Produkt-Moment-Korrelation r nach Pearson ist die Normalverteilung der Variablen (Skalen) notwendig (Bühner und Ziegler, 2017, S. 640). Eine Prüfung mit Hilfe des Shapiro-Wilk-Tests wird für jede einzelne Skala

[29] Vgl. Abschnitt »Forschungsfragen – Fragebogenentwicklung«, S. 91.
[30] Vgl. ebd.: Schmiemann und Lücken, 2014, S. 116.

signifikant – was bedeutet, dass die Annahme der Normalverteilung verworfen werden muss. Als nicht-parametrische Alternative kann die Rangkorrelation ρ nach Spearman berechnet werden (ebd.; Bortz und Schuster, 2010, S. 178). Diese ist zudem weniger anfällig für „Ausreißerwerte" als die Produkt-Moment-Korrelation (Bühner und Ziegler, 2017, S. 654). Um diese weiter zu reduzieren, wurde ein Bootstrap-Verfahren[31] in ›SPSS‹ durchgeführt. Das bedeutet, aus dem Gesamtpool aller Datensätze für die entsprechenden Items wurden 2000 Zufallsstichproben mit Zurücklegen gezogen und deren Werte gemittelt.[32] Für verlässliche Korrelationsberechnungen werden Stichprobengrößen von mehr als 250 Personen empfohlen (Schönbrodt und Perugini in Bühner und Ziegler, 2017, S. 640). Eine „a priori"-Berechnung mit Hilfe der empfohlenen Werte[33] zur Berechnung der Teststärke in ›G*Power‹ zeigt an, dass für Korrelationen bis 0,2 eine ausreichend hohe Anzahl Messungen N vorliegen (*A priori total sample size = 191*). Um haltbare Aussagen über Korrelationen im Bereich von 0,1 zu machen, wäre ein N von 779 nötig – in der Pilotierung lagen gesamt 273 ausgefüllte Fragebögen vor. Damit ist eine Beurteilung von schwachen Zusammenhängen nicht abschließend möglich.

Die Bewertung der Höhe der Korrelationen richtet sich nach den üblichen Konventionen für r bzw. ρ von Cohen (1988, S. 83), wie in Tabelle 8.26 dargestellt. Ziel ist es, damit eine Konstruktvalidierung der domänenspezifischen Mindset-Items vornehmen zu können (vgl. Döring und Bortz, 2016, S. 472).

geringe Korrelation	**mittlere Korrelation**	**hohe Korrelation**
$r \geq 0{,}1$	$0.3 \leq r < 0{,}5$	$r \geq 0{,}5$

Tabelle 8.26.: Grenzwerte für Korrelationszusammenhänge

Die „H"-Items wurden ebenfalls aufgenommen. In der Hauptkomponentenanalyse zeigte sich bereits eine Abgrenzung dieser Items zu den anderen ursprünglichen domänenspezifischen Mindset-Items. Es zeigt sich in der Betrachtung der Korrelation,

[31] Methode der Stichprobenziehung: Einfach, 95 % Konfidenzintervall.

[32] Die Bootstrap-Methode würde sogar erlauben, die Produkt-Moment-Korrelation r nach Pearson zu berechnen – trotz der Verletzung der Voraussetzung der (bivariaten) Normalverteilung. Eine Abweichung zwischen einem *Bootstraped*-Pearsons r und dem korrespondierenden *Bootstraped*-Spearmans ρ gibt dann einen Hinweis auf vorliegende Ausreißer-Werte (Bühner und Ziegler, 2017, S. 654). Zum Vergleich findet sich im Anhang die Tabelle 16.1 mit den berechneten Werten für *Bootstraped*-Pearsons r.

[33] Vgl. Bühner und Ziegler, 2017, S. 640.

dass die Skala der „H“-Items nicht signifikant mit den Items der anderen beiden MS-Skalen korreliert. Selbiges gilt für die Mischskala „Vorliebe für Herausforderung“ für die ebenfalls keine signifikanten Korrelationen mit domänenspezifischen Mindset-Skalen festzustellen sind. Damit bestätigt sich die Vermutung, dass die Skala Herausforderung keine Subskala des domänenspezifischen Mindsets darstellt, sondern eher im Bereich des Leistungsmotivs zu verorten ist.

In der Tabelle wurden die folgenden Abkürzungen für die Skalen verwendet:

FsR: Physikfachspezifische Resilienz
Grit: Beständiges Interesse
Herausf: Vorliebe für Herausforderung
MS-A: Überzeugung zur Anstrengung im Fach Physik
MS-B: Überzeugung zur Begabung im Fach Physik
Unsicher: Unsicherheit in Leistungssituationen
MS-H: *„H“-Items*

Hinweis: Die inversen Items wurden jeweils in den Skalen umgepolt, so dass eine hohe Zustimmung zu den Aussagen – der Theorie nach – einer lernförderlichen Haltung entspricht. Daher liegen alle bivariaten Korrelationen (Pearson-Korrelation) im positiven Bereich.

		MS-H	Herausf	Unsicher	FsR	Grit	MS-A
MS-A	ρ	0,073	0,114	0,087	0,053	0,124	
	p	0,235	0,061	0,155	0,385	0,042	
	Verzg.[c]	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,001	
MS-B	ρ	0,097	0,113	0,244	0,122	0,144	0,638
	p	0,112	0,064	0,000	0,046	0,019	0,000
	Verzg.[c]	-0,002	-0,001	-0,002	-0,001	0,000	-0,002

c – Verzerrung: die Bootstrap-Ergebnisse basieren auf 2000 Bootstrap-Stichproben.
n = 269

Tabelle 8.27.: Spearman-Rangkorrelationen ρ
Mindset mit den weiteren Skalen – Pilotierung

Tabelle 8.27 zeigt, dass nur niedrige Korrelationen zwischen den beiden domänenspezifischen Mindset-Skalen und den anderen Skalen vorliegen. Dies bestätigt eine diskriminante Validität in den untersuchten Erhebungen.

Im Weiteren wurden alle gebildeten Skalen und deren Zusammenhänge graphisch dargestellt – sofern signifikante Korrelationen vorhanden sind. Die vollständigen Zusammenhänge sind im Anhang abgebildet (Tabelle 16.11). Ausgehend von den höchsten Korrelationen[34] zeigt sich ein zu erwartendes Bild. Wie bereits aus der Faktorenladungen der Items zu erwarten, besitzt die Skala „Vorliebe für Herausforderung“ eine hohe Korrelation zur Skala der „Physikfachspezifischen Resilienz“. Mit $\rho \approx 0{,}7$ stellt sich hier jedoch die Frage, ob noch von unterschiedlichen Skalen die Rede sein kann oder ob es sich um Subskalen bzw. Facetten des gleichen Konstruktes[35] handelt.

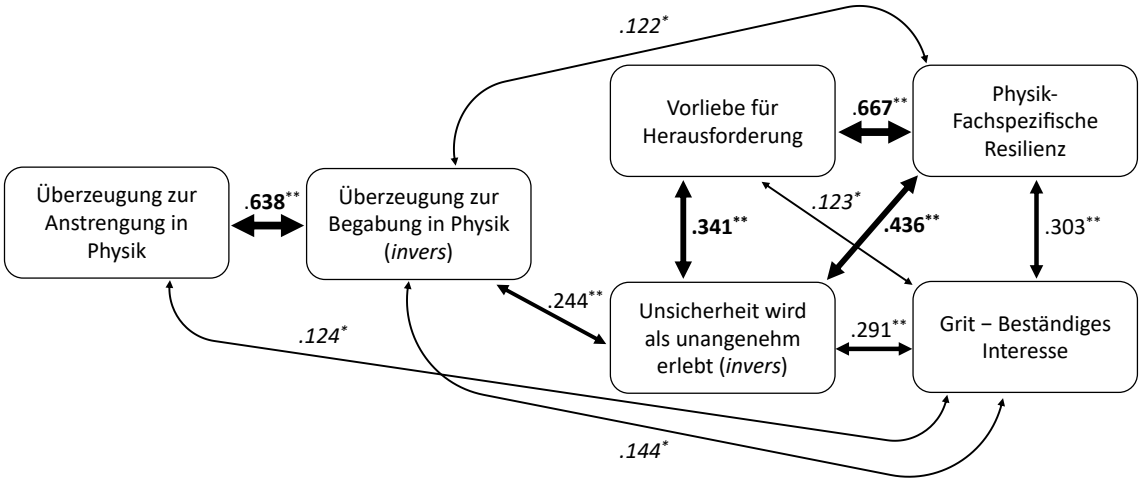


Abbildung 8.8.: Rangkorrelationen finale Skalen – Pilotierung
*** – Spearmans-ρ ist auf dem Niveau von 0,01 (†2-seitig) signifikant.*
** – Spearmans-ρ ist auf dem Niveau von 0,05 (†2-seitig) signifikant.*

Die weiteren Konstrukte zeigen untereinander teilweise mittlere Korrelationen. Die „Physikfachspezifische Resilienz“ zeigt dabei signifikante Korrelationen zu allen anderen Konstrukten – mit Ausnahme der „Überzeugung zur Anstrengung in Physik“. Dieses Bild bestätigt die Auswahl der Konstrukte, die sich allesamt mit Leistungssituationen (in der Physik) auseinandersetzen. Die „Physikspezifische Resilienz“ vereint dabei in den Formulierungen Aspekte der Herausforderung, Hartnäckigkeit, Physikaufgaben und Motivation. Dennoch wäre eher zu erwarten gewesen, dass die

[34] Es handelt sich durchgängig um eine Bestimmung der Spearmans-Rangkorrelation. Da ausschließlich zweiseitig signifikante Zusammenhänge in Abbildung 8.8 dargestellt werden, wird dieser Aspekt nicht mehr gesondert erwähnt.

[35] Dieser Aspekt führt jedoch weg von den Fragestellungen dieser Arbeit; ihm kann daher in diesem Zusammenhang nicht weiter nachgegangen werden.

„Überzeugung zur Anstrengung“ ebenfalls eine Korrelation aufweist und nicht nur die „Überzeugung zur Begabung“.

Nur eine weitere Korrelation liegt im hohen Bereich[36] mit $\rho \approx 0{,}6$ – die der beiden herausgearbeiteten domänenspezifischen Mindset-Skalen zur Anstrengung und Begabung. Hier darf die gleiche Frage im Hinblick auf die Trennbarkeit dieser beiden Subskalen gestellt werden. Da die Untersuchung der Struktur dieses Konstruktes im Zentrum der vorliegenden Arbeit steht, wird mit den Daten aus der Hauptuntersuchung eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt und im Abschnitt »Konfirmatorische Faktorenanalyse«, S. 179 diskutiert werden. Um an dieser Stelle kurz vorzugreifen: die Kenngrößen tendieren dazu, die These von zwei Subskalen eines Konstruktes zu unterstützen. Zudem zeigt sich, dass die Mindset-Skalen nur gering mit den anderen Konstrukten korrelieren. Die spricht dafür, dass es sich beim Mindset um ein eigenständiges Konstrukt handelt.

8.5.1 Korrelation „Theories of Intelligence“ zum domänenspezifischen Mindset

Im Folgenden werden bereits die Korrelationsanalysen mit den Daten aus der ersten Erhebung der Längsschnittuntersuchung im Hinblick auf die Korrelation der Mindset-Skalen vorgestellt. Dies geschieht, da die Ergebnisse die Validierung des erstellten Fragebogens maßgeblich unterstützen.

Spearman-ρ	**MS-A**	**MS-B**
ToI	0,272	0,309
p	0,000	0,000
MS-B	0,671	
p	0,000	

Tabelle 8.28.: Korrelation ToI und domänenspezifische Überzeugungen

In den finalen Fragebogen nach der Pilotierung wurden noch vier Items des Kurzfragebogens zu den „Theories of Intelligence“ übernommen[37] (Dweck, 2008a, S. 12) sowie ein weiteres Item zur Skala „Überzeugung zur Anstrengung“.[38] Analog

[36] Vgl. Döring und Bortz, 2016, S. 820.
[37] Eigene Übersetzung der Items ins Deutsche.
[38] A99.01 „Wer sich wirklich Mühe gibt, wird auch in Physik erfolgreich sein.“

zum Vorgehen im Abschnitt »Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset«, S. 172 wurde Spearmans ρ mit Hilfe des Bootstraping für die Daten der ersten Erhebung im Wintersemester 2019/20 berechnet. An der Untersuchung nahmen 541 Studierende aus drei Universitätsstandorten teil (vgl. Abschnitt 8.8, S. 189).

Als Bestätigung zu der Analyse der Daten aus der Pilotierung zeigt sich sogar eine leicht höhere Rangkorrelation[39] zwischen den beiden domänenspezifischen Überzeugungsskalen von $\rho \approx 0{,}67$ als in der Pilotierung. Zwischen der originalen Mindset-Skala und den beiden domänenspezifischen Skalen zeigt sich eine mittlere Korrelation mit $\rho \approx 0{,}3$. Damit liegt diese erwartungsgemäß höher als für alle anderen gemessenen Konstrukte. Dies kann im Sinne einer konvergenten Validierung verstanden werden (vgl. Schmiemann und Lücken, 2014, S. 117).

Wie im vorhergehenden Abschnitt diskutiert, ist die Stichprobengröße mit N = 541 deutlich größer als die notwendige Anzahl[40] von 102 Teilnehmenden, um mit ausreichender Teststärke signifikante Ergebnisse ab einem ρ von 0,27 zu belegen.

8.5.2 Konstruktvalidität

Im Sinne der Konstruktvalidität gilt es zu prüfen, ob theoretisch erwartbare Zusammenhänge auch empirisch belegbar sind (Meinhardt, 2018, S. 15). Somit sollten die Konstrukte, die in der Theorie ähnliche latente Eigenschaften beschreiben auch in einem Fragebogen ähnlich beantwortet werden. Eine Möglichkeit diesen Zusammenhang darzustellen, ist die Erhebung von Korrelationen zwischen den Konstrukten (Meinhardt, 2018, S. 16). Je höher eine Korrelation von verschiedenen Skalen, umso stärker liegt eine konvergente Validität vor (Döring und Bortz, 2016, S. 472), wenn auch aus theoretischer Sicht[41] ein solcher Zusammenhang zu erwarten ist.

Wie im vorangegangenen Abschnitt besprochen, bestärkt die hohe Korrelation der beiden Überzeugungsskalen[42] aus dem ursprünglichen domänenspezifischen Mindsetfragebogen die These der Zusammengehörigkeit dieser beiden Skalen zum fachspezifischen Mindset.

Überraschend erscheinen dagegen zunächst die niedrigen Korrelationen der Überzeugungsskalen zur „Vorliebe für Herausforderung“. Wie in Tabelle 8.27 gezeigt,

[39] Ein Vergleich mit der *Bootstraped*-Pearson-Korrelation von r≈0,66 weist auf eine geringe Ausreißer-Werte hin.

[40] Diese Berechnung wurde ebenfalls mit dem Programm ›G*Power‹ durchgeführt, analog im Vorgehen zu S. 173 – Abschnitt »8.5«.

[41] Vgl. „nomologisches Netz“ – S. 120.

[42] „Überzeugung zur Anstrengung in Physik“ zusammen mit der „Überzeugung zur Begabung in Physik“.

liegt diese sogar unter 0,1 für eine Skala ausschließlich aus den ursprünglichen Herausforderungs-Items („H“-Items). Darüber hinaus besitzt dieser geringe Zusammenhang keine Signifikanz. Durch dieses divergente Verhalten kommt die Autorin dieser Arbeit zu dem Schluss, dass die „Vorliebe für Herausforderung“ nicht als Teil des domänenspezifischen Mindsets verstanden werden kann, sondern ein anderes Konstrukt erfasst. Dies wird zusätzlich durch die hohe Korrelation zur fachspezifischen Resilienz unterstrichen.

Erwartungsgemäß verhält sich dagegen die Korrelation der Skala „Überzeugung zur Begabung in Physik“ und der AMS-Skala „Unsicherheit wird als unangenehm erlebt“. Diese liegt mit $\rho \approx 0{,}24$ etwas unter einem mittleren Zusammenhang (Döring und Bortz, 2016, S. 820). Sie unterstreicht die theoretische Vorhersage: eine Person, die glaubt, für Erfolg in Physik sei eine Begabung von Nöten, wird in Leistungssituationen eher verunsichert reagieren (vgl. Abschnitt »Überzeugungen und Self-Handicapping«, S. 41).

Die anderen geringen Korrelationen zu den restlichen Konstrukten zeigen auf, dass die domänenspezifischen Überzeugungen zwar grundsätzlich in eine ähnliche Richtung zeigen, sich jedoch offenkundig als eigenständig abgrenzen können.

8.6 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Eine konfirmatorische Faktorenanalyse überprüft eine vorgegebene Faktorenstruktur (Renner et al., 2012, S. 97). Diese Struktur kann in vorhergehenden Studien durch z.B. eine explorative Faktorenanalyse bestimmt worden sein. Mit Hilfe der konfirmatorische Faktorenanalyse lässt sich testen, ob die Zusammenhänge auch in anderen Stichproben replizierbar sind (ebd.). Dies kann zum einen zur Validierung einer Messung genutzt werden. Zum anderen besteht die Möglichkeit, die Anzahl von Dimensionen zu bestätigen.

Zu Beginn der konfirmatorischen Faktorenanalyse müssen dabei „a priori“ ein oder mehrere „Modell[e] spezifiziert“ werden (Bühner, 2011, S. 383). Das bedeutet, die Beziehungen der latenten Variablen müssen im Vorfeld mindestens aus der Theorie bekannt sein und für die Durchführung festgelegt werden. Die Beurteilung der Modellgüte findet durch den Abgleich mit verschiedenen Indizes statt. Für diese Kriterien existieren sogenannte „cut-off-Werte“, welche eine Orientierung geben, ob es sich um gute, akzeptable oder nicht mehr akzeptable Modellfits handelt (vgl. Bühner, 2011, S. 418 ff).

- $\boldsymbol{\chi^2/df}$

  Der Quotient aus der nicht zentralen χ^2-Verteilung[43] und den Freiheitsgraden *df* gibt an, ob das Modell signifikant abweicht von den zugrundeliegenden Daten (Engeser, 2005, S. 98).

  Werte von kleiner 2 stehen für einen guten Modellfit, kleiner 3 werden als akzeptabel eingestuft (vgl. auch Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 649; Weygandt, 2021, S. 179ff).

- **CFI** – Comparative-Fit-Index

  Der Comparative-Fit-Index-Wert basiert auf einem Vergleich des untersuchten Modells mit dem „restriktiveren Nullmodell“ (Engeser, 2005, S. 98; Bühner, 2011, S. 427). Je besser das Modell, desto mehr nähert sich der CFI-Wert der eins an. Daher gelten Werte $\geq 0,98$ als gute und Werte $\geq 0,956$ als noch

[43] Der χ^2-Test (gesprochen: Chi-Quadrat-Test) setzt eine multivariate Normalverteilung voraus (Eid et al., 2017, S. 906). Da insgesamt fünf Messzeitpunkte miteinander verglichen wurden, war dies nicht gegeben. Daher wurden alle Modelle mit der MLM-Schätzmethode gerechnet – einem robuste Schätzverfahren nach Satorra-Bentler (vgl. DiStefano, 2013 in Eid et al., 2017, S. 907; Regorz, 2022, Abs. 3.5.5). Die Werte wurden mit dem Paket „lavaan“ in ›R‹ in der robusten Variante angegeben. Da die vorliegenden Daten intervall- und nicht als kategorischskaliert vorlagen, dürfen die allgemeinen „cut-off–Werte“ verwendet werden (Savalei, 2018, S. 425). Im Fall des CFI und TLI wurden dennoch die korrigierten Werte als Ausgangsbasis genommen, da diese ohnehin nur einer leichten Korrektur unterzogen sind.

akzeptabel – für robuste Schätzverfahren (Brosseau-Liard und Savalei, 2014, S. 468).

- **TLI** – Tucker-Lewis-Index

  Der Tucker-Lewis-Index wird auch als „Nonnormed Fit Index – NNFI“ bezeichnet (Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 649). Wie der CFI beruht auch der TLI auf dem Vergleich mit dem Nullmodell bzw. Unabhängigkeitsmodell (ebd.). Daher gilt auch hier, je besser das angenommene Modell die Daten erklären kann, umso stärker nähert sich der TLI-Wert der eins an. Als „cut-off-Werte” für robuste Schätzverfahren, werden Werte $\geq 0,936$ für gute und $\geq 0,9$ für eine akzeptable Modellpassung angegeben (Brosseau-Liard und Savalei, 2014, S. 468).
- **RMSEA** – Root-Mean-Square-Error of Approximation

  Der RMSEA ist als Wert unabhängig von der Stichprobengröße und „stellt ein Gesamtmaß der Modellabweichung dar“ (Bühner, 2011, S. 426). Als Grenzwerte werden in der Literatur die Angaben von Browne und Cudeck[44] zitiert: als akzeptabel gelten RMSEA-Werte $\leq 0,08$, als guter Modellfit Werte $\leq 0,05$, als inakzeptabel werden Werte $\leq 0,01$ eingestuft.
- **SRMR** – Standardized-Root-Mean-Redidual

  Eine deskriptive „einfache Möglichkeit den Modellfit zu überprüfen“ stellt der SRMR-Wert dar (Backhaus et al., 2015, S. 150). Hierbei wird die Differenzbildung zwischen der „empirischen Varianz-Kovarianz einer Variablen und der modelltheoretisch errechneten Varianz-Kovarianz dieser Variablen“ berechnet (ebd.). Ein SRMR-Wert von $\leq 0,05$ wird als gut betrachtet, ein Wert von $\leq 0,08$ als noch akzeptabel[45] unter Einbezug der „cut-off-Werte“ der anderen Indizes (Hu und Bentler, 1999, S. 6).

Wie beschrieben, können die angegeben Werte bereits zur Beurteilung eines Modells herangezogen werden. In der Praxis kann die Bewertung der Modellgüte zudem unterstützt werden, indem ein „formuliertes Modell“ mit einem bzw. weiteren Modellen verglichen wird (Backhaus et al., 2015, S. 151). Für die konfirmatorische Faktorenanalyse der vorliegenden Arbeit sollen zwei konkurrierende Modelle aufgestellt und in ihrer Güte gegeneinander verglichen werden.[46]

Als erstes Modell wurde der Fund der explorativen Faktorenanalyse aufgenommen: es enthielt somit zwei Faktoren mit den latenten Variablen »Überzeugung zur

[44] Vgl. Browne und Cudeck, 1993; auch Hu und Bentler, 1999, S. 4.
[45] Backhaus und Kolleg:innen (2015) weisen darauf hin, dass in der Literatur zum Teil auch noch Werte $\leq 0,1$ als akzeptabel bewertet werden (Backhaus et al., 2015, S. 151).
[46] Vgl. auch Eid et al., 2017, S. 907.

Anstrengung im Fach Physik« (MS-A) und »Überzeugung zur Begabung im Fach Physik« (MS-B). Als zweites Modell wurden alle domänenspezifischen Mindset-Items zu einer Skala (MS-F) zusammengefasst. Zudem wurde in beiden Fällen angegeben, dass das allgemeine Mindset („Theories of Intelligence“) eine eigene, unabhängige Skala (MS-I) darstellt. Alle Berechnungen fanden im dem Open-Source-Programm ›R‹ mit dem Paket „lavaan“ statt.

- **Modell 1**: MS-A; MS-B; MS-I
  M-SA =∼ A10.09R + A7.23 + A99.01 + V2.06 + V5.24
  MS-B =∼ A1.02R + A3.14R + A6.20R + A9.30R + V1.03R + A10.09R
  MS-I =∼ I1 + I2R + I3R + I4
- **Modell 2**: MS-F (*MS-A & MS-B)*; MS-I
  MS-F =∼ A10.09R + A7.23 + A99.01 + V2.06 + V5.24 + A1.02R
  + A3.14R + A6.20R + A9.30R + V1.03R
  MS-I =∼ I1 + I2R + I3R + I4

Als Fehlerkovarianzen wurden folgende Zusammenhänge[47] der Items durch ›R‹ vorgeschlagen und bestätigt. Diese Anpassung wurde für alle Modelle und Berechnungen vorgenommen, um eine Vergleichbarkeit zu gewährleisten:

A3.14R ∼ ∼ A6.20R (ρ= 0,566, CI [0,495; 0,631])

V2.06 ∼ ∼ V5.24 (ρ = 0,636, CI [0,574; 0,691])

I2R ∼ ∼ I3R (ρ = 0,627, CI [0,563; 0,687])

8.6.1 Ergebnisse der konfirmatorischen Faktorenanalyse

Um die „Interpretationsobjektivität“ zu sichern, sollte eine konfirmatorische Faktorenanalyse nicht mit demselben Datensatz durchgeführt werden wie die explorative Faktorenanalyse (Weygandt, 2021, S. 169). Damit soll verhindert werden, eine möglicherweise „zufällig [aufgefundene] Charakteristika der ersten Stichprobe“ zur Bestätigung zu nutzen und damit Fehlinterpretationen zu vermeiden (Moosbrugger und Kelava, 2012, S. 338). Daher werden im Folgenden die Datensätze genutzt, welche nach der Pilotierung entstanden sind – mit Hilfe des finalen Fragebogens der vorliegenden Arbeit, der über alle Messungen identisch gehalten wurde. Die Daten wurden dabei immer nach dem gleichen Schema aufbereitet, so dass schließlich nur

[47] Auch in diesem Falle wurde die Spearman-Rangkorrelation ρ mit einem Bootstrapverfahren (2000 Ziehungen) kombiniert für die Testung: WS2019/20 – 1. Semester. Das zugehörige 95 % Konfidenzintervall wird in eckigen Klammern angegeben (CI).

noch Bachelor-Studierende des entsprechend angegebenen Semesters[48] in die jeweilige Auswertung eingingen.

	1. Sem.	2019/20	1. Sem.	2020/21	1. Sem.	2021/22
	Modell 1	Modell 2	Modell 1	Modell 2	Modell 1	Modell 2
df	70	73	70	73	70	73
χ^2-Wert	117,98	153,28	120,61	185,79	125,02	228,47
χ^2/df	**1,685**	2,100	**1,723**	2,545	**1,786**	*3,130*
CFI	0,946	0,907	0,939	*0,869*	0,973	0,924
TLI	0,929	*0,884*	0,921	*0,837*	**0,964**	0,905
RMSEA	0,067	*0,085*	0,073	*0,105*	0,052	*0,084*
p-Wert	**0,125**	*0,002*	**0,116**	*0,000*	**0,719**	*0,000*
SRMR	0,065	0,070	0,062	0,078	**0,042**	0,055
n	174		193		376	

Tabelle 8.29.: Konfirmatorische Faktorenanalyse – Vergleich der ersten Semester

Tabelle 8.29 führt dabei den Vergleich der beiden Modelle jeweils zum ersten Semester für drei Messungen über zwei Jahre verteilt. Tabelle 8.30 betrachtet die Längsschnittmessung vom ersten[49] bis zum vierten Semester. Gute Modellfit-Werte für die Indizes sind fett hervorgehoben, nicht mehr akzeptable in kursive Schrift gesetzt – zur besseren Lesbarkeit.

In vier von den fünf dargestellten Untersuchungen stellt sich das erste Modell als deutlich überlegen dar. Für die Messung im vierten Semester zeigt sich der RMSEA-Wert des ersten Modells als geringfügig schlechter und mit 0,082 knapp über dem definierten Grenzwert von 0,08. Da die Testungen der Längsschnittstudie zum Teil unter den Corona-Maßnahmen stattgefunden haben bzw. Studierende ggf. aufgrund der Maßnahmen, Erkrankungen und ähnlichem in einem nicht repräsentativen Maße an den Untersuchungen teilgenommen haben, ist gerade die Messung im vierten

[48] Es bleibt (erneut) zu erwähnen, dass ab dem Frühjahr 2020 Maßnahmen, wie Lockdowns und asynchrone bzw. digitale Lehre an den Universitäten umgesetzt wurden, um der CoVid19-Pandemie zu begegnen. Daher wurden die Fragebögen für den Testzeitraum SoSe2020 und WS20/21 ebenfalls nur in digitalen Veranstaltungen beworben. Vgl. auch Abschnitt »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, S. 93.

[49] Die Angaben für das erste Semester WS 2019/20 wiederholen sich in Tabelle 8.30. Damit sollte jedoch eine bessere Lesbarkeit und somit Möglichkeit zum Vergleich ermöglicht werden.

Semester am stärksten in Frage zu stellen (vgl. Fußnote Nr. 48, S. 182). Daher ist insgesamt zu schlussfolgern, dass sich die getrennte Betrachtung der Skalen „Überzeugung zur Anstrengung“ und „Überzeugung zur Begabung“ bestätigt – gegenüber einem Modell 2 mit einer gemeinsamen Skala „domänenspezifische Überzeugungen im Fach Physik“ bewährt.

	1. Sem.	2019/20	2. Sem.	So2020	4. Sem.	So2021
	Modell 1	Modell 2	Modell 1	Modell 2	Modell 1	Modell 2
df	70	73	70	73	70	73
χ^2	117,98	153,28	77,75	111,09	95,17	96,99
χ^2/df	**1,685**	2,100	**1,111**	**1,522**	**1,360**	**1,329**
CFI	0,946	0,907	**0,99**	0,949	0,944	0,946
TLI	0,929	*0,884*	**0,987**	0,936	0,927	0,932
RMSEA	0,067	*0,085*	**0,036**	*0,08*	*0,082*	0,071
p-Wert	**0,125**	*0,002*	**0,742**	**0,07**	**0,135**	**0,166**
SRMR	0,065	0,07	0,053	0,61	0,075	0,075
n	174		96		65	

Tabelle 8.30.: Konfirmatorische Faktorenanalyse – Vergleich Längsschnitt

8.7 Exkurs: Anstrengung und Begabung

Nachdem auch die konfirmatorische Faktorenanalyse die beiden Subskalen zum domänenspezifischen Mindset auch von der statistischen Seite bestätigt, soll nun noch einmal ein vertiefender Blick auf die Bedeutung dieses Ergebnisses gelegt werden. Der Begriff der Begabung wird dabei im Folgenden meist synonym mit dem Begriff der Fähigkeit[50] verwendet, da dies in der deutschsprachigen Literatur meist ebenso erfolgt und im Englischsprachigen der Begriff *‚ability‘* für beides stehen kann. Im Folgenden soll noch einmal theoretisch aufgegriffen werden, warum es gewissermaßen *zwangsläufig* war, dass gerade diese beiden neu gebildeten Skalen am Schluss Bestand hatten.

Heckhausen und Kolleg:innen (2018a) benennen Fähigkeit (im Sinne von Begabung – s.o.) zusammen mit Anstrengung als die wichtigsten Ursache-Faktoren für die Vorhersage von Handlungsergebnissen, da sie von entscheidender „Bedeutung für die Entwicklung leistungsmotivierten Verhaltens“ sind (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 515). Eine Beschreibung von Gründen von Leistungsergebnissen benötigen daher grundsätzlich Wörter aus den Begriff-Familien von Anstrengung und Begabung. Und so verwundert es nicht, dass die Schüler:innen in den Interviews für die Erstellung der ursprünglichen Fragen immer wieder die beiden Konzepte aufgriffen, um die Frage danach – was wichtig für den Erfolg in Physik bzw. im Physikunterricht ist – zu beantworten (Gros, 2017; vgl. auch Goldhorn, 2017).

Der resultierende Fragebogen (ebd.), der in der Pilotierung eingesetzt wurde, besaß fünf Skalen:

- Allgemeines, Physik durch Begabung oder Übung
- Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung
- Reaktion auf Fehler und Beanstandungen
- Reaktion auf Konkurrenz
- Erlernbarkeit von physikalischem Verständnis

Jedoch unterscheiden sich bereits die Formulierung der ersten und letzten Skala deutlich von den mittleren drei – mit „Reaktion auf...“ benannten Skalen. Schon auf Grund dieser Benennung konnte vermutet werden, dass diese drei eher einem Mindset-Meaning-System zuzuordnen sind – also den affektiven Zuordnungen, die als Reaktionsweisen den beiden Polen des Mindsets[51] zugeordnet werden. Die erste

[50] So wird der Begriff der „subjektiv eingeschätzten Fähigkeit“ bei Heckhausen und Kolleg:innen analog zum „Selbstkonzept der Begabung“ verwendet (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 177).

[51] Vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36; »Erlernte Hilflosigkeit«, S. 48.

und letzte Skala hingegen zeigen bereits mit ihren Bezeichnungen in die Richtung einer Dialektik zwischen Anstrengung (Übung) versus Begabung. Die erste Skala unterstreicht dies mit der Konjunktion *oder*. Die letzte Skala benutzt den Begriff der Erlernbarkeit und stellt damit indirekt die Frage danach, ob ein physikalisches Verständnis gegeben oder erlernbar ist.

Die klassische Mindset-Theorie pivotiert um das Konzept der Veränderbarkeit von persönlichen Fähigkeiten („ability“). Im akademischen Kontext wird „ability“ durch den Begriff der Intelligenz repräsentiert (vgl. Abschnitt »Domänenspezifität«, S. 82). Der Grundgedanke der Veränderbarkeit fußt auf der wahrgenommenen Kontrollierbarkeit, welche durch eine Erhöhung der Anstrengung und einem geeigneten Strategieeinsatz umgesetzt werden kann (vgl. Abschnitt »Motivation im Lernprozess«, S. 54).

Dabei liegt diese Unterscheidung zwischen Anstrengung und Begabung bei jüngeren Kindern im Vorschulalter noch nicht vor, sondern bildet sich erst im Verlauf des Grundschulalters – maßgeblich durch die Entwicklung der Fähigkeit zum sozialen Vergleich (Nicholls, 1978 in Frühauf, 2008, S. 39). Ab dieser Entwicklungsstufe lässt sich auch ein sogenanntes „Kompensationsschema“ erkennen (ebd.). Das bedeutet, von einem Großteil der Kinder wird ein inverser Zusammenhang von Anstrengung zu Begabung wahrgenommen (ebd.; vgl. auch Muenks et al., 2016, S. 438). Wird die Schwierigkeit einer Aufgabe konstant gehalten, muss sich eine Person mit hohen Fähigkeiten weniger anstrengen als eine Person mit geringeren Fähigkeiten, um die Aufgabe gleichermaßen gut zu bewältigen (Handke und Barthauer, 2019, S. 260). Diesen Zusammenhang stellte bereits Heider (1958) in seiner Unterscheidung zwischen „Versuchen“ und „Können“ dar[52]. Weiner (1985) fokussierte sich ebenfalls auf die beiden Kategorien in seiner Betrachtung der zentralen internalen Ursachen von (Miss-) Erfolg im schulischen bzw. akademischen Kontext (Miele et al., 2020, S. 111). Zunächst[53] unterteilte er Anstrengung in 1.) eine stabile Komponente, die wiedergibt, wie stark Personen generell bereit sind, sich anzustrengen und 2.) eine variable Komponente, die der unmittelbaren Anstrengung in einer Situation entspricht. Später[54] kategorisierte er jedoch Anstrengung als variable, unstabile Eigenschaft, was komplementiert wurde durch Begabung („ability“), welche von ihm als stabil und konstant eingestuft wurde. Weiner kategorisierte Anstrengung als kontrollierbar – Begabung („ability“) jedoch als unkontrollierbar. Wie bereits im

[52]Gleichzeitig spricht er von einem multiplikativen Zusammenhang – beträgt eine der beiden null, so ist auch ein Nullergebnis zu erwarten (ebd.).
[53]Vgl. Weiner (1979) in Muenks und Miele, 2017.
[54]Vgl. Weiner (1986) in Muenks und Miele, 2017.

Abschnitt »Kausalattribution«, S. 43 diskutiert, bestand eine der Leistungen von Dweck und Kolleg:innen darin zu erkennen, dass ein Teil der Lernenden sehr wohl auch Fähigkeiten als kontrollierbar und weiter-entwickelbar[55] einstufen.

Im Kern der Mindset-Theorie steht die Frage, ob Fähigkeiten bzw. Begabung veränderbar sind. Oder anders ausgedrückt: Hat eine Person die Kontrolle sowohl über ihre Anstrengung als *auch* über ihre Begabung – und hält diese für entwickelbar. Somit können die beiden neu gebildeten domänenspezifischen Mindset-Skalen auch theoretisch fundiert in das Rahmenwerk der klassischen Mindset-Theorie eingesetzt werden.

Das Kompensationsschema zwischen Anstrengung und Begabung benötigt hier noch einen gesonderten Blick. Der wahrgenommene inverse Zusammenhang (s.o.) wird als Reifeprozess beschrieben (Muenks und Miele, 2017, S. 713). Je älter ein Kind ist, desto ausgeprägter zeigt sich dieses Schema grundsätzlich:

- Je begabter ich bin, umso weniger muss ich mich anstrengen.
- Je mehr ich mich anstrengen muss, umso weniger begabt bin ich.

Allerdings trifft diese Zuordnung nicht immer zu.

Als entscheidend zeigte sich hier unter anderem in Studien von Jagacinski und Nicholls (1984 und 1987) auch der Kontext. College-Studierende wurden gebeten, sich vorzustellen, eine Disziplin zu lernen, um anschließend entweder 1) in einer Prüfungssituation mit sozialen Vergleichsnormen zu bestehen („ego-involved“) oder 2) diese Disziplin aus Eigeninteresse zu lernen („task-involved“). Die Studierenden bewerteten im ersten Szenario ›weniger Anstrengung‹ bzw. geringerer Arbeitseinsatz („effort“) mit ›höherer Kompetenz‹, wie es durch das Kompensationsschema zu erwarten ist. Im zweiten Szenario wurde jedoch ›mehr Anstrengung‹ für das Fach – für das ein (intrinsisches) Interesse besteht – wiederum mit ›höherer Kompetenz‹ bewertet (Muenks und Miele, 2017, S. 715).[56] Selbst-initiierte Anstrengung wird daher – entgegen des Kompensationsschemas – durchaus als Zeichen hoher Fähigkeit interpretiert (Miele et al., 2020, S. 112).

So nutzt bereits Nicholls (1984) die Unterteilung in ein differenziertes und undifferenziertes Konzept von Fähigkeit („ability“ – Muenks und Miele, 2017, S. 721). Muenks und Kolleg:innen (2017) überführen dieses in die Unterscheidung zwischen einer grundsätzlichen Kapazität und einer erworbenen Kompetenz (ebd.). Jedoch

[55] Vgl. auch Abschnitt »Zweite Erkenntnisstufe – Interpretation des Begriffes Fähigkeit«, S. 63 Bandura und Dweck, 1985 in Dweck und Sorich, 1999, S. 238, sowie Bandura, 1983 in Dweck und Yeager, 2019, S. 483.

[56] Eine Kontrollstudie, in der den Studierenden ein Szenario – einmal mit sozialem Vergleich und einmal ohne – gegeben wurde, zeigte hier das gleiche Bild.

schärfen sie den Begriff der Kapazität noch weiter aus. Sie bestätigen, dass Kapazität im Gegensatz zur Kompetenz als nicht kurzfristig veränderbar eingeschätzt wird – jedoch von einem Teil der Lernenden über einen längeren Zeitraum durchaus als beeinflussbar wahrgenommen wird. Ein genauerer Blick auf die erhobenen Daten zeigt weiter, dass das Kompensationsschema zwar immer wieder gefunden wird, sich jedoch ebenso Gruppen von Personen finden lassen, die diese Einschätzung nicht teilen. Ein möglicher Grund besteht in der Art, wie diese Personen Fähigkeit („ability“) konzeptualisieren (Muenks und Miele, 2017, S. 716) – also eben, welche Art von Mindset sie besitzen. Limeri und Kolleg:innen (2022)[57] führen zudem an, dass Personen unterschiedliche Überzeugungen haben können, ob es entweder allen oder eben nur wenigen möglich sei, das volle Potential ihrer Kapazität zu erreichen.

Hierin könnte somit ein Grund dafür liegen, warum die beiden Skalen der Überzeugungen zur Anstrengung und Begabung hoch korrelieren ($\rho \approx 0{,}6$), aber schließlich doch trennbar sind – da eben nicht für die gesamte Kohorte das Kompensationsschema greift. Somit hat die Aufteilung des domänenspezifischen Mindset in die Subskalen Anstrengung und Begabung das Potential, einen Beitrag zu einer differenzierteren Betrachtung der Verteilung und Entwicklung des Mindsets bei Studienbeginnenden im Fach Physik zu leisten.

Im folgenden Abschnitt »Clusteranalyse«, S. 188 soll sich diese Differenzierungsmöglichkeit zunutze gemacht werden und überprüft werden, wie die Studierenden sich mit ihrem allgemeinen und domänenspezifischen Mindset verteilen.

[57] Preprint: Limeri et al. (2022) – Abschnitt »Conceptual Distinctions among Mindset, Universality, and Brilliance«, Zeilen 597 – 609.

8.8 Clusteranalyse

Eine Clusteranalyse[58] dient dazu, Gruppen aufgrund der untersuchten Merkmalsausprägungen zu bilden. Im vorliegenden Fall kommen diese Ausprägungen durch die Art des Antwortverhaltens der Teilnehmenden im entwickelten Fragebogen zustande. Clusteranalyse ist hierbei ein „Sammelbegriff“, der verschiedenen Methoden umfasst, eine Zugehörigkeit einzelner Stichproben zu Gruppen auszuwerten (Bortz und Schuster, 2010, S. 453). Jedoch stellen Bortz und Schuster fest (2010), dass es bis zum heutigen Tag keine Methode gibt, die theoretisch fundiert gewährleisten kann, „die beste Struktur der Objekte“ zu entdecken (ebd.). Dies betrifft sowohl die optimale Anzahl an Clustern als auch die beste Zuordnung der Stichproben zu diesen Clustern. Daher soll zunächst die Datengrundlage knapp vorgestellt werden und anschließend Überlegungen und Methoden, um eine geeignete Anzahl an Clustern zu bestimmen.

Es gilt zu beachten, dass die folgende Auswertung unter dem Gesichtspunkt der Validierung der Messungen mit dem erstellten Fragebogen vorgenommen wurde. Aspekte, die die Eigenschaften der Kohorte weitergehend beschreiben, werden daher nur explizit erwähnt, wenn sie validierende Funktion besitzen.

Wahl des Clusterverfahrens

Als Verfahren wurde sich für die Clusterung der Items nach der K-Means-Verfahren entschieden. Diese Methode erfordert keine bestimmte Verteilung der Daten und ist zudem relativ robust gegenüber Ausreißern. Sie gilt „als eines der bewährtesten, nicht[-]hierarchischen Verfahren“ und findet häufig Einsatz bei der Verbesserung einer Clusterung, die mit der Ward-Methode als hierarchisch-agglomerative[59] Methode „gefunden wurde“ (Bortz und Schuster, 2010, S. 465). Der K-Means-Algorithmus[60] eignet sich darüber hinaus auch für die Berechnung einer „großen Anzahl von Fällen“ (Backhaus et al., 2016, S. 512). In der ersten Hauptuntersuchung sind über 500 und

[58] Das englische Wort *Cluster* lässt sich in diesem Zusammenhang mit Gruppe, Klumpen, Anhäufung oder Bündel übersetzen.

[59] Hierarchisch-agglomerative Verfahren beginnen mit der feinsten möglichen Partition: jeder Datensatz stellt einen Cluster dar. Anschließend werden paarweise die Distanzen zwischen den Clustern berechnet und zu neuen Clustern zusammengefasst. Am Ende steht eine Ein-Cluster-Lösung für die „$N - 1$ Fusionsschritte durchlaufen“ wurden (Backhaus et al., 2021, S. 509).

[60] Beim K-Means-Verfahren handelt es sich um ein nicht-hierarchisches bzw. partitionierendes Verfahren, bei dem zumeist die Anzahl der Cluster bereits vorgegeben wird. Der K-Means-Algorithmus prüft dann, ob sich die Clusterlösung durch Tausch von Objekten (Datenpunkten) oder Clusterneubildung verbessern lässt (Backhaus et al., 2021, S. 531).

in der abschließenden Untersuchung über 1000 Fälle zu berücksichtigen. Daher war dies ein weiterer Entscheidungsgrund für dieses Verfahren.

Durch die Clusterzentrenanalyse werden die Entfernungen der Streuungsquadratsumme der Datenpunkte berechnet und in jedem Iterationsschritt versucht zu reduzieren. Die „optimale Zuordnung der Objekte zu den Clustern“ geschieht mit Hilfe der einfachen euklidischen Distanz (ebd.). Die Anzahl der möglichen Iterationsschritte wurde von der Standardeinstellung zehn auf 50 hochgesetzt. Dennoch betrug die höchste genutzte Iterationsstufe nur elf. Für die Analyse ist die Vorgabe der Anzahl an Clustern notwendig. Im Folgenden werden zwei der üblichen Verfahren zur Ermittlung der idealen Clusteranzahl vorgestellt und die Ergebnisse diskutiert.

Beschreibung der Stichprobe

Für die Clusteranalyse wurden die Daten aus der ersten Erhebung der Hauptuntersuchung im Wintersemester 2019/20 zugrunde gelegt. An dieser Untersuchung nahmen insgesamt 541 Studierende von vier Hochschulstandorten teil. Eine differenzierte Aufstellung findet sich in Tabelle 8.31.

Studiengang	**Standort**	**Studierende**	w	m	d/o.A.	Σ
Biologie	Mainz	**75**	42	32	1	**177**
	Frankfurt	**102**	59	41	2	
Physik	Frankfurt	**97**	36	61		**364**
	Darmstadt	**88**	20	64	4	
	Würzburg	**179**	37	142		

Tabelle 8.31.: Gesamtstichprobe Testung Wintersemester 2019/20

w – weiblich; m – männlich; d – divers; o.A. – ohne Angabe;
Σ *– Summe der Studierenden im Fach*

8.8.1 Anzahl an Clustern

Das allgemeine Intelligenz-Mindset wird von den meisten Autor:innen als bipolares Konstrukt entlang eines Spektrums beschrieben (vgl. Abschnitt »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36). Daher sind für diese mindestens zwei Cluster aus der Literatur zu erwarten: das Growth Mindset und das Fixed Mindset. Dweck

nennt zudem, dass es eine Gruppe an Personen gibt, die sich undifferenziert in der Mitte des beschriebenen Spektrums befindet – ein Mixed Mindset (Dweck, 2008b, S. 1). Hierfür gibt sie eine Verteilung von jeweils 40 % für Fixed und Growth Mindset an und 20 % für das Mixed Mindset (ebd.). Eine Validierung der Messungen wie in vorangegangenen Abschnitten beschrieben, hat zudem eine Aufteilung des domänenspezifischen Mindsets in zwei Subskalen ergeben.

Analog zum Scree-Plot bei der Faktorenanalyse (vgl. S. 142) kann bei der Clusteranalyse das sogenannte „Elbow-Kriterium“ angewendet werden, um die Anzahl der Faktoren zu bestimmen (Backhaus et al., 2016, S. 505). Dafür müssen jedoch zunächst die Daten mit einem geeigneten Fusionierungsalgorithmus analysiert werden. Empfehlungen weisen hier in Richtung des Ward-Verfahrens, da es geeignet ist „‚wahre Gruppierung‘[en]“ zu reproduzieren (Backhaus et al., 2016, S. 494). Wobei die Autor:innen das Single-Linkage-Verfahren nahe legen, um im Vorfeld Ausreißer in den Daten mit Hilfe des zugehörigen Dendogramms zu identifizieren (ebd.). Es wurden mit diesem Ansatz fünf Ausreißerdatensätze identifiziert.

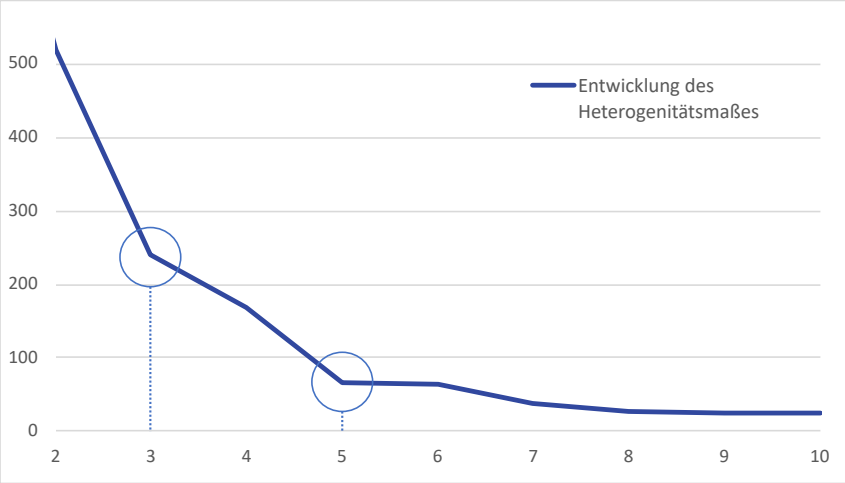


Abbildung 8.9.: Entwicklung des Heterogenitätsmaßes gegen die Anzahl der Cluster (Gesamter Datensatz: WiSe 2019/20, $N = 541$)

Hiernach wird die mit dem Ward-Verfahren (quadriert-euklidisches Distanzmaß[61]) berechnete Fehlerquadratsumme gegen die entsprechende Anzahl an Clustern in einem Koordinatensystem eingetragen.[62] Backhaus und Kolleg:innen (2016) emp-

[61] Für intervallskalierten Merkmale ist das euklidische Distanzsmaß üblich (Bortz und Schuster, 2010, S. 456). Um die Abstände der Objekte innerhalb eines Clusters möglichst klein und die Unterschiede zwischen den Clustern möglichst groß werden zu lassen, findet dies häufig in der quadrierten Form Einsatz (Bortz und Schuster, 2010, S. 458) – so auch in der vorliegenden Analyse.

[62] Grundlage stellt die mit ›SPSS‹ 27 erstellte Zuordnungsübersicht dar.

fehlen weiter den Übergang der Ein-Cluster-Lösung zur Zwei-Cluster-Lösung nicht abzubilden, da hier der „größte Sprung“ liegt (ebd.).

Im Diagramm (Abb. 8.9) lassen sich zwei mögliche „Elbows“ bzw. *Knicke* identifizieren: der erste liegt bei drei Clustern, der zweite bei fünf Clustern. Dies bedeutet: entweder muss von zwei oder von vier Clustern ausgegangen werden, da die Anzahl der Cluster, die vor bzw. links vom *Knick* liegen, angenommen werden (Bortz und Schuster, 2010, S. 416/S. 464). Dies könnte bereits ein Hinweis auf eine Dominanz der bipolaren Aufteilung in Fixed und Growth Mindset sein, über der eine Feinstruktur über die Verteilung der domänenspezifischen Überzeugungen liegt.

Da dieses Vorgehen zu keinem eindeutigen Ergebnis geführt hat, wurde daher ein weiteres – diesmal rechnerisches – Schätzverfahren eingesetzt: nach Backhaus und Kolleg:innen (2016) gehört der Test von Mojena[63] „zu den besten 10 Verfahren“, um die Clusteranzahl zu ermitteln (Backhaus et al., 2016, S. 497). Diese geben für den standardisierten Fusionskoeffizienten $\bar{\alpha}$ „Werte im Bereich 1,8 bis 2,7 an“ (ebd.). Die Berechnungen wurden mit den folgenden Formeln in der Tabellenkalkulation ›Excel‹ (2019) durchgeführt.

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{n-1}\sum_{i=1}^{n-1}\alpha_i \quad \dots \quad s_\alpha = \sqrt{\frac{1}{n-2}\sum_{i=1}^{n-1}(\alpha_i - \bar{\alpha})^2} \quad \dots \quad \widetilde{\alpha}_i = \frac{\alpha_i - \bar{\alpha}}{s_\alpha} \tag{8.1}$$

α_i: Fusionskoeffizient
i: Fusionsschritt

Nach der Berechnung mit allen Datensätzen zeigt sich der Wert für $\widetilde{\alpha}_i$ nur bei einer Anzahl von zwölf bis 17 Clustern im Bereich 2,25 ± 0,45, sofern alle Fehlerquadrate Einzug in die Berechnung halten; was eben dieser Anzahl an mögliche Clustern entspräche. Da dies keiner brauchbaren Kategorisierung entspricht, wird im nächsten Schritt der ursprüngliche Datensatz mit 541 Studierenden gefiltert, so dass keine Biologie-Studierende, keine der identifizierten Ausreißerwerte und Datensätze mit Angaben des Semesters größer als zwei berücksichtigt werden. Auch in der Auswertung dieser gefilterten Daten ($n = 357$) zeigen sich ebenfalls erst geeignete Lösungen für sechs bis neun Cluster. Da dies immer noch stark vom Ergebnis des Elbow-Kriteriums (vgl. Abb. 8.9) abweicht, müssen für die Weiterarbeit daher die Ergebnisse der Testung von Mojena verworfen werden. Stattdessen wird ein weiterer Scree-Plot basierend auf den gefilterten Daten ($n = 357$) in Augenschein genommen (vgl. Abb. 8.10). Auch dieses Diagramm auf Grundlage der gefilterten Daten zeigt zwei *Knicke* für drei bzw.

[63] Mojena, 1997, S. 359 ff. in Backhaus et al., 2016, S. 497.

fünf Cluster, was eine Berücksichtigung von zwei bzw. vier Clustern in der Analyse sprechen würde.

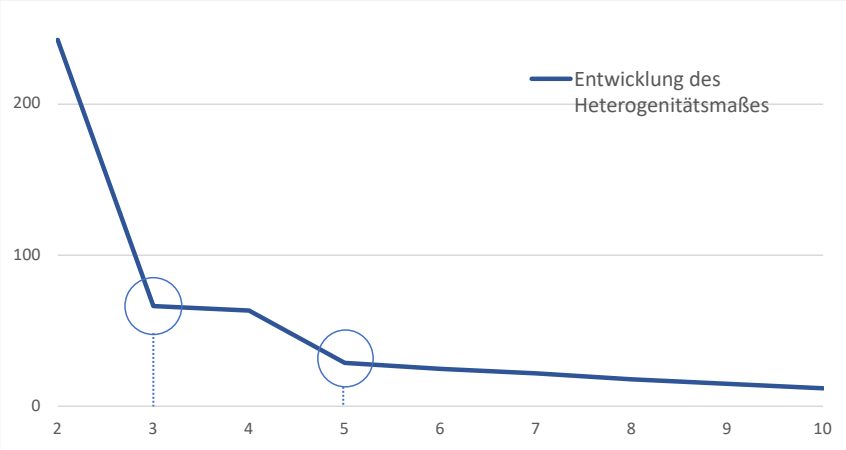


Abbildung 8.10.: Entwicklung des Heterogenitätsmaßes gegen die Anzahl der Cluster (Gefilterter Datensatz, $N = 357$)

Da keine der genannten Verfahren als abschließend zu verstehen ist, wurde sich aus inhaltlicher Perspektive für eine Analyse mit vier Clustern entschieden. Diese wurden zunächst nach der Verteilung der zugeordneten Fälle untersucht (vgl. Tabelle 8.32). Hierbei wurden zudem sowohl der gesamte Datensatz als auch die Verteilung unter Anwendung der beschriebenen Filter betrachtet. Die letzten beiden Cluster zeigen sich für beide Untersuchungen als jeweils nur (grob etwa) *halb* so stark besetzt wie die beiden ersten. Mit einer Spannwerte der Cluster von ca. 14 % – 36 % bewegt sich die Aufteilung der Cluster etwa im ausbalancierterten[64] Bereich.

	Clu. 1	**Clu. 2**	**Clu. 3**	**Clu. 4**	Σ
Gesamt	165	190	78	108	**541**
%	*30,5*	*35,1*	*14,4*	*20,0*	
Gefiltert	97	129	51	80	**357**
%	*27,2*	*36,1*	*14,3*	*22,4*	

Tabelle 8.32.: Anzahl der Fälle in jedem Cluster

Der Ward-Algorithmus geht jedoch von gleich großen Gruppen aus (Backhaus et al., 2016, S. 489). Somit ist er weniger geeignet, „Gruppen [...] mit kleiner Elementzahl

[64] Hudig und Kolleg:innen sprechen von „well-balanced“ für einen Bereich von 15 – 35 %, der jeweils mit den vorliegenden Werten um 1 % unter- bzw. 1 % überschritten wird (Hudig et al., 2020, S. 6).

zu erkennen (ebd.). Zwei der vier Gruppen (Cluster 3&4) sind in ihrer Verteilung deutlich kleiner als die beiden Hauptgruppen (Cluster 1&2). Daher ist es möglich, dass dies rechnerisch über das Mojena-Verfahren nicht zu ermitteln war. Dagegen zeigten die „Elbow"-Diagramme zur Entwicklung der Heterogenitätsmaße bereits zu Beginn in diese Richtung – insbesondere für den gefilterten Datensatz.

Für die Zuteilung der Gruppenzugehörigkeiten wurde eine einfaktorielle MANOVA[65] durchgeführt. Diese zeigte einen statistisch signifikanten Unterschied zwischen der Clusterzugehörigkeit und den Skalenwerten mit der größten charakteristische Wurzel nach Roy von 3,921 mit F(681,029) = 521, p < 0.001 (vgl. Hudig et al., 2020, S. 6). Die Tests der Zwischensubjekteffekte waren für alle Skalenwerte höchst signifikant ($\eta^2_{(MS-A)} = 0{,}647$, $\eta^2_{(MS-B)} = 0{,}63$, $\eta^2_{(MS-I)} = 0{,}58$).

8.8.2 Ergebnisse der Clusteranalyse

Nachdem die Clusteranalyse wie im vorangegangenen Abschnitt durchgeführt wurde, konnten vier Cluster identifiziert und inhaltlich interpretiert werden. Als Darstellungsform wurde für Abbildung 8.11 ein Box-and-Whisker-Plot gewählt, da dieser viele Informationen „in komprimierter Weise" angibt (Bortz und Schuster, 2010, S. 44). Für die Darstellung wurden die Daten zunächst Z-standardisiert (vgl. Döring und Bortz, 2016, S. 279 ff.). Somit entspricht ein Abstand von ±1 auf der Ordinate je einer Standardabweichung.

Die *Box* beherbergt wiederum die mittlere Hälfte (Interquartil-Bereich) aller Daten des jeweiligen Merkmals (Döring und Bortz, 2016, S. 622 ff). Die *Antennen* („Whisker"[66]) geben Bereich der Streuung des ersten und vierten Quartils an. Außreißerwerte werden in Punktform abgebildet. Der Median wird klassisch durch einen Strich innerhalb der *Box* wiedergegeben (ebd.). Die Kreuze in der Darstellung von Abbildung 8.11 symbolisieren den arithmetischen Mittelwert.

Um dies besser zum Verständnis zu bringen, wurden in Abbildung 8.12 zusätzlich die Werte gemäß den Mittelwerten der Skalen aufgetragen (Likert-Skalierung von eins bis sechs). Hierbei zeigt sich zum einen die Tendenz zur sozialen Erwünschtheit, so dass sich ein Antwortverhalten stark in die lernförderliche Richtung zeigt. Selbst das Fixed Mindset befindet sich im (unteren) mittleren Bereich. Zudem zeigt sich für die Skala der allgemeinen Intelligenzüberzeugung bereits ein Deckeneffekt für den Cluster des Growth Mindsets.

[65] In ›SPSS‹ wurde ein Bootstraping der Daten mit 2000 Ziehungen hierfür durchgeführt.
[66] Wörtlich übersetzt Schnurr(bart-)haare.

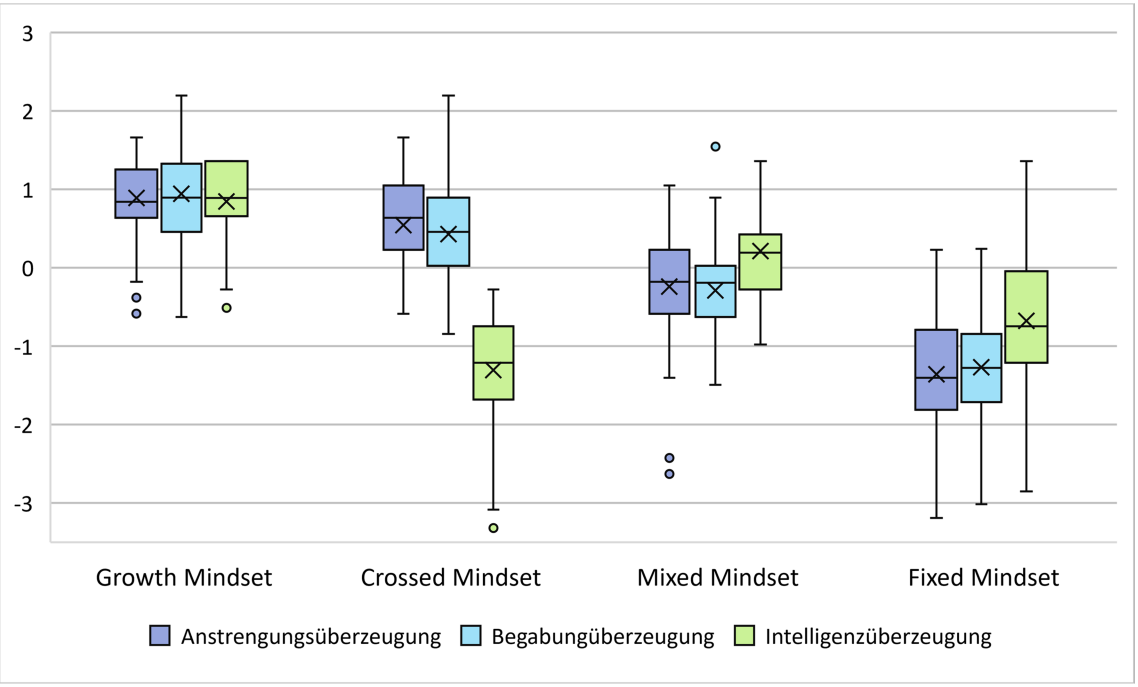


Abbildung 8.11.: Clusterverteilung domänenspezifisches und allgemeines Mindset – Z-transfomiert

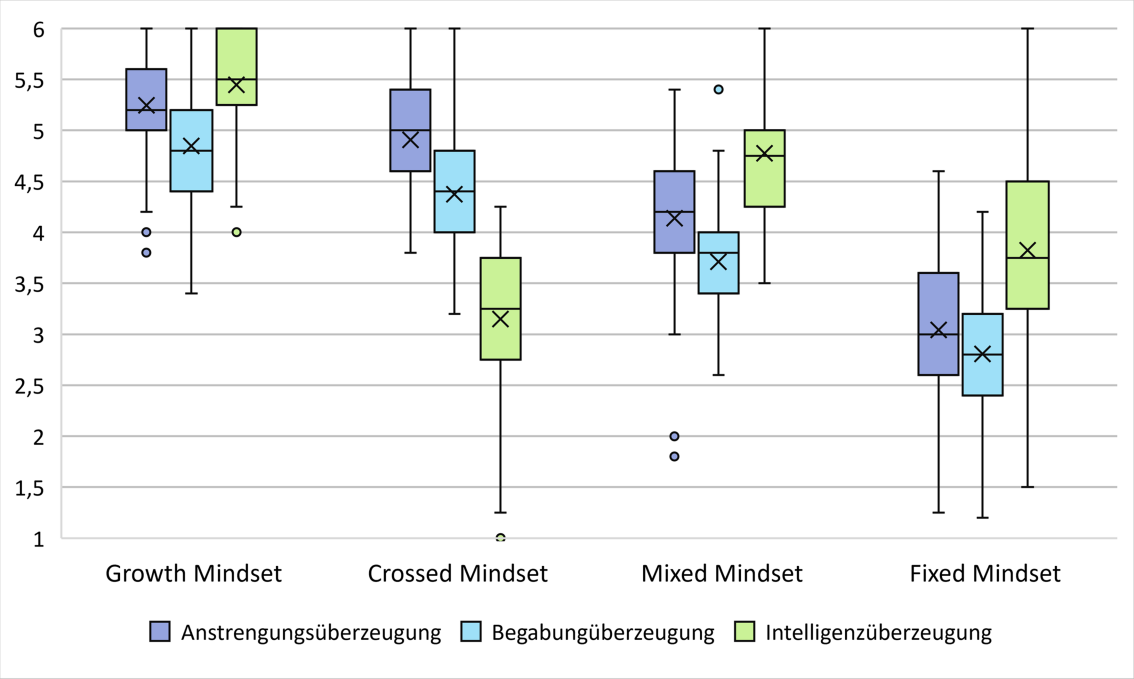


Abbildung 8.12.: Clusterverteilung domänenspezifisches und allgemeines Mindset – Mittelwerte nach Likertskalierung von eins bis sechs

Drei der vier Cluster lassen sich im Einklang mit der Literatur interpretieren (vgl. Dweck, 2008b, S. 1). So zeigt sich, dass in den Gesamtdaten (WS 2019/20) ca. 14 % der Studierende über ein Fixed Mindset verfügen und im Schnitt ca. eine Standardabweichung im negativen Bereich liegen. Dieser Anteil fällt zunächst unerwartet niedrig aus. Ca. 35 % der Studierenden verfügen über ein Growth Mindset, was nach der vorliegenden Analyse ca. eine Standardabweichung im positiven Bereich liegt. Ebenfalls lässt sich der literaturkonforme Cluster eines Mixed Mindsets identifizieren, welchem ca. 31 % aller Teilnehmenden dieser Untersuchung zugeordnet werden können und ‘der sich in der Z-Standardisierung im Bereich der Nulllinie befindet (vgl. Abbildung 8.11).

Es kann jedoch auch noch ein weiterer Cluster ausgemacht werden, der mit ca. 20 % etwas größer als das Cluster des Fixed Mindset ausfällt. Interessanterweise verhalten sich die beiden domänenspezifischen Skalen gegenläufig zur klassischen Intelligenzüberzeugung – daher wurde die Bezeichnung *Crossed* Mindset hierfür gewählt. Die Verteilung der allgemeinen Intelligenzüberzeugung liegt hier noch unter der Verteilung des Fixed Mindset. Daher könnte dieses Cluster mit dem Cluster Fixed Mindset zusammengefasst – bei isolierter Betrachtung der Skala zur Intelligenzüberzeugung. Hieraus resultiert eine grobe Drittelung der Zuordnung in die drei bekannten Mindset-Kategorien (vgl. Abbildung 8.13). Damit läge dieser Fund recht ähnlich an der weiter oben beschriebenen Verteilung dran. Gleichzeitig entspricht die Lage der Anstrengungs- und Übergabungsüberzeugung sehr viel mehr einem Growth Mindset. Es ist also denkbar, dass der bisherige Befund einer etwaigen Drittelung nicht länger zutreffend ist: Unter Berücksichtigung des fachspezifische Mindsets, zeigt sich, dass der über die Hälfte der Personen mit einer Fixed Intelligenzüberzeugung einem Crossed Mindset zuzuordnen sind.

Auch das Verhalten der weiteren Konstrukte in den Clustern wurde geprüft. Jedoch fallen die Werte für die weiteren gemessenen Skalen praktisch *aufeinander* (vgl. Abbildung 8.14). Eine weitere Betrachtung dieser Konstrukte für die gefundene Clusterlösung ist daher ohne weitere Relevanz.

Für die Subgruppe des *Crossed* Mindsets zeigt sich, dass diese bislang verborgen geblieben ist – in Messungen mit ausschließlich allgemeinen Mindset-Items. Bei näherer Betrachtung erscheint es inhaltlich zunächst plausibel, wenn sich die Zustimmung zur allgemeinen Intelligenzüberzeugung entkoppelt von der Zustimmung zur Anstrengungsüberzeugung verhält. Jedoch befinden sich auch die Mittelwerte der Begabungsüberzeugung und der Intelligenzüberzeugung mehr als 1,6 Standardabweichungen auseinander. Das bedeutet, dass die Personen glauben, Begabung sei nicht

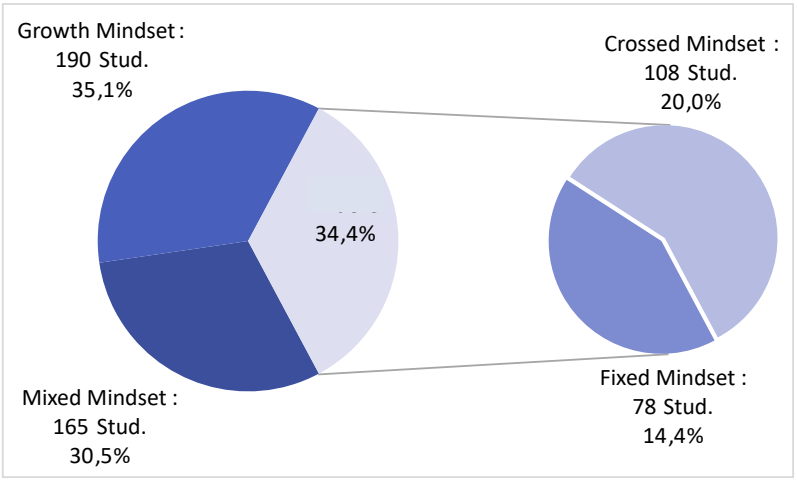


Abbildung 8.13.: Clusterverteilung – Aufteilung in *fixeren* Mindset-Bereich

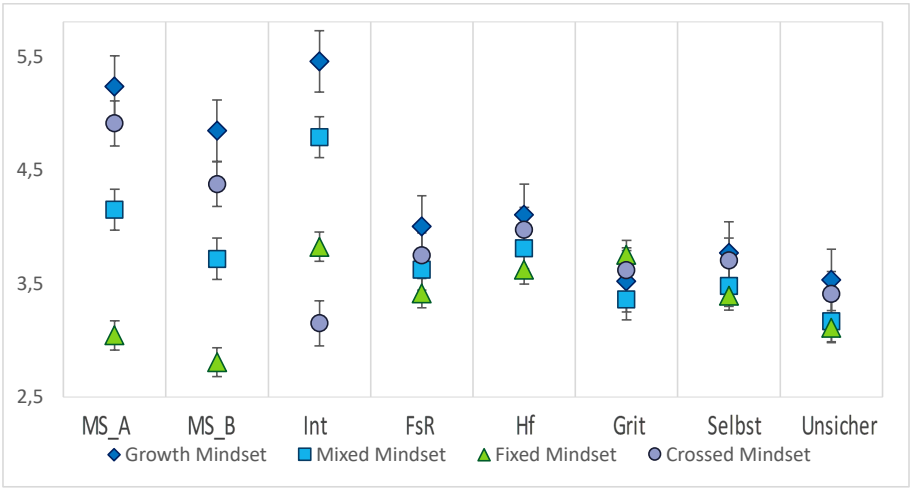


Abbildung 8.14.: Clusterverteilung – alle gemessenen Konstrukte

entscheidend für den Erfolg in Physik, sondern Anstrengung, aber wie intelligent eine Person ist, lässt sich nicht ändern.

Eine mögliche Erklärung besteht darin, dass die Personen mit diesem *Crossed* Mindset unter dem Begabungsbegriff etwas anderes verstehen als Intelligenz – womöglich eher etwas wie *physikalische Intuition*. Es könnte sich darüber hinaus um Studierende handeln, die sich selbst als (sehr) intelligent einschätzen und somit ihre Aussicht Erfolg in Physik hierauf bauen und sich nicht abhängig von einer zusätzlichen Begabung fühlen. Limeri und Kolleg:innen (2022)[67] berichten von Studierenden, die unterscheiden, dass sie selbst womöglich das Potential haben, um sich weiter-

[67]Preprint: Limeri et al. (2022) – Abschnitt »Conceptual Distinctions among Mindset, Universality, and Brilliance«, Zeilen 583 – 587.

zuentwickeln – andere jedoch nicht. Sie beschreiben dies als „non-universal belief“ (ebd.). Auf den physikdomänenspezifischen Fall übertragen, könnte das bedeuten, dass eine Person glaubt, ihr sei es möglich, im Fachlichen erfolgreich zu sein, an allgemeinen kognitiven Kapazitäten von anderen Menschen lasse sich dagegen nichts verändern.

Eine weitere Interpretation könnte in der Vorstellung liegen, dass die Leistung in Physik durch Anstrengung verbessert werden kann, aber eben nur bis zu einem gewissen Punkt. So formulierte Goldhorn nach ihren Interviewstudien 2017 bereits eine Kategorie, die den Begabungsbegriff nicht kategorial – aber dennoch beschränkend auffasst: „Lernen verbessert zwar die Leistung, aber es gibt eine Grenze.“ (Goldhorn, 2017, S. 45). Diese Grenze könnte in der Wahrnehmung der Teilnehmenden eben z.B. die Intelligenz einer Person sein. Gleichzeitig können Menschen Überzeugungen besitzen, die bei genauer Betrachtung widersprüchlich sind. Das bedeutet, dass manche Heuristiken[68] der Person die eigenen gedanklichen Widersprüche gewissermaßen vorenthält.[69] Bekannte Phänomene diesbezüglich sind der Confirmation-Bias und die kognitive Dissonanz (Myers, 2014, S. 602).

Die vorangegangenen Vermutungen können im Rahmen dieser Arbeit nicht weiter geklärt werden. Jedoch zeigt die vorliegende Clusteranalyse hier einen weitergehenden Klärungsbedarf – insbesondere für die gewählten Begrifflichkeiten der Begabung und Intelligenz. Der Anteil dieses *Crossed* Mindset verändert sich leicht, wenn ausschließlich die Subgruppen der Physik-Studierenden betrachtet werden mit einem Anteil 17 % gegenüber den Biologie-Studierenden mit einem Anteil von 14 %. Daher sollen im Weiteren Diskriminanzanalysen durchgeführt werden. Diese dienen der Untersuchung, ob es sich bei dem neu identifizierten *Crossed* Mindset vielleicht doch lediglich um ein Artefakt dieser speziellen Messung/Testung handelt. Zusätzlich stellt dieses Verfahren grundsätzlich eine Möglichkeit zur Prüfung der Güte einer Clusteranalyse dar.

8.9 Diskriminanzanalyse

Die Clusteranalyse ist wie die Faktorenanalyse ein dimensionsreduzierendes Verfahren, mit dem Ziel, Gruppen zu finden und Probanden zu inhaltlich stimmigen Gruppen den Clustern zusammenzufassen. Die Diskriminanzanalyse dagegen untersucht

[68] „Gigerenzer und Gaissmaier (2011) definieren eine Heuristik folgendermaßen: ‚A heuristic is a strategy that ignores part of the information, with the goal of making decisions more quickly, frugally, and/or accurately than more complex methods.‘ (S. 454)“ in (Pfister et al., 2017, S. 140).

[69] Vgl. auch „Zwei-System-Modell“ von Daniel Kahneman in Pfister et al., 2017, S. 345 ff..

(diese) vorgegebene Gruppen – die „Verfahren können sich damit sehr gut ergänzen (Backhaus et al., 2016, S. 217). In der Abfolge einer erfolgreichen Zuordnung der Datensätze durch eine Clusteranalyse können die zugehörigen Diskriminanz-Funktionen berechnet werden. Die Anzahl dieser Funktionen ist dabei stets eins kleiner der Anzahl der vorgegebenen Gruppenzuordnungen – in unserem Fall also drei Diskriminanzfunktionen bei vier Clustern (Backhaus et al., 2021, S. 239):

$$k = G - 1 \tag{8.2}$$

Hierin sind:

k: Anzahl der Diskriminanzfunktionen

G: Anzahl der Gruppen bzw. Clustern

Zur Prüfung der Güte einer Clusteranalyse, werden diese Funktionen wieder auf denselben Datensatz angewendet und die Passung untersucht. Des Weiteren besteht die Möglichkeit, die Diskriminanz-Funktionen zu exportieren[70], um sie dann auf andere Messungen anzuwenden. Im nächsten Abschnitt »Übertragung der Diskriminanzanalyse auf weitere Messungen«, S. 200 wird dieses Vorgehen genutzt, um zu überprüfen, wie stabil die Verteilung der Cluster in verschiedenen Stichproben bzw. zu verschiedenen Zeitpunkten einzustufen ist.

Test der Funkion(en)	Wilks-Λ	χ^2	df	p-Wert
1 bis 3	0,105	1172,526	9	0,000
2 bis 3	0,522	338,471	4	0,000
3	0,995	2,816	1	0,093

Tabelle 8.33.: Wilks-Lambda-Test der Funktionen

Ein Wilks-Lambda-Test kann der Überprüfung, der Eignung der Diskriminanzfunktionen dienen (Backhaus et al., 2021, S. 242 ff.). Je kleiner der Wert für Wilks-Λ „desto besser ist Trennkraft der Diskriminanzfunktion (ebd.). Tabelle 8.33 zeigt die Werte für die Anwendung dieser Prüfung des multivariaten Wilks-Λ. Zum einen lässt sich feststellen, dass die letzte Funktion nur unter Berücksichtigung eines „marginalen“ Alpha-Fehlers[71] ($p < 0{,}1$) als noch zulässig einzustufen ist. Das bedeutet, dass die dritte Funktion die Clusterzugehörigkeiten nur noch eingeschränkt trennen

[70] Alle Berechnungen zur Diskriminanzanalyse wurden mit ›SPSS‹ 27 durchgeführt.
[71] Vgl. Abschnitt »Signifikanzniveau«, S. 98; Rasch et al., 2021a, S. 47.

kann. Daher wird im nächsten Schritt überprüft, wo und in welchem Maße Abweichungen vorliegen, wenn die Diskriminanzanalyse auf den gleichen Datensatz der Clusteranalyse angewendet wird.

„Die diskriminanzanalytische Zuordnungsrate der Objekte zu den Clustern“ kann bestätigend als Indikator für die Güte einer Clusterlösung verstanden werden (Bortz und Schuster, 2010, S. 469). Je höher die Güte bzw. die Eindeutigkeit über die Clusterzuordnung, umso höher fällt der Prozentsatz der rückwärtigen Klassifizierung aus. 100 % stünden für eine ideale Passung der clusteranalytischen Zuordnung der Diskriminanz-Funktionen.

		Durch Diskriminanzanalyse vorhergesagte Gruppenzugehörigkeit				Gesamt
Cluster		Growth MS	Mixed MS	Fixend MS	Crossed MS	
n	Growth MS	187	3	0	0	190
	Mixed MS	2	162	1	0	165
	Fixed MS	0	1	77	0	78
	Crossed MS	0	0	3	105	108
Ungrupp. Fälle		*3*	*2*	*4*	*0*	*9*
Klassifizierung		98,9%	98,1%	94,8%	100,0%	98,2%

Tabelle 8.34.: Klassifizierungsergebnisse

In Tabelle 8.34 wurden die Cluster gegen die vorhergesagten Gruppenzugehörigkeiten eingetragen. Es wurden 541 Fälle[72] verarbeitet. Insgesamt konnten 98,2 % der ursprünglich gruppierten Fälle korrekt klassifiziert werden. Mit nur 1,8 % Abweichung in der Zuordnung kann das Ergebnis als im akzeptablen bis guten Bereich eingeordnet werden. Eine mögliche Bewertung würde hier der Logik der Abweichung beim Konfidenzintervall gefolgt, bei der in der Regel eine Einhaltung der Werte im Bereich von 95 % erfolgt und damit einer Abweichung von bis zu maximal fünf Prozent.[73]

Es fällt jedoch auf, dass das zugeordnete Fixed Mindset die schlechteste Wiedererkennung hat. Zudem befindet sich hier die Trefferquote knapp unter den 95 %.

[72] Auch die vorher entfernten Ausreißerdatensätze wurden berücksichtigt.

[73] Einer ähnlichen Logik folgen auch Backhaus und Kolleg:innen, wobei diese keine weiteren Angaben darüber machen, bis zu welcher Abweichung noch von einer akzeptablen Passung die Rede sein kann (Backhaus et al., 2021, S. 245).

Dennoch zeigt sich, dass innerhalb dieser Abweichung kein Transfer zwischen Growth und Fixed Mindset stattgefunden hat – was die Erwartungen bestätigt. Somit wird die erstellte Diskriminanzanalyse als noch geeignet eingeschätzt, auch für die Übertragung und Prüfung der anderen Konstrukte eingesetzt zu werden.

8.9.1 Übertragung der Diskriminanzanalyse auf weitere Messungen

Neben der Prüfung der Güte einer Clusteranalyse kann die Diskriminanzanalyse auch auf andere Messungen übertragen werden.[74] Dieses Vorgehen verhindert eine stetig abweichende Verteilung der Cluster: eine Neuberechnung für jeden Datensatz könnte zu anderen Verteilungen[75] führen. Damit wäre eine Vergleichbarkeit nicht mehr gegeben. Somit stellt die Anwendung der Diskriminanzfunktionen auf die Datensätze der verschiedenen Messzeitpunkt eine geeignete Möglichkeit dar, die Clusterverteilung dieser zu vergleichen. Abbildung 8.15 stellt fünf verschiedene Messzeitpunkte dar. Die ersten drei Messungen stellen dabei die Analyse der Längsschnittmessung dar. Es wurde hierbei dieselbe Gruppe zu drei aufeinander folgenden Zeitpunkten gemessen. Es gilt zu beachten, dass die Anzahl der Teilnehmenden über den Verlauf der Längsschnittmessung jedoch stark abgefallen ist ($N_{T1} = 541$; $N_{T2} = 195$; $N_{T3} = 114$). Zusätzlich wurden als die letzten beiden Messungen noch die Erhebungen zum Studienbeginn im Wintersemester 20/21 und 21/22 aufgenommen.

In Abbildung 8.15 ist der Verlauf bzw. die Verteilung der Cluster zu unterschiedlichen Zeitpunkten[76] zu sehen. Es zeigen sich durchaus Unterschiede zwischen den Messungen. Dennoch verbleiben die einzelnen Clusterwerte in einem gewissen Korridor: so bleibt das identifizierte Growth Mindset stets der Cluster mit dem größten Anteil. Die Messung zum Studienbeginn im Wintersemester 2020/21 fällt hierbei am stärksten aus dem Trend der anderen heraus. Eine mögliche Ursache könnte hierbei in den Umständen der Messung liegen: Wie bereits mehrfach erwähnt, wurde ein Großteil aller Daten dieser Arbeit an den Hochschulen unter dem Einsatz von Maßnahmen zur Eindämmung der CoVid-19-Pandemie erhoben. Es kann daher sein, dass ggf. die Ergebnisse der Stichprobe(n) durch einen Selektionseffekt verzerrt sind (vgl. auch Döring und Bortz, 2016, S. 103). Dies könnte beispielsweise daran liegen,

[74] Im Anhang S. 367 findet sich zur besseren Vergleichbarkeit die xml-Datei aus ›SPSS‹, welche im Textformat angegeben ist.
[75] Selbst für denselben Datensatz können unterschiedliche Startpartitionen im K-Means-Verfahren zu (leicht) unterschiedlichen Ergebnissen führen.
[76] Siehe Werte auch in Tabelle 16.12 im Anhang S. 366.

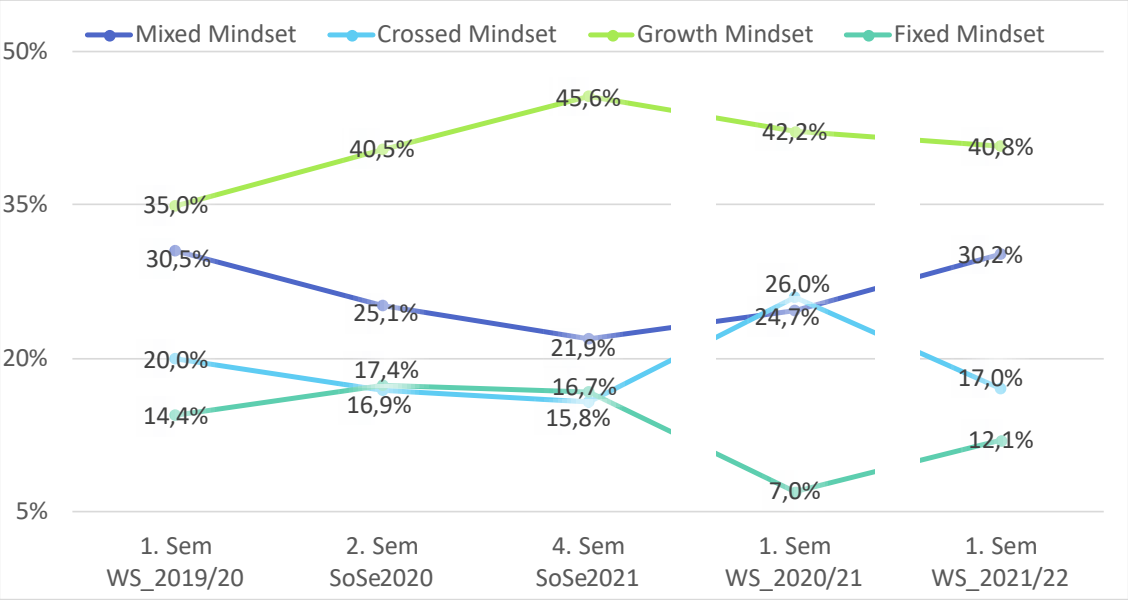


Abbildung 8.15.: Verlauf bzw. Verteilung der Clusterverteilung

dass eine andere Zusammensetzung von Studierenden mit dem Physikstudium begonnen haben. Eine trivialere Begründung könnte daran liegen, dass zu den digitalen Veranstaltungen ggf. zu diesem Zeitpunkt nicht alle einen online-Zugang sichergestellt hatten – oder ein anderer Selbstselektionseffekt in (a-)synchroner digitaler Lehre greift. Daher erscheint insbesondere dieser Messzeitpunkt wenig repräsentativ zu sein für diese Auswertung.

8.9.2 Beurteilung der Ergebnisse der Clusteranalyse

Die Clusteranalyse besitzt die Fähigkeit Gruppenzugehörigkeiten und Strukturen zu entdecken. Dabei sei jedoch erwähnt – wie bereits häufiger angeklungen, dass die Wahl der Verfahren ggf. die Ergebnisse beeinflussen kann (Backhaus et al., 2016, S. 514). Wie im Abschnitt »Anzahl an Clustern«, S. 189 besprochen, gab es auch für die vorliegende Clusteranalyse verschiedene Optionen. Bei den Entscheidungen wurde dabei versucht, auf inhaltlichen Argumenten aufzubauen. Zur Stützung dieser wurde eine MANOVA durchgeführt, welche für die Zuordnungen signifikant ausfiel ($F(9{,}1295) = 221{,}41$; $p < 0{,}001$; partielles $\eta^2 = 0{,}53$; Wilks $\Lambda = 0{,}104$).

In der weiteren Analyse zeigte sich, dass eine Entscheidung für die Anzahl von vier Clustern haltbar ist: die Diskriminanzanalyse bestätigt dabei zum einen diese Entscheidung mit akzeptablen Kennwerten. Zum anderen wird jedoch sichtbar, dass das Fixed Mindset Cluster sich nicht eindeutig abgrenzen lässt gegenüber den

Mischclustern. Eine Übertragung der extrahierten Diskriminanzfunktionen auf die weiteren Messungen konnte dennoch gerechtfertigt werden, da in der rückwärtigen Vorhersage durch Anwendung der Diskriminanzfunktionen auf den ursprünglichen Datensatz kein Transfer von Zuordnungen zwischen Growth und Fixed Mindset stattgefunden hatte. Somit kann eine klare Abgrenzung dieser beiden Cluster bestätigt werden.

Nach der Übertragung der Diskriminanzfunktionen auf die weiteren Datensätze wurden die Verteilung der Cluster untereinander angeschaut. Es zeigt sich eine gewisse Schwankung der Verhältnisse über die verschiedenen Messzeitpunkte. Dennoch lässt sich in jedem Fall der Growth Mindset-Cluster als der stärkste ausmachen. Auch die Verteilung der anderen Cluster zeigen – mit Ausnahme der Messung zum WS 2020/21[77] – keine überraschenden Ausreißer.

Damit zeigt sich, dass ein domänenspezifisches Mindset insbesondere im *fixeren* Bereich des Mindsets eine Art Feinstruktur aufdeckt, welche unter isolierter Betrachtung der allgemeinen Intelligenzüberzeugung verborgen bleibt. Selbst unter Einbezug der Werte aus dem WS 2020/21 bleibt die Summe von Fixed und *Crossed* Mindset in einem stabilen Korridor zwischen 29,0 % und 34,4 % ($\bar{x}$ = 32,7 %; σ = 2,0 %).

Abschließend bleibt dennoch anzumerken, dass die Einteilung der Gruppen in die verschiedenen Mindset-Typen durch eine Clusteranalyse nicht Kriterien-gestützt erfolgt. In der Literatur finden sich Einteilungen, jedoch sind diese teilweise ebenfalls abhängig von der Datenverteilung innerhalb der Kohorte, wie eine Grenzziehung entlang des Medians. Andere teilen die Werte anhand einer (sechsstufigen) Likert-Skalierung ein: Dweck und Kolleg:innen (1995b) nahmen beispielsweise ab einem Wert von kleiner gleich drei die Zuordnung zum Fixed Mindset vor und größer gleich vier zu einem Growth Mindset (Dweck et al., 1995b, S. 269). Sie berichten von einer Verteilung von 15 % für das Mixed Mindset und einer gleichgewichtigen Verteilung der beiden Mindset-Pole (ebd.). Für die vorliegende Untersuchung ist jedoch eine Tendenz im Antwortverhalten erkennbar, eher (sozial erwünscht) in Richtung einer lernförderlichen Haltung bzw. Growth Mindset zu antworten.[78] In einer aktuelleren Studie aus den Niederlanden, wird ein ähnliches Ergebnis sichtbar – wie in der vorliegenden Studie: so zeigen sich hier bei Studierenden in den ersten

[77] Vgl. Abschnitt »Übertragung der Diskriminanzanalyse auf weitere Messungen«, S. 200 für die Diskussion über mögliche Ursachen durch die *CoVid-19-Maßnahmen*.

[78] Dieser Befund deckt sich auch mit weiteren Messungen zum fachspezifischen Mindset in den MINT-Disziplinen (Diederich und Spatz, 2022, S. 130). Dies könnte somit auch theoretisch einem stärker vertretenen Growth Mindset in diesen Studienfächern als in der allgemeinen Bevölkerung geschuldet sein.

Studienjahren ebenfalls nur Werte im Bereich von ca. 12 bis 17 %, während das Growth Mindset Prozentsätze zwischen ca. 43 und 51 % einnimmt (Glerum et al., 2020, S. 277). Wird das Kriterium der Grenzziehung entlang des Medians auf die Skala der Intelligenzüberzeugung des Datensatzes (WS 2019/20) angewendet, so zeigten sich nur ca. 9 % der Teilnehmenden im Fixed Mindset-Bereich, während knapp 70 % der Studierenden über ein Growth Mindset verfügen würden. In anderen Studien wurde eine Aufteilung nach dem Median als Grundlage für die Aufteilung genommen (Muenks und Miele, 2017, S. 717). Wird dies als Grundlage genommen, wären es in der vorliegenden Studie rund 30 %, die auf ein Growth Mindset entfallen. Durch den Deckeneffekt kann der Median jedoch als ungeeignet für den vorliegenden Datensatz eingestuft werden. (Bei Verwendung des Mittelwertes wären es ca. 37 %.)

Damit kann das zuletzt beschriebene Kriterium als nicht übertragbar für die vorliegende Situation eingeschätzt werden. Die genannten Kriterien wurden zudem isoliert für das Konstrukt der allgemeinen Intelligenzüberzeugung angewendet. Das Hauptargument für die Entscheidung zur Analyse lag zudem in der vorliegenden Absicht zusätzlich die domänenspezifischen Subskalen der Anstrengungsüberzeugung und der Begabungsüberzeugung zu betrachten. Hierdurch entstehen Kombinationsmöglichkeiten, die erst durch ein exploratives Verfahren wie die Clusteranalyse zu Tage gefördert werden können. Dennoch bleibt die Frage, inwiefern eine Aufteilung in die Cluster in zukünftigen Studien vorgenommen werden kann und inwiefern eine Aufstellung von Kriterien für die Einteilung der Konstrukte anhand *harter* Kriterien ggf. Sinn ergibt.

8.10 Zusammenfassung der Validierung und Ausblick

Die leitende Forschungsfrage dieses Kapitel lautet:

Inwieweit lassen sich die domänenspezifischen Items durch den Vergleich mit ähnlichen Konstrukten validieren?

Validierung stellt einen fortlaufenden Prozess dar. Daher kann hier zunächst nur die Validierung der vorliegenden Messungen diskutiert werden. Zudem muss festgehalten werden, dass für die zugehörigen Vorgehensweisen keine „rezeptartig[igen] Routinen“ vorliegen, die es nur gilt „abzuarbeiten“ (Meinhardt, 2018, S. 17). Um ein Testinstrument zur Messung des domänenspezifischen Mindsets zu entwickeln, wurden daher verschiedene Methoden kombiniert, um eine „Plausibilität

der [Argumentations-]Kette“[79] zu bilden: »Explorative Faktorenanalyse«, »Konfirmatorische Faktorenanalyse«, »Clusteranalyse«. Zudem wurden die »Korrelationen der Konstrukte« untersucht. Zunächst sollen die wichtigsten Ergebnisse kurz noch einmal umrissen werden – zusammen mit den entscheidenden Schlussfolgerungen für die Weiterarbeit.

Zur Überprüfung der bisherigen Skalen zum domänenspezifischen Mindset wurden neben diesem noch weitere Konstrukte eingebracht, die zur diskriminanten Validierung dienen sollten. Die Konstrukte wurden daher so gewählt, dass sie eine gewisse Ähnlichkeit zu den Items und Subskalen des domänenspezifischen Mindset aufweisen (vgl. Abschnitt »Konstrukte im Fragebogen«, S. 127). Hiermit sollte überprüft bzw. sichergestellt werden, „dass kein oder nur ein geringer Zusammenhang zu einem – möglicherweise ähnlichen – Konstrukt besteht, das aber eben nicht erfasst werden soll“ (Schmiemann und Lücken, 2014, S. 116).

Um die einzelnen Skalen zu identifizieren, wurde eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt. Hier zeigte sich, dass nicht alle Subskalen des ursprünglichen domänenspezifischen Mindset-Fragebogens bestand hatten – für die vorliegende Gruppe von Studienbeginnenden im Fach Physik. Im Abschnitt »Explorative Faktorenanalyse«, S. 137 wird die Extraktion der gefunden Faktoren beschrieben. Ein weiteres Ziel dieser Analyse bestand darin, den Fragebogen zeitökonomisch zu kürzen. Daher wurden neue Skalen gebildet, die nur noch vier bis acht Items enthielten. Dies geschah sowohl unter der Berücksichtigung der ermittelten Kennwerte als auch aus theoriegeleiteter inhaltlicher Perspektive. Am Ende dieses Prozesses konnten zwei Subskalen eines domänenspezifischen Mindsets mit guten Kennwerten identifiziert werden: »Überzeugung zur Anstrengung in Physik« ($\alpha_c = 0{,}85$) und »Überzeugung zur Begabung in Physik« ($\alpha_c = 0{,}83$).

Zur Prüfung inwieweit sich diese domänenspezifischen Überzeugungen von dem allgemeinen Intelligenz-Mindset abgrenzen, werden die Korrelationen betrachtet (vgl. Abschnitt »Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset«, S. 172). Im Sinne einer konvergenten Validierung können die geringen oder fehlenden Korrelationen der domänenspezifischen Subskalen zu den anderen Konstrukten gemäß einer diskriminanten Validierung verstanden werden (vgl. S. 175). Dagegen konnte ein mittlerer Zusammenhang zwischen den domänenspezifischen Subskalen und der allgemeinen Intelligenz-Mindset-Skala festgestellt werden ($\rho \approx 0{,}3$).

Die Trennbarkeit der Subskalen der domänenspezifischen Überzeugungen zeigt sich jedoch weder in der explorativen Faktorenanalyse noch durch die Höhe der Korrelation

[79] Vgl. Meinhardt, 2018, S. 18.

zueinander als eindeutig. So gibt es Nebenladungen der Items untereinander und auch eine Korrelation von ρ etwa 0,6 bis– 0,7 weist auf einen starken Zusammenhang hin. Um den Effekt der sozialen Erwünschtheit zusammen mit Reihungseffekten zu reduzieren, wurden die Items zum einen randomisiert auf den Pilotierungsfragebogen aufgeteilt. Zum anderen wurden positiv wie negativ formulierte Items verwendet. Dies birgt jedoch immer die Gefahr einer artifiziellen Faktorenbildung (vgl. Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 319). Aus diesem Grund wurde zusätzlich eine konfirmatorische Faktorenanalyse durchgeführt (vgl. Abschnitt »Konfirmatorische Faktorenanalyse«, S. 179). Für diese wurden zwei Modelle aufgestellt. Das erste ist ein drei-Faktoren-Modell, in dem die allgemeine Intelligenz-Mindset-Skala und die beiden domänenspezifischen Subskalen als jeweils einzelne Faktoren eingebracht wurden. Dieses wurde gegen ein zwei-Faktoren-Modell getestet, in dem die allgemeine Intelligenz-Mindset-Skala und eine kombinierte domänenspezifische Skala als Faktoren übernommen wurden. Für nahezu alle Datensätze zeigt sich das drei-Faktoren-Modell als überlegen. Somit werden die Subskalen der domänenspezifischen Überzeugungen in der Weiterarbeit als eigenständig betrachtet. Dies konnte im Abschnitt »Exkurs: Anstrengung und Begabung«, S. 184 ebenfalls noch einmal aus einer theoriegeleiteten Perspektive unterstützt werden. Der Kern der Argumentation dreht sich darum, dass bereits Kinder eine Art Dualismus um die Begriffe der Anstrengung und Begabung entwickeln und hieraus *größtenteils* ein Kompensationsschema entwickeln.

Wie beschrieben besitzen das allgemeine Intelligenz-Mindset und die domänenspezifischen Überzeugungen einen mittleren Zusammenhang. Das bedeutet, dass die Studierenden ein unterschiedliches Antwortverhalten in Bezug auf diese Skalen zeigen. Um Muster in diesem zu erkennen, wurde eine Clusteranalyse der drei Faktoren durchgeführt (vgl. Abschnitt »Clusteranalyse«, S. 188). Dabei konnten drei Cluster identifiziert werden, die bereits in der Literatur besprochen wurden: Growth Mindset, Fixed Mindset und Mixed Mindset.

Darüber hinaus zeigt sich noch ein vierter Cluster, der auf Grund seines *überkreuzten* Verhaltens als Crossed Mindset bezeichnet wird: die Studierenden liegen in Bezug auf das Intelligenz-Mindset im *fixen* Bereich – als eher lernhinderlich einzustufen – und im domänenspezifischen Bereich eher im lernförderlichen Growth Mindset-Bereich. Bei einer isolierten Betrachtung des Intelligenz-Mindsets stellt sich damit eine annähernde Drittelung der Aufteilung in Growth, Mixed und *Fixed* Mindset ein (vgl. S. 196). Diese Aufspaltung wirft Fragen auf. So könnte hier angenommen werden, dass sowohl der Begriff der Intelligenz als auch der der Begabung ein Interpretationsspielraum lassen. Diese Aufspaltung könnte daher semantischen Ursprungs sein.

Auf der anderen Seite ist bekannt, dass Personen durchaus sehr widersprüchliche Überzeugungen gleichzeitig besitzen können – ohne dass ihnen das selbst unbedingt bewusst ist. In den Interviewstudien von Goldhorn (2017) zeigte sich wiederum, dass die Schülerinnen in diesem Zusammenhang zwar glaubten, Lernen verbessere die Leistung – „aber es gibt eine Grenze“ (Goldhorn, 2017, S. 45). Es zeigt sich an dieser Stelle daher ein Forschungsbedarf für die Zukunft, um die diskutierten Hypothesen weitergehend zu untersuchen.

Im Anschluss wurde die Methode der Diskriminanzanalyse genutzt, um zwei Ziele zu verfolgen. Das erste Ziel bestand in der Überprüfung der Güte der durchgeführten Clusteranalyse. Hierbei zeigt sich eine Vorhersage der Daten mit einer Genauigkeit von insgesamt 98,2 % durch die Anwendung der Diskriminanzfunktionen. Das Fixed Mindset hat dabei die niedrigste Trefferquote mit 94,8 %. Da jedoch kein Transfer zum Cluster des Growth Mindset stattfindet, werden die Diskriminanzfunktionen als geeignet eingeschätzt, um ein zweites Ziel zu erreichen: Diskriminanzfunktionen ermöglichen eine gefundene Clusteranalyse auch auf andere Datensätze zu übertragen. Im Abschnitt »Übertragung der Diskriminanzanalyse auf weitere Messungen«, S. 200 wurden vier weitere Messzeitpunkte – zwei davon mit anderen Kohorten – mit diesem Verfahren untersucht. Die Verteilung der Cluster in relativ stabilen Verhältnis-Korridoren (ca. ± 4–5 %) stellt somit ein weiteres Indiz zur Validierung der einzelnen Fragebogen-Messungen dar.

Im vorangegangenen Kapitel wurde ein Fragebogen als Testinstrument entwickelt, welcher zwei physikdomänenspezifische Überzeugungenskalen und eine allgemeine Intelligenzüberzeugungsskala (Mindset) misst. Unter Anwendung eines gestuften Verfahrens wurden diese Skalen unter statistischen und inhaltlichen Gesichtspunkten herausgearbeitet und für insgesamt fünf verschiedene Messungen validiert.

8.11 Längsschnittuntersuchung 2019 bis 2021

Nach der Entwicklung des Fragebogens (vgl. Abschnitt »Zusammenfassung der Validierung und Ausblick«, S. 203) bestand die ursprüngliche Zielsetzung darin, die Studienbeginnenden über den Verlauf von vier Semestern zu begleiten und mit drei Messungen im Längsschnitt zu untersuchen, um zum einen den Status Quo zu untersuchen und zu evaluieren, wie sich das Mindset ggf. im Verlauf der Semester natürlich, also ohne Einwirkung einer Intervention, verändert. Zum anderen sollte

überprüft werden, ob bzw. welche Zusammenhänge sich zwischen dem Studienabbruch bzw. -wechsel und dem erhobenen Mindset beobachten lassen.

Bereits zu Ende des ersten Semesters dieser Kohorte wurden jedoch die Maßnahmen zur Eindämmung der Ausbreitung von CoVid-19 umgesetzt. Damit verbunden waren starke Änderungen des Studienalltags.[80] Daher werden die vorliegenden Daten und Auswertungen zwar knapp vorgestellt, können jedoch allenfalls Hinweise auf mögliche Entwicklungen der lernförderlichen Einstellungen geben. Eine Verallgemeinerbarkeit der Ergebnisse muss daher in Frage gestellt werden.

Längsschnittliche Untersuchungen weisen darüber hinaus zumeist eine gewisse „experimentelle Mortalität“ auf (Döring und Bortz, 2016, S. 103). Das bedeutet, dass bei Messungen über einen längeren Zeitraum, aber auch durch die Erhöhung der Messzeitpunkte immer mehr Untersuchungspersonen ausfallen (ebd.). Dies wirkt sich negativ auf die interne Validität aus, da im vorliegenden Fall der Rückschluss auf einen Studienverbleib bzw. -abbruch damit verfälscht wird. Daher wurden für die Längsschnittuntersuchung drei Universitätsstandorte einbezogen: die Goethe Universität Frankfurt ($n_{T1-Ffm} = 73$), die Technische Universität Darmstadt ($n_{T1-Da} = 42$) und die Maximilian Universität Würzburg ($n_{T1-W\ddot{u}} = 63$).

Beginnend mit dem Studienstart im Wintersemester 2019 wurden die Kohorten von Bachelorstudierenden über vier Semester begleitet und zu drei Zeitpunkten mit dem selben Testinstrument befragt (vgl. Tabelle 8.35). Hierbei wurde den Studierenden der in dieser Arbeit weiterentwickelte Fragebogen jeweils in digitaler Form vorgelegt (vgl. Abschnitt »Aufbau des Fragebogens – Erläuterung grundlegender Entscheidungen«, S. 123).

	T1	**T2**	**T3**
Jahrgang	WiSe 2019/20	SoSe 2020	SoSe2021
Semester	1. Sem.	2. Sem	4. Sem
Anzahl	178	117	87

Tabelle 8.35.: Messzeitpunkte, Semester und Anzahl Studierende für die Erhebung im Längsschnitt

Für die Betrachtung der Entwicklung der Überzeugungen werden die Studierenden anhand ihres anonymen Codes gematched, wie bereits in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben (vgl. auch Abschnitt »Anonymer Code«, S. 126). Von

[80] Vgl. Abschnitt »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, S. 93; Fußnote Nr. 48, S. 182.

den 87 Personen, die im vierten Semester (B.Sc. Physik) den Fragebogen abgaben, konnten 47 Personen ($n_{Ffm} = 11; n_{Da} = 11; n_{W\ddot{u}} = 25$) eindeutig anhand ihres Codes über alle drei Messzeitpunkte zugeordnet werden.

Eine Berechnung zwischen dem ersten und dem zweiten Semester liefert nur für die Skala der Begabungsüberzeugung einen signifikanten Unterschied ($t(46) = -3,705; p = 0,001$).

Daher werden in einem nächsten Schritt die Messwerte vom ersten und vierten Semester verglichen. Für diese Anordnung ließen sich 80 Fragebogen mit Hilfe des Codes eindeutig matchen ($n_{Ffm} = 24; n_{Da} = 19; n_{W\ddot{u}} = 37$). Bei der Untersuchung mittels ANOVA[81] mit den beiden Messzeitpunkten (1. und 4. Semester) zeigen sich bei drei der sieben Skalen statistisch signifikante Interaktionen zwischen den Messzeitpunkten:

Vorliebe für Herausforderung (Hf):
$F(1, 46) = 9,397; p = 0,004$
Begabungsüberzeugung (MSB):
$F(1, 46) = 14,008; p = 0,001$
Fachspezifische Resilienz (FsR):
$F(1, 46) = 1025,947; p = 0,039$

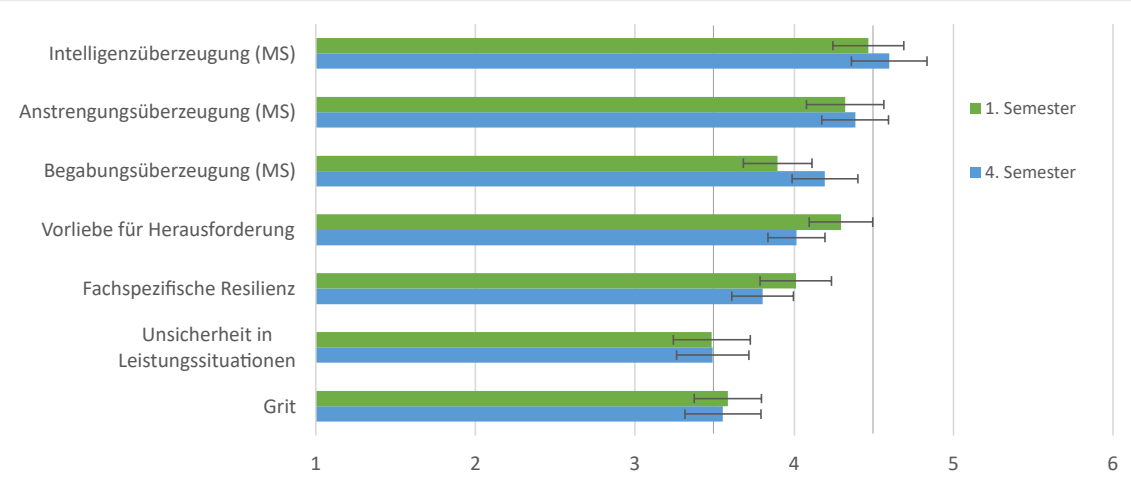


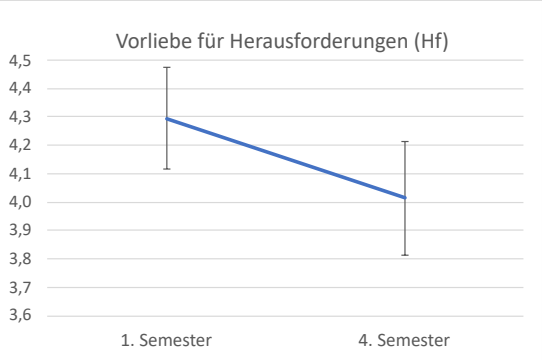
Abbildung 8.16.: Längsschnittuntersuchung erstes und viertes Semester – Skalen des großen Fragebogens

[81] Voraussetzungen: bezüglich der Normalverteilung verfügen alle Gruppen über ausreichend hohe Fallzahlen. Da die Innersubjektfaktoren genau zwei Stufen haben, beträgt ϵ somit eins und die Sphärizität ist damit anzunehmen.

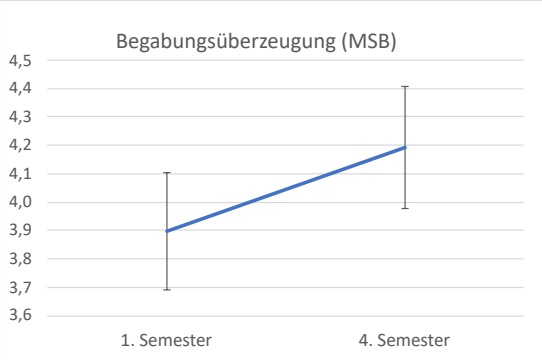
Die Post-hoc-Analyse mit gepaarten t-tests bestätigt zunächst die drei Skalen mit signifikanten p-Werten:

Vorliebe für Herausforderung:
$\bar{x}_{T1} = 4{,}29$; $\bar{x}_{T3} = 4{,}01$; $\Delta = -0,28$; t(79)= 3,38; $p = 0{,}001$
Begabungsüberzeugung:
$\bar{x}_{T1} = 3{,}90$; $\bar{x}_{T3} = 4{,}19$; $\Delta = 0{,}30$; t(79)= $-3,28$; $p = 0{,}002$
Fachspezifische Resilienz:
$\bar{x}_{T1} = 4{,}01$; $\bar{x}_{T3} = 3{,}80$; $\Delta = -0,21$; t(79)= 2,26; $p = 0{,}027$

Jedoch zeigt sich, dass der p-Wert für die Skala der fachspezifischen Resilienz in der Fehlerkorrektur sowohl über dem Wert der Bonferroni- (0,007) als der Holmes-Korrektur (0,01) liegt. Für die Entwicklung der Vorliebe für Herausforderung ergibt sich ein Änderung um $-0,28$ (vgl. Abbildung 8.17a). Für die Begabungsüberzeugung steigt der Mittelwert der Skala um ca. 0,3 (vgl. Abbildung 8.17b).



(a) Vorliebe für Herausforderung – Abfallen in lernhinderliche Richtung (unten)



(b) Begabungsüberzeugung – Anstieg in lernförderliche Richtung (oben)

Abbildung 8.17.: Entwicklung des Mittelwertes über vier Semester

Eine Interpretation der Ergebnisse bestünde darin, dass die Studierenden, die eher im Studium verbleiben, bzw. auch noch nach vier Semestern unter CoVid-19-Einschränkungen bereit sind, einen Fragebogen zum dritten Mal auszufüllen, eine Veränderung der Begabungsüberzeugung in lernförderliche Richtung erfahren; allerdings gleichzeitig ihre Vorliebe für Herausforderung in eine lernhinderliche Richtung absinkt.

Allgemein stellt der Faktor der Selbstselektion jedoch eine große Herausforderung für Feldstudien und die Interpretation der Ergebnisse dar – insbesondere in Längsschnittstudien (vgl. auch Döring und Bortz, 2016, S. 103). Unter den Monate bis Jahre an währenden CoVid-19-Maßnahmen erscheints es noch schwieriger, die Größenordnung dieses Effektes abzuschätzen. Der entwickelte Fragebogen zeigte sich

in den bisherigen Messungen in der Lage, Veränderungen in der Skala zur Vorliebe von Herausforderung und der Begabungsüberzeugung zu erfassen.

Mit der gegenläufigen Entwicklung zeigt sich auch mit dieser Untersuchung der Befund aus den vorangegangenen Kapiteln, dass die Herausforderungsitems nicht Bestandteil des fachspezifischen Mindset sind. Gleichzeitig bildet sich wiederum im Hinblick auf die Mindset-Skalen ausschließlich in der Begabungsüberzeugung und nicht mehr in der Anstrengungsüberzeugung oder Intelligenzüberzeugung eine signifikante Entwicklung ab. Für die Anstrengungsüberzeugung, die im ersten Semester noch hoch mit der Begabungsüberzeugung korreliert (vgl. Abschnitt »Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset«, S. 172), ist die leichte Veränderung ($\Delta \approx 0,1$) nicht als signifikant zu bestätigen. Dennoch deutet sich auch hier eine lernförderliche Entwicklungstendenz an. Hier sollten zukünftige Studien einen genaueren Blick darauf werfen – gerade in Bezug auf eine mögliche Veränderung des Verständnisses der verwendeten Begriffe für die Skalen. Als abstraktes Konzept kann der Begabungsbegriff selbst eine Transformation der Interpretation (von den Studiumsbeginnenden hin zu den Bachelor-Studierenden) durchlaufen – analog zum Intelligenzbegriff im Verlauf der Kindheit bis zum jungen Erwachsenen.

Teil III.

Entwicklung und Evaluation einer domänenspezifischen Mindset-Intervention als Online-Workshop

9. Entwicklung einer Mindset-Intervention

„Not only do social psychologists have well grounded theories about how to address social problems, they have methods to see if they are right.“

Timothy Wilson[1]

9.1 Mindset-Interventionen zum Studienbeginn

Zu Beginn dieser Arbeit wurde die bedenkliche Entwicklung in Bezug auf die rückläufigen Studierendenzahlen zum Beginn eines Physikstudiums und den gleichzeitig steigenden Abbruchquoten beschrieben.[2] Die Mindset-Forschung der letzten Jahrzehnte stellt einen möglichen Ansatz dar, dieser Problematik zu begegnen. So konnten Studien mit Lernenden immer wieder zeigen, dass Interventionen in diesem Bereich eine positive Wirkung auf die Leistung und Motivation der Lernenden hat.[3] Jedoch weisen die Autor:innen dieser Studien – sowie eine Reihe an Metastudien – darauf hin, dass bei allem Optimismus doch bestimmte Grundsätze und Voraussetzungen beachtet werden müssen. Dies betrifft vor allem die Anpassung an die Zielgruppe. Im Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung« (S. 68) wurde bereits besprochen, dass die positive Wirkung ohne eine solche Anpassung deutlich unter den Erwartungen liegt oder ganz ausbleibt.

9.1.1 Studienerfolg und Studienabbruch

Im Abschnitt »Relevanz des Themas« (S. 21 ff.) wurden bereits verschiedene Gründe für den Studienabbruch diskutiert. Dabei wurde der Komplex der Leistungsprobleme von einem überwiegenden Anteil von 84 % der Studienabbrechenden im MINT-Bereich genannt (Heublein et al., 2017, S. 28). Leistungsprobleme ordnen sich in den Bereich

[1] Wilson (2005, S. 192)
[2] Vgl. Abschnitt »Relevanz des Themas«, S. 21.
[3] Vgl. Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung«, S. 68.

der Studienzufriedenheit ein (Brandstätter et al., 2006, S. 126). Dabei zeigt sich allerdings, dass sich diese „nicht allein durch objektive Leistungsdaten bestimm[en lassen], sondern dass es letztlich auf die Interpretation der Leistungen ankommt“. Damit wird die Unzufriedenheit mit einem Studium nicht nur zur „Begleiterscheinung, sondern auch Ursache des Studienabbruchs.“ (ebd.).

Gerade die „hohen mathematischen Studienanforderungen an die Studierenden führen bereits im ersten Fachsemester zu einer hohen Ausprägung der Wahrnehmung der Gesamtbelastung“ (Albrecht, 2011, S. 87). Gleichzeitig sind die (Vor-) Leistungen in Mathematik wesentlich für den Erfolg im Physikstudium (Hazari et al., 2007, S. 862). So besitzen „Studierende mit niedrigen mathematischen Kenntnissen und Fähigkeiten zu Studienbeginn [...] eine erhöhte Abbruchwahrscheinlichkeit“ (Buschhüter et al., 2017, S. 140).

Es stellt sich zunächst die Frage, wie die Studienbeginnenden in Bezug auf ihre mathematischen und physikalischen Vorkenntnisse aufgestellt sind. Der Zusammenhang vom Erfolg im Studium mit der Vornote im Abitur bzw. der Hochschulzugangsberechtigung[4] ist allgemein bekannt (vgl. Trapmann et al., 2007). Darüber hinaus leisten die Vornoten in den Fächern Physik und Mathematik einen weiteren Aufklärungsbeitrag – über die zusammengefasste Abitur-Durchschnittsnote hinaus (Woitkowski, 2019, S. 111).

9.1.2 Exkurs Mathematikvorwissen

Die Abiturnote gilt als einer der besten (Einzel-)Prädiktoren für den Erfolg im Studium (Trapmann et al., 2007, S. 24; vgl. Sorge et al., 2016, S. 178). Für den Erfolg im Physikstudium zeigt sich jedoch die Mathematikvornote bzw. das mathematische Vorwissen als besonders relevant (Buschhüter et al., 2017, S.139). Daher wurde im entwickelten Fragebogen dieser Arbeit nicht nach der Abitur-Durchschnittsnote sondern nach den Vornoten in den beiden letzten Jahren der Oberstufe gefragt – in den Fächern Mathematik und Physik.[5] Leider zeigt sich bei Abfragen von Selbstangaben, die eine soziale Erwünschtheit besitzen, eine starke Tendenz von den Befragten ihre Ergebnisse in die *attraktivere* Richtung zu fälschen (Krammer und Pflanzl, 2015, S. 205 ff.).

[4] Im Weiteren wird der Begriff der Abitur-Note verwendet, da dies den Großteil der Hochschulzugangsberechtigungen darstellt. Damit sollen jedoch auch die anderen Formen eingeschlossen werden.

[5] Mit den Auswahlmöglichkeiten, welche Art von Kurs gewählt wurde:
– Physik inkl. der Auswahl „abgewählt“.
– Beide Kurse angepasst mit der Filterfrage für Bayern und die österreichische Matura.

Wie dargestellt, besitzen die Vornoten einen Einfluss auf den Studienabbruch. Daher wurde im Oktober 2019 (Wintersemester 2019/20) ein Mathematik-Vorwissenstest eingesetzt – parallel zum aufgebauten Fragebogen. Dieser Test von Buschhüter und Kolleg:innen basierte auf dem Studieneingangstest von Krause und Reiners-Logothetidou (1981) (Buschhüter et al., 2016, S. 61 ff.).[6] Der ursprüngliche Test umfasste sowohl einen mathematischen wie einen physikalischen Testteil. Das physikalische Fachwissen besitzt jedoch eine untergeordnete Rolle und geringere in der Aufklärung für Studienerfolg und -verbleib (Buschhüter et al., 2017, S. 139). Der Mathematik-Vorwissenstest allein besitzt zudem bereits eine Netto-Bearbeitungsdauer[7] von 45 Minuten. Daher wurde aus den genannten Gründen ausschließlich der Mathematik-Vorwissenstest eingesetzt. Als Anreiz wurde der Test den Studienbeginnenden als hilfreich[8] für die Feststellung der eigenen Leistungen und des Vorwissens dargestellt.

Die behandelten Themengebiete umfassten mit insgesamt 47 Fragen: Logik, Grenzwert, Bogenmaß und Trigonometrie, komplexe Zahlen, Gleichungen und Lineare Gleichungssysteme, Graphen, Vektoren, Differential- und Integralrechnung.

Auswertung des Mathematik-Vorwissenstests

Für den zusätzlichen Einsatz des Mathematik-Vorwissenstests konnte jeweils die Eingangsvorlesung „Experimentalphysik 1“ der Universitäten in Frankfurt und Würzburg gewonnen werden. Eine Verteilung der teilnehmenden Studierenden ist in Tabelle 9.1 aufgeführt.

	Frankfurt	**Würzburg**	**Gesamt**
weiblich	70	45	***115***
männlich	127	164	***291***
div./o.A.	0	1	***1***
	197	***209***	**406**

Tabelle 9.1.: Verteilung der Studierenden – Mathematik-Vorwissenstest

[6] Der eingesetzte Test dieser Arbeit wurde freundlicherweise von Herrn Dr. Buschhüter selbst hierfür zur Verfügung gestellt, samt Korrekturmanual – vgl. Buschhüter et al., 2016, S. 64.

[7] Netto-Bearbeitungsdauer bedeutet, dass zu den 45 Minuten noch die Zeit zusätzlich berücksichtigt werden muss, in der Studierenden den Test ausgeteilt und kurz erklärt bekommen. Zudem benötigt auch die Abgabe ggf. weitere Zeit, wenn nicht über die Ende der Veranstaltung hinaus gegangen wird.

[8] Als Ansporn (Incentivierung) diente die Aussicht, diese Rückmeldung spätestens im Januar 2020 zu erhalten.

Alle 406 Tests wurden von der Autorin der Arbeit selbst mit Hilfe des Manuals korrigiert. Im Anschluss konnten hiervon zunächst insgesamt n = 259 Tests mit den anonymen Codes der Fragebögen gematched werden (vgl. Abschnitt »Kopfteil«, S. 125). Für die Bestimmung des korrelativen Zusammenhangs wurden insgesamt vier Ausreißerwerte entfernt.[9] Diese sind in der Abbildung 9.1 »Erreichte Punktzahl in Prozent gegen Punkte in der Oberstufe« eingekreist dargestellt.[10]

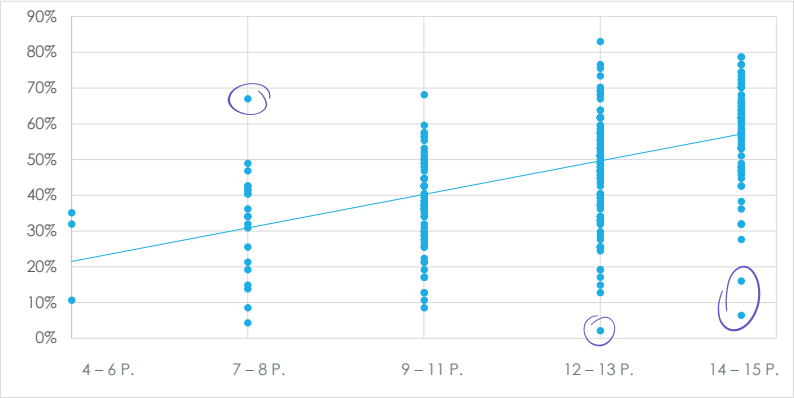


Abbildung 9.1.: Erreichte Punktzahl in Prozent gegen Punkte in der Oberstufe
Ausreißerwerte sind eingekreist dargestellt

Daher wurde die bivariate Pearson-Korrelation für 254 Studierende gebildet mit r=0,551 (p<0,001; r^2=0,304). Somit liegt für die beschriebene Stichprobe eine hoher Zusammenhang zwischen der Vornote in Mathematik und den Leistungen in dem beschriebenen Mathematik-Vorwissenstest vor (vgl. Cohen, 1988, S. 83). Damit können die Selbstangaben über die Vornoten als in den Grundzügen belastbar bestätigt werden, wenngleich erwartungsgemäß Abweichungen zwischen den Angaben und den eigentlichen Kompetenzen der Studierenden gefunden wurden.[11]

[9] Ein weiterer stellte sich als ein falscher Code-Match heraus und wurde daher erst gar nicht in die Graphik übernommen.

[10] Insbesondere bei den drei Ausreißerwerten im Bereich unter 10–20 % korrekt beantworteten Fragen ist anzunehmen, dass es sich hierbei um Personen handelte, die sich wenig motiviert fühlten, ohne Incentiv ihre volle Leistung zu erbringen.

[11] So werden auch in der Literatur für Noten grundsätzlich positive Zusammenhänge zwischen den Selbstangaben und der eigentlichen Vornote ermittelt (Sticca et al., 2017, S. 11). Diese weisen allgemein eine leicht positiv verzerrte Tendenz auf (ebd.). Diese darf für die vorliegenden Daten jedoch nicht direkt übertragen werden, da hier eine Testung durchgeführt wurde – ohne weitere Bedeutung für die Studierende.

9.1.3 Vorüberlegungen zum Einsatz einer Intervention

Das erklärte Ziel der Mindset-Intervention dieser Arbeit ist langfristig, einen positiven Beitrag zu leisten, um die *zu* hohen Abbruchquoten im Bereich des Physikstudiums zu reduzieren. Als Hauptursache für diesen konnten Leistungsprobleme der Studierenden identifiziert werden (vgl. Abschnitt »Studienerfolg und Studienabbruch«, S. 213). Nun stellen sich zwei grundsätzliche Fragen:

1. Wie sinnvoll ist es, *ungeeignete* Studierende im Studium zu halten?
2. Wie realistisch sind diese Leistungsprobleme?

Die erste Frage ist bewusst provokant formuliert und basiert auf der Rückfrage von Horst Schecker auf einen Vortrag der Autorin dieser Arbeit.[12] Daher wurde im vorangegangen Abschnitt gezeigt, dass die Selbstangabe der Studierenden durchaus ein realistisches Bild ihrer Leistungen zeigen.

Werden die 196 Physik-Bachelor-Studierenden zur Grundlage genommen, die im Wintersemester 2019/20 in der Vorlesung „Experimentalphysik 1“ getestet wurden[13], so zeigen sich für das Fach Mathematik eine durchschnittliche Vornote von 12,22 Punkten [σ=2,18] und für Physik etwas darüber im Schnitt 12,39 Punkte [σ=2,37]. Eine weitere Erhebung im WS 2021/22 an zehn deutschen und zwei österreichischen Hochschulen ergab für die selbe Stichproben-Spezifikation (n=242) eine Vornote von 12,04 Punkten [σ=2,60] im Durchschnitt für das Fach Mathematik und sogar von 12,62 Punkten [σ=2,35] für das Fach Physik. Damit wird mehr als 80 % aller Studienbeginnenden (B.Sc. Physik) eine gute bis sehr gute Eignung für den Studiengang durch ihre Schule attestiert – fast der Hälfte sogar eine sehr gute Eignung. Zudem gaben in der ersten Stichprobe 162 Studierende an, einen Leistungskurs bzw. ein wissenschaftspropädeutisches Seminar im Fach Mathematik besucht zu haben – was knapp Zweidrittel der Stichprobe entspricht.[14]

Auch wenn diese Zahlen nicht zwingend verallgemeinerbar sind, zeigen sie doch auf, über welche förmlich idealtypischen Voraussetzungen der Großteil der Studierenden verfügt. Auch wenn davon auszugehen ist, dass tendenziell leistungsschwächere Studierende das sprichwörtliche Handtuch werfen, können diese nur als Schwächere unter den Starken interpretiert werden und höchstens bei einem kleinen Teil dürfte tatsächlich von unzureichend vorbereitet auf das Physikstudium gesprochen werden.

[12] GDCP-Jahrestagung, Wien 2019.
[13] Lehramts- und Nebenfachstudierende wurden hierbei nicht berücksichtigt.
[14] Die Leistungskurswahl für Physik fällt mit 49,7 % geringer aus. Dies liegt jedoch sicherlich darin begründet, dass etwa die Hälfte ein bayerisches Abitur absolviert hatte und somit keine Leistungskurswahl möglich war.

Mit dieser Ausgangssituation erhält auch die Aussage von Brandstätter und Kolleg:innen (2006) ein anderes Gewicht: „dass der Studienabbruch nicht allein durch objektive Leistungsdaten (Test- und Schulleistungen, Persönlichkeitsmerkmale sowie Anzahl und Qualität der Prüfungen im ersten Semester) bestimmt ist, sondern dass es letztlich auf die Interpretation der Leistungen ankommt“ (Brandstätter et al., 2006, S. 126). Der Fall ist gerade für diejenigen Studierenden tief, die in der Schule noch zweifelsfrei zu den *Besten* ihres Kurses gehörten. Werden diese nun – zum vielleicht ersten Mal in ihrem Leben – mit Schwierigkeiten beim Erlernen des Stoffes konfrontiert, wirft dies unmittelbar eine Reihe von Fragen und ggf. Selbstzweifeln auf. Die Antworten, die sich eine Person gibt, entscheiden schließlich, ob die eigenen Leistungen auf der einen Seite für **noch** nicht gut genug oder eben auf der anderen Seite als vollständig ungeeignet für dieses Studienfach interpretiert werden. Somit ist eine Mindset-Intenvention nicht nur eine Möglichkeit, schwächere Studierende zu motivieren, ihre Lücken aufzuarbeiten. Vielmehr kann eine solche Intervention auch den ursprünglich Leistungsstarken beim Studienbeginn helfen, nahezu unausweichliche Rückschläge besser einzuordnen und die richtigen Rückschlüsse daraus zu ziehen.

9.2 Forschungsstand zu gelungenen Interventionen

Eine Mindset-Intervention vermittelt die Überzeugung, dass intellektuelle Fähigkeiten beeinflussbar sind – durch das Verhalten und die Tätigkeiten der Lernenden selbst.[15] Dabei gilt es nach der Schlussfolgerung von Yeager und Dweck (2020) drei Säulen aufzubauen, die als Grundpfeiler für Erfolg im (akademischen) Leben angesehen werden können: Anstrengung bzw. Anstrengungsbereitschaft, Unterstützung aufsuchen und geeignete Strategien verwenden bzw. zu diesen zu wechseln.

Obwohl in den letzten Jahrzehnten eine Vielzahl von Interventionen aufgebaut und durchgeführt wurden, gibt es nicht *die eine* oder gar standardisierte Intervention für das Mindset, die bei allen funktionieren würde (Hecht et al., 2021, S. 179; vgl. Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung«, S. 68).[16] Wie auch in den späteren Abschnitten weiter erläutert, stellt ein Zuschneiden des Interventionskonzeptes eine Grundfeste für den Erfolg dieser dar (Hecht et al., 2021, S. 182 ff.).

[15] Für diesen Abschnitt siehe auch Yeager und Dweck, 2020, S. 1277.

[16] Im deutschsprachigen Raum gab es nach Kenntnis der Autorin zum Zeitpunkt der Erstellung der eigenen Intervention für die vorliegende Arbeit nur eine weitere Mindset-Intervention. Diese richtete sich domänen-unspezifisch an Lehramtsstudierende aller Fächer und wurde in Vorlesungen zur pädagogischen Psychologie angeboten – E-Mail-Austausch mit Frau Dr. Helene Zeeb – 19.01.2021.

Die ausgiebige Forschung seit Beginn der 2000er-Jahre zeigt auf, wie wichtig eine Berücksichtigung der Zielgruppe im Aufbau von Interventionen ist. Und so zeigt sich, dass eine gestufte iterative Vorgehensweise schließlich auch die resultierenden Effekte beeinflusst. Das Konzept des „Mindset X Context“ baut hierbei in vier Stufen auf (Hecht et al., 2021, S. 181 angepasst nach Yeager und Dweck, 2020, S. 1279).

Dieser Aufbau kann im Sinne einer Schrittigkeit verstanden werden und greift ineinander. Das Growth-Mindset spielt in die verschiedenen Ebenen des Lernens hinein. Dabei setzt es bei den inneren psychologischen Mechanismen an und erhöht so die Bereitschaft für Arbeitseinsatz, Strategiewechsel und Unterstützung von anderen.[17] Bereits hierbei deutet sich ein gradueller Wechsel von inneren zu äußeren Prozessen an. Hecht und Kolleg:innen haben diesen schließlich in ein Stufenmodell überführt (Hecht et al., 2021):

1. Stufe: Mindset Intervention
2. Stufe: „Risiko“-Studierende
3. Stufe: Strukturelle Unterstützung
4. Stufe: Umgebung – unterstützendes Klima

Dieses zeigt die immer stärkere Bedeutung des Umfeldes für die Entwicklung und vor allem das Ausleben eines Growth-Mindsets auf. Darüber hinaus stellt es auch eine Hierarchie der Abläufe dar: Stufe eins muss sichergestellt werden, bevor Stufe zwei greifen kann usw. Somit besteht die erste Stufe der erfolgreichen Umsetzung einer Mindset-Intervention darin, wirklich das Mindset der Teilnehmenden in eine lernförderliche Richtung zu beeinflussen (ebd.).

Im zweiten Schritt muss eine Intervention zeigen, dass sie auch sogenannte Risiko-Studierende adressiert – also Studierende, die Minderheiten in ihrem Bereich darstellen (vgl. Hecht et al., 2021, S. 182). Es zeigt sich, dass gerade Erste-Generation-Studierende („First-Gen“) und Studierende mit Migrationshintergrund zusammen mit weiblichen Studierenden – Minderheiten im Physikstudium darstellen. So wird Physik (wie andere MINT-Studiengänge) manchmal polemisch als Wissenschaft der „alten weißen Männer“ bezeichnet. Auch wenn diese Darstellung zum Glück beginnt immer öfter von der Realität abzuweichen, zeigt sich dennoch ein gewisser „Default“ – eine Art Standardeinstellung – für eben diese Zielgruppe (Cheryan und Markus, 2020, S. 1022). Ein derartig gestaltetes Umfeld kann Minderheitengruppen ein wesentlich schwächeres Zugehörigkeitsgefühl signalisieren (Cheryan et al., 2017, S. 1). Dies

[17] „A growth mindset intervention teaches the idea that people's academic and intellectual abilities can be developed through actions they take (e.g., effort, changing strategies, and asking for help)“ (Yeager und Dweck, 2020, S. 1277).

wird zum Teil verstärkt durch den *Genie-Mythos* („brilliance belief"), der vielen MINT-Fächern zugrunde liegt (Deiglmayr et al., 2019, S. 2). So zeigt sich, dass eben genau diese Gruppen von Minderheiten von der Idee abgeschreckt werden, Erfolg im Studium hinge ausschließlich von der Begabung („raw, innate talent") dafür ab (Leslie et al., 2015, S. 262). Eine Mindset-Intervention hat hier daher das Potential, puffernd zu wirken, da ein Growth-Mindset als psychologische Ressource fungieren kann, welche eben jene Prozesse adressiert (Hecht et al., 2021, S. 182).

Die weiteren Schritte im Stufenmodell von Hecht et al. (2021) und Kolleg:innen beschreiben den Einbezug des Kontextes, welcher einen nicht zu vernachlässigenden Einfluss auf das Mindset hat – wie sich bereits im vorangegangenen Abschnitt andeutet. Mindset-Interventionen beeinflussen innere psychologische Prozesse. Wenn jedoch nach einer Intervention keine geeigneten Lerngelegenheiten zur Verfügung stehen, können diese dementsprechend erst gar nicht besser genutzt werden. Auch zeigt sich, wie stark die (Weiter-)Entwicklung eines Growth-Mindset davon abhängt, ob das Umfeld dies vom Verhalten zulässt: die Reaktion von Lehrenden kann hier entscheidend zu einer *Growth-Mindset Kultur* beitragen, in der Lernende durch bspw. die Möglichkeit für *dumme* Rückfragen[18] den Verlauf von Lehrveranstaltungen aktiv beeinflussen (vgl. Hecht et al., 2021, S. 183 ff.).

Um ggf. in zukünftiger Forschung diese Aspekte anzugehen, muss eine Mindset-Intervention jedoch zunächst zeigen, dass sie es überhaupt schafft, ein Mindset in eine lernförderliche Richtung zu beeinflussen. Daher konzentriert sich die folgende Arbeit auf den Aufbau des Prototyps einer deutschsprachigen Mindset-Intervention. Für diesen wird anschließend dargelegt, inwieweit er Stufe eins und zwei des beschriebenen Stufenmodells sicherstellen kann.

9.2.1 Geeigneter Zeitpunkt

Das Leben von Menschen teilt sich in verschiedene Biographie-Phasen auf (Garms-Homolová, 2020, S. 8). Dazu gehören auch die Schulzeit und ein mögliches Studium (vgl. S. 40). Gerade diese beiden Phasen prägen die Einstellungen und Überzeugungen von Personen zum Lernen. Die Übergänge zwischen ihnen stellen wiederum in sich für viele Menschen eine Herausforderung[19] dar: neues Umfeld, unbekannte Personen, neue Aufgaben u.v.m. Wie im Abschnitt »Überzeugungen«, S. 38 besprochen, liegt jedoch

[18] *Dumme* Rückfragen beschreiben hierbei die Art von Rückfragen, die ein *noch* mangelndes Verständnis offenlegen. Die Art, wie Lehrende darauf reagieren, kann maßgeblich beeinflussen, wie bzw. ob zukünftig weitere Rückfragen gestellt werden.

[19] Vgl. Yeager et al., 2022, S. 3.

in diesen Lebensumbrüchen auch die Chance, neue Impulse zu setzen. Kohärente Bedeutungssysteme, die bis zu diesem Zeitpunkt einen starken Änderungswiderstand mit sich gebracht hätten, sind in diesen Situationen ohnehin im Begriff, aufgebrochen und neu strukturiert werden zu müssen, um sich an die neuen Umstände anzupassen (vgl. Lohaus und Vierhaus, 2019, S. 41).

Aus diesem Grund zeigen sich gerade diese Transitphasen als geeignet für eine Mindset-Intervention. Im Augenblick des Strauchelns kann diese als Leuchtturm eine Orientierung geben – gerade zu Beginn eines neuen Studiums. Sie kann aufzeigen, dass ein gewisses Maß an Rückschlägen *normal* ist und aufzeigen, welche konstruktiven Möglichkeiten zur Verfügung stehen, um die bevorstehenden Herausforderungen erfolgreich zu meistern.

9.2.2 Geeignete Dauer

Im Abschnitt »Mindset-Interventions-Forschung«, S. 68 wurde bereits darüber gesprochen, dass sich Interventionen mit einer Dauer von *nur* 15 bis 60 Minuten als wirksam herausgestellt haben. Es zeigt sich sogar andersherum, dass sich kürzere Interventionen als wirksamer erwiesen haben (Stice et al., 2009, S. 12; vgl. auch Yeager et al., 2018, S. 113). Die Autor:innen vermuten, dass längere Interventionen unattraktiv sind und sich somit auch die Abbruchquoten deutlich erhöhen (ebd.).[20] Für die vorliegende Intervention wurde daher eine Dauer von 45 Minuten angesetzt – entsprechend einer klassischen schulischen Unterrichtsstunde.

9.2.3 Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung

Eine Intervention sucht innere Prozesse zu adressieren und eine Verhaltensänderung gezielt in die gewünschte Richtung herbeizuführen. Interventionen, denen dies präzise und empirisch belegbar gelingt, werden auch als „wise interventions“ bezeichnet (vgl. Walton, 2014, S. 73 ff.). Menschen sind jedoch gerade im Hinblick auf gelenkte Verhaltensänderung paradoxe Wesen: die meisten Personen entwickeln schnell Widerstände, wenn sie merken, dass sie verändert werden sollen (Dweck und Yeager, 2019, S. 488). Dies gilt insbesondere für Adoleszente in Kombination mit spürbarer Beeinflussung durch Erwachsene bzw. das System der Erwachsenen (ebd.). Demgegenüber steht, wie anfällig Menschen für Manipulationen sein können, wenn hierbei die grundlegenden

[20] Es gilt zu bedenken, dass diese Studien noch vor der CoVid-19-Pandemie liegen und damit vor allem in dieser Hinsicht vor der enormen Verbreitung von YouTube-Short-Videos und TikTok-Videos, bei denen diese Video-Streaming-Dienste in der Regel Inhalte mit einer Dauer von weit unter fünf Minuten als Standard anbieten.

Mechanismen der Psyche angesprochen werden.[21] Damit zeigt sich die Bedeutung für die durchdachte Wahl der Werkzeuge und Botschaften einer Intervention, da intuitive Versuche häufig das Gegenteil von dem erreichen, was sie ursprünglich beabsichtigt hatten. Dieser Aspekt soll exemplarisch an dem Beispiel von Interventionen gegen Alkoholmissbrauch verdeutlicht werden: Cialdini (2003) benennt Kampagnen, die betonen, wie alarmierend hoch die Quoten für den krankhaften Konsum von Alkohol sind und welche negativen Konsequenzen das für die Gesellschaft und die Individuen hat.[22] Gleichzeitig wird diese Abschreckung jedoch durch die normative Zugehörigkeitsbotschaft „***Many*** people *are* doing this.“[23] untergraben. So dass sich Personen tendenziell sogar in ihrem Verhalten bestätigt sehen – weil sie Teil einer größeren Gruppe sind. Wenn also Personen beeinflusst werden sollen, mit dem Ziel ihre Überzeugungen und abgeleiteten Handlungsweisen zu verändern, muss sich zwingend mit diesen psychologischen Grundlagen auseinandergesetzt werden – sonst kann wie gezeigt nur zu leicht aus gut nur *gut gemeint* werden.

Diesen Aspekt greifen daher auch verschiedene Autor:innen im Hinblick auf den Aufbau von Mindset-Interventionen auf: als einen ersten Punkt benennen Walton und Kolleg:innen 2011 einen indirekten Ansatz. In keiner von ihnen untersuchten Intervention wurde den Proband:innen offen gelegt, dass es sich um eben eine Intervention mit dem Ziel handelt, die Überzeugungen zu ändern (Walton und Yeager, 2011, S. 284). Stattdessen liegt der klassische Mindset-Ansatz darin, die Grundlagen der Neuroplastizität zu lehren und somit indirekt die Botschaft zu vermitteln, wie sich das Gehirn mit aktivem Lerneinsatz besser vernetzt (ebd.; vgl. auch Blackwell et al., 2007, S. 255). Diese Art der *getarnten* („stealthy“) Interventionen zeigen schließlich eine höhere Effektivität auf als offene Strategien („overt strategies“ – Walton und Yeager, 2011, S. 284).

Dieser Ansatz hat auch noch einen weiteren, nicht zu vernachlässigenden Grund: eine solche Vorgehensweise beugt einer Stigmatisierung[24] vor. Das bedeutet, dass eine direkte Adressierung dazu führen könnte, dass sich Studierende fragen, ob sie zu denen gehören, die eine Änderung nötig haben (vgl. Aguilar et al., 2014, S. 45). Daher wurde im aufgebauten Kurs von Möglichkeiten zum Verbessern von Leistungen

[21] So adressieren viele Werbungen – aber auch Propaganda – z.B. das Bedürfnis nach Gruppenzugehörigkeit oder auch das Erzeugen einer Mangelsituation (vgl. „Cialdinis six principles of influence“ (Guadagno et al., 2013, S. 51)).
[22] Für diesen Abschnitt vgl. Cialdini, 2003, S. 105 ff.
[23] Zu Deutsch etwa: ***Viele*** machen das *schon genauso*.
[24] Vgl. auch Fußnote Nr. 21 (Abschnitt 7.6.4, S. 118).

und Wohlbefinden gesprochen, allerdings nicht davon, wie das richtige Mindset Abbruchquoten und Scheitern im Sinne von Aufgeben des Studiums verhindern kann.

Werden Studierende drei Jahre nach ihrer Intervention gefragt, passiert jedoch etwas eher Verwunderliches: Trotz der belegten Wirksamkeit erinnert sich kaum jemand an den Inhalt der Intervention. Noch bemerkenswerter erscheint, dass ein Großteil der Studierenden sogar bestreitet, jemals an einer solchen einstündigen Intervention teilgenommen zu haben (Kenthirarajah und Walton, 2015, S. 7; Walton und Yeager, 2011, S. 285). Hierbei scheint ein weiterer psychologischer Effekt wirksam zu werden – der sogenannte Schläfer-Effekt („sleeper effect" – Kumkale und Albarracín, 2004, S. 143). Dieser besagt zum einen, dass der Einfluss von Beeinflussung („persuasion") sich über die Zeit erhöht. Zum anderen geht dieser damit einher, dass die Quelle der Information „dissoziiert" wird von der Botschaft (ebd.). Damit wird jedoch ermöglicht, dass eine Identifikation mit der Botschaft stattfindet, da sie nun als eigene Interpretation akzeptiert werden kann – im Gegensatz zu einer von außen herangetragenen *Manipulation*.[25] Dies zeigt sich auch darin, dass Wirkungen von Interventionen in Schulen dann geringer ausfielen, wenn Lehrkräfte im Anschluss an die Intervention immer wieder die Botschaft wiederholten (Walton und Yeager, 2011, S. 285). Es bleibt zu vermuten, dass hierbei eine Mischung aus Ablehnung einer Manipulation, wahrgenommene Stigmatisierung und ggf. Zweifel an der Glaubwürdigkeit der Lehrperson vorliegen (ebd.).

Dagegen zeigen kurze und *schnell vergessene* Interventionen langfristige Wirkungen. Es wird hier von einem rekursiven Prozess gesprochen: die Intervention wirkt besser, wenn sie immer weniger erinnert wird, weil Erfolgserlebnisse nach der Intervention somit stärker ursächlich sich selbst zugeschrieben und damit schließlich Teil der eigenen Identität werden können (vgl. Cohen und Sherman, 2014, S. 335).

Im Folgenden sollen daher die etablierten Ansätze besprochen werden, bei denen die Lernenden durch geschickte Anordnung von Informationen und Aufträgen in die Position gebracht werden, die neue Überzeugung selbst zu vertreten.

9.3 Struktur einer klassischen Mindset-Intervention

Über die Jahre hat sich eine Art Dreischritt für die klassischen Mindset-Interventionen herausgebildet (Dweck und Yeager, 2019, S. 487). In der Kombination haben sich diese als das Rückrat herausgestellt, das sich zu Beginn der 2000er-Jahre ausgebildet

[25] Vgl. zu diesem Abschnitt auch Cohen und Sherman, 2014.

und bis zu den aktuellen Interventionen Bestand hat (vgl. Aronson et al., 2002; Dweck und Yeager, 2019; Yeager et al., 2022).

1. Wissenschaftliche Informationen
2. Selbstberichte
3. Schreibübung – „Saying-is-Believing“

Diese sollen knapp einzeln dargestellt werden – zusammen mit den Mechanismen und Hintergründen ihrer Funktion.

Wissenschaftliche Informationen

Das erste Mal wurden wissenschaftliche Informationen im Jahr 1991 von Bergen[26] verwendet, um die Theorien zur Intelligenz der Studienteilnehmenden zu beeinflussen (vgl. Hong et al., 1999, S. 594). Diese wurden den Lernenden in Form von zwei „Psychology Today“-artigen Artikeln präsentiert.[27] Der eine beschreibt *wissenschaftlich überzeugend*, dass nur 2 % der Intelligenz über das Leben veränderbar sind und diente damit der Beeinflussung in Richtung eines Fixed Mindsets bzw. der Entitätsüberzeugung („entity beliefs“). Der zweite stellte dagegen dar, dass ca. 88 % durch die Umgebung und Förderung beeinflussbar sind – wodurch ein Growth Mindset bzw. eine inkrementelle Überzeugung („incremental beliefs“) induziert wurde. Dieser Ansatz wurde anschließend von Hong und Kolleg:innen (1999) aufgegriffen und wies signifikante Effekte in Bezug auf die erlernte Hilflosigkeit auf.[28] So zeigte die inkrementelle Gruppe lernförderlichere Werte auf als die Gruppe mit dem Text zu den Entitätsüberzeugungen. Die Schlussfolgerung der Autor:innen war, dass Personen zwar eine Präferenz für eine der Überzeugungen haben, jedoch beide als Denkmodi („modes of thoght“) vorhanden sind (Dweck et al., 1995b in Hong et al., 1999, S. 594). Dies wird untermauert durch die Feststellung einer Domänenspezifizität dieser (Dweck et al., 1995b, S. 281). Ein Individuum kann somit gleichzeitig glauben, dass bestimmte Eigenschaften fest und unveränderlich sind (z.B. Sprachtalent), andere aber mit Übung weiterentwickelt werden können (z.B. Musikalität). Durch die entsprechende (pseudo-)wissenschaftliche Information wird somit der eine oder andere Modus aktiviert.

Mindset-Interventionen bauen auf diesen Erkenntnissen auf und nutzen zudem seit 2002 die Analogie, dass die Verbindungen im Gehirn „stärker“ werden, wenn man mit Schwierigkeiten konfrontiert ist und diese überwindet – wie ein Muskel

[26] Bergen (1991) – unveröffentlichte Dissertation.
[27] Für diesen Abschnitt vgl. Hong et al., 1999, S. 594 ff.
[28] Vgl. Abschnitt »Erlernte Hilflosigkeit«, S. 46.

wächst, wenn man ihn trainiert („like a muscle“ – Yeager et al., 2022, S. 10; vgl. auch Aronson et al., 2002, S. 117). Wobei es sich im Forschungsprozess als am effektivsten herausstellte, den Lernenden ausschließlich die *unsichtbare* Growth Mindset-Botschaft zu vermitteln – anstatt auch noch zusätzlich ein Fixed Mindset zu adressieren (Dweck und Yeager, 2019, S. 489).

Damit machen sich Mindset-Interventionen zum einen den beschriebenen Tarnmodus („stealthy“) zunutze: die Beschreibung von Neuroplastizität und ansprechende Analogien werden genutzt, um die Mindset-Botschaft zu transportieren – ohne dass es hierbei nötig ist, dies konfrontativ zu tun (Dweck und Yeager, 2019, S. 487). Durch die – wirklich auf wissenschaftlichen Erkenntnissen basierenden – Informationen werden auch vorhandene Fehlvorstellungen zum Thema Intelligenz adressiert (Limeri et al., 2020a, S. 17). Somit nutzt dieser *Inputteil* zudem das Prinzip der Glaubwürdigkeit der Quellen (Hecht et al., 2021, S. 174). Eine Erwähnung der wissenschaftlichen Haltbarkeit oder exemplarischen Nennung von Forschungsmethoden (z.B. Zwillingsforschung u.a.) helfen den Teilnehmenden, die Botschaft weiter anzunehmen. Gerade die wissenschaftliche Neutralität hilft hier, die Informationen als nicht manipulativ *wahrzunehmen* und sie dennoch überzeugend zu gestalten (Limeri et al., 2020a, S. 17).

Selbstberichte

Auch der zweite Schritt baut auf der wahrgenommenen Authentizität der Quellen auf. Selbstberichte[29] von Lernenden der gleichen Peer-Gruppe[30] werden genutzt, um deskriptive soziale Normen zu setzen (Cialdini und Goldstein, 2004, S. 597). Soziale Normen können zum einen in Vorgaben bestehen, was richtig und falsch ist und auf moralischen Werten und ähnlichem basieren („injunctive norms“ – ebd.). Bei Adoleszenten sind insbesondere deskriptive soziale Normen von Bedeutung: diese werden in das typische Verhalten der Peer-Gruppe interpretiert, an der sich eine Person orientiert. Auf diese Weise können subtile Signale reichen, um einen Gruppenzwang („peer-pressure“) zu erzeugen (Nolen-Hoeksema et al., 2009, S. 666). Dies ist leicht an z.B. Kleidungsstilen von Jugendlichen Peer-Gruppen zu beobachten, aber auch leider wieder vermehrt an Verhaltensweisen, wie dem Rauchen von Zigaretten (Gali et al. (2022)).

[29] „testimonials from a credible source“ (Hecht et al., 2021, S. 184).

[30] Peers / Peer-Gruppe(n) beschreiben Personen, die ähnliche Eigenschaften aufweisen, wie Alter, Zugehörigkeit und Interessen (vgl. Romero et al., 2016, S. 374 ff.).

Umgesetzt werden diese durch Berichte von Lernenden, die schwierige Situationen beschreiben und wie sie diese mit Hilfe der richtigen Überzeugung und daraus resultierenden Handlungen bewältigten (vgl. Limeri et al., 2020a, S. 17). Damit wird einerseits das Gefühl des Zweifelns und das Vorhandensein von Rückschlägen normalisiert. Andererseits werden in den Berichten konkrete Wege aufgezeigt, wie diese überwunden wurden (Arbeitseinsatz, Strategien(-wechsel) und Unterstützung aufsuchen)(ebd.). Durch das Aufgreifen von verschiedenen Thematiken kann hier ein Portfolio für die Teilnehmenden, mit verschiedenen Möglichkeiten und Ebenen der Identifikation mit der jeweiligen Person und/oder der Problemstellung, entstehen.

Schreibübung – „saying-is-believing“

Bis hierher sollte recht deutlich angeklungen sein, dass Interventionen zwar sehr überzeugend sein sollten, aber gleichzeitig nicht als manipulativ wahrgenommen werden dürfen. Der letzte etablierte Schritt macht sich daher einen weiteren – beinahe perfiden – psychologischen Mechanismus zu nutze. Personen neigen dazu, sich mit einem Standpunkt, den sie bereits vertreten haben, zu identifizieren. Der Knackpunkt besteht darin, dass dies auch funktioniert, wenn die Person *nur so tun soll*, als wenn sie eine bestimmte Meinung vertritt – also den Advocatus diaboli spielt und ursprünglich keineswegs von der Idee bzw. dem Standpunkt angetan war (vgl. Jonas und Brodbeck, 2014, S. 203).

Der Begriff und das Konzept der „saying-is-believing“-Schreibübung geht dabei auf die Arbeiten von Aronson und Kolleg:innen (2002) zurück. Sie erstellten einen Schreibauftrag für die Lernenden: diese sollen einen ermutigenden Brief für eine:n Lernende:n mit einer Fixed Mindset Einstellung schreiben, die zukünftig in einer ähnlichen Lage sind, wie sie selbst gerade – z.B. die neuen Erstsemester-Studierenden im kommenden Jahr (Yeager und Dweck, 2020, S. 1277).

Die Effektivität dieser Übung wird auch auf weitere Ursachen zurückgeführt: Erstens wird das Material und damit die Botschaft aktiv durchdacht, was es schließlich auch besser zu erinnern macht.[31] Zweitens zeigen Studien in diesem Bereich, dass Lernende mehr von Botschaften profitieren, wenn sie selbst wiedergeben, warum diese Inhalte relevant sind – im Gegensatz dazu, dass ihnen die Relevanz nur von außen vorgegeben wird. Und drittens werden die Teilnehmenden gebeten, diese Ratschläge einer anderen Person zu geben. Sie fühlen sich also erneut eben nicht manipuliert bzw. gezwungen, diesen Standpunkt für sich selbst bereits übernehmen zu müssen.

[31] Für diesen Abschnitt vgl. Romero et al., 2016, S. 377.

9.3.1 Vermeidung eines falschen Growth Mindsets

Bei all den Beschreibungen der psychologischen Wirkmechanismen soll dennoch erwähnt werden, dass eine sozial psychologische Intervention keine Wunderpille ist („magic bullet“ – Walton und Yeager, 2011, S. 267). Auch wenn sich aus den bisher beschriebenen Schritten eine Art Grundgerüst für Mindset-Interventionen ergibt, bedeutet dies nicht, dass es eine standardisierte Vorgehensweise gibt, die immer und bei jeder Person greift ([not an] „one size fits all“ [solution] – Molden und Dweck, 2006, S. 192). Trotz der vielversprechenden Forschungslage in Bezug auf die Wirksamkeit der (Mindset-)Interventionen gilt zu beachten, dass insbesondere eine maßgeschneiderte Anpassung auf die Zielgruppe entscheidend für deren Erfolg ist (vgl. Romero et al., 2016; Hecht et al., 2021). Eine Intervention benötigt daher eine gute theoretische Fundierung und handwerkliche Umsetzung („well crafted“ – Dweck und Yeager, 2019, S. 1277).

Das bedeutet auch, dass das Grundgerüst nicht isoliert funktioniert. Vielmehr brauchen Lernende neben der Growth Mindset-Botschaft weitere Hinweise, wie sie dieses in die Praxis umsetzen können (ebd.). Ganz im Gegenteil kann das Ausbleiben von solchen Informationen ein falsches Growth Mindset herbeiführen (Dweck, 2019, S. 23). Überspitzt wird hierbei die Idee übernommen, dass jemand, wenn er/sie nur hart genug arbeitet, *alles* erreichen kann (ebd.). Hieraus entstehen gleich zwei große Problembereiche: erstens kann der alleinige Fokus auf Anstrengung auch zu „blame the victim“ führen (Levy et al., 2006, S. 97). Das bedeutet, dass einer Person(en-Gruppe) die alleinige Verantwortung für ihren Erfolg und somit auch die Schuld an ihrem Misserfolg gegeben wird – ohne die Voraussetzungen (Lern- und Kenntnisstand, Verfassung, zur Verfügung stehende Ressourcen u.a.) zu beachten. Zweitens ist ein hoher Arbeitseinsatz oft nur dann langfristig erfolgreich, wenn spätestens bei auftretenden Problemen auch Strategiewechsel oder Unterstützung von anderen erwogen und aufgesucht werden.

Damit wird deutlich, dass eine Intervention nicht nur isoliert die Mindset-Botschaft vermitteln sollte. Vielmehr muss diese sinnvoll und organisch eingebettet werden, so dass die Teilnehmenden im Anschluss ausgestattet sind mit sprichwörtlichem Handwerkszeug. Dieses sollte im vorliegenden Fall zugeschnitten sein, um die spezifischen Herausforderungen eines Studienbeginns im Bereich der Physik konstruktiv angehen zu können.

Zudem sind diese fachlich fundierten Vorüberlegungen noch nicht gleichzusetzen mit der Fähigkeit, auch einen ansprechenden Workshop zu gestalten, an dem Studierende

gerne (vollständig) teilnehmen und der sie zudem unterstützt, die verschiedenen Hürden zu nehmen, die mit dem Studienbeginn in Physik auf sie zukommen (vgl. Razzouk und Shute, 2012, S. 338 ff.). Daher soll im Folgenden der Entstehungsprozess und die eingesetzten Methoden des hier entwickelten Workshops kurz beleuchtet werden.

9.4 Design Thinking

Nach den vorangegangenen Beschreibungen wird deutlich, dass die Anforderungen mannigfaltig und extensiv sind, die an eine Mindset-Intervention gestellt werden können. Daher musste zunächst überlegt werden, wie eine solche Intervention umgesetzt werden könnte. Auch wenn von Anfang an klar war, welches Ziel verfolgt werden sollte, war damit noch lange nicht die Abfolge oder gar Zeitplanung festgelegt, in der dieses erreicht werden könnte. Daher wurde in einem ersten Schritt nach Möglichkeiten gesucht, ein solches Projekt aufzubauen und entsprechend zu strukturieren.

Wer sich mit dem Mindset beschäftigt, landet in diesem Zusammenhang recht schnell auch im Bereich der agilen Methoden[32] und des Design Thinkings – als mögliche Verfahren, ein solches Projekt und die zugehörigen Teilschritte zu organisieren und auszuarbeiten (vgl. Heller et al., 2020, S. 23).

Auch bei diesen Methoden greift der Grundgedanke des Growth-Mindsets: es ist immer möglich sich und das Produkt (in einem iterativen Prozess) weiterzuentwickeln. Design Thinking beschreibt in diesem Zusammenhang einen Ansatz für ein bestehendes Problem neue Lösungsansätze zu entwickeln (zu designen), die sich stets an den Bedürfnissen der Zielgruppe ausrichten. Wie für das agile Arbeiten gilt es, Feedback-Schleifen aufzubauen, um immer wieder das Produkt anzupassen und zu optimieren (Kusay-Merkle, 2021, S. 67). Dabei ist Design Thinking „kein Algorithmus, also eine genau definierte Handlungsvorschrift zur Lösung eines Problems [...] sondern eine Heuristik, die ganz bestimmte Verfahrensschritte vorgibt, die sich in der Praxis in einer bestimmen Abfolge als zweckmäßig erwiesen haben [...]“ (Plattner et al., 2009, S. 103 in Schallmo und Lang, 2020, S. 19).

Forschungsergebnisse und -produkte können per se keinen Anspruch auf Vollständigkeit oder gar Abgeschlossenheit erheben. Daher bestand von Anfang an der Ansatz dieser Arbeit darin, einen Prototyp einer deutschsprachigen Mindset-Intervention für

[32] Agil bzw. agile bedeutet, dass Projekte in kurzen Iterationszyklen umgesetzt werden und die zugehörige Projektplanung dabei immer wieder an die Ergebnisse der Evaluation dieser Zyklen angepasst wird (Kusay-Merkle, 2021, S. 33).

die Zielgruppe von Studienbeginnenden im Fach Physik aufzubauen, welcher getestet und unter Einbezug der Stakeholder bzw. Zielgruppe angepasst und weiterentwickelt werden kann.

9.4.1 Minimum Viable Product

Ein entscheidendes Konzept im Design Thinking – und insbesondere im Hinblick auf die Aufgabenstellung in diesem Abschnitt – ist das des Minimum Viable Product. Viable stammt aus dem Englischen und kann gleichzeitig mit funktionsfähig aber auch mit durchführbar übersetzt werden. Der Begriff Minimum Viable Product (MVP) „beschreibt die Version eines neuen Produktes, mit dem ein Maximum an Information und Feedback bei geringstmöglichem Aufwand ermöglicht wird." (Kusay-Merkle, 2021, S. 67).[33] Damit stellt das MVP einen idealen ersten Prototypen dar, da dieser *schnell* in die Testung gelangt und möglichst viele „Features" enthält, die Feedback-Möglichkeiten bereitstellen. Damit ist per Definition eigentlich auch nur ein MVP pro Produkt möglich – in der Praxis wird jedoch teilweise auch dieser Terminus bei weiteren Produktzyklen verwendet (ebd.).

9.4.2 Design-Based-Research

Der gesamte Zyklus einer Iterationsschleife besteht im Design Thinking aus sechs Teilschritten, die sich auf zwei Bereiche aufteilen: zum einen auf den Problemraum, der sich mit Verstehen, Beobachten und Sichtweisen Definieren beschäftigt (Heller et al., 2020, S. 21). Demgegenüber steht der Lösungsraum. In diesem geht es darum, Ideen zu finden, Prototypen zu entwickeln und diese zu testen. Ejersbo (2008) und Kolleg:innen haben diesen Ansatz in den wissenschaftlichen Kontext übertragen (Ejersbo und Magnusson (2008) in Lutz et al., 2021, S. 404). Dafür haben sie den Problemraum in den Forschungsraum überführt mit den Aspekten der Hypothese, Daten und Theorie. Diese werden durch den Produktentwicklungsraum ergänzt, in dem die Schritte des Designs, der Anpassung und der Prototypisierung durchlaufen werden. Anfangs- und Endpunkt ist die Problemstellung (ebd.). Damit werden zugleich verschiedene Prozessebenen durchlaufen: Abbildung 9.2 stellt dies schematisch dar.[34]

In der Forschung wird ein Design Thinking dieser Art häufig als Design-Based-Research aufgegriffen (Wilhelm und Hopf, 2014, S. 32 ff.). Bei diesem wird in einem Forschungsprojekt ein Produkt (z.B. Unterrichtsmaterialien) kreiert (Burde, 2018,

[33] Vgl. auch Kapitel 6, Ries (2011).
[34] Vgl. „Figure 1 'Osmotic Mode'" in Ejersbo und Magnusson, 2008, S. 5, Preprint.

S. 178). Der Prozess erfolgt dabei basierend auf theoretischen Erkenntnissen vorangegangener Forschung.[35] Nach dem Einsatz in einer Intervention werden aus den Ergebnissen weitere „Theorien abgeleitet“ und die gewonnenen neue Erkenntnisse können in einem Re-Design zur Weiterentwicklung des Produktes genutzt werden (Lutz et al., 2021, S. 404). Dabei ist es durchaus möglich, dass die anschließenden iterativen Schleifen erst in weiteren Projekten ggf. von anderen Forschenden aufgegriffen werden. So kann Forschung in Epochenzyklen über ganze Jahrzehnte hinweg entstehen (ebd.).

Entscheidend ist bei diesen Optimierungszyklen immer die Orientierung an der eigentlichen Zielsetzung und dabei kritisch zu hinterfragen, ob nach einer Rückkopplungsschleife dieses Ziel wirklich besser erreicht wurde als zuvor (Romero et al., 2016, S. 376).

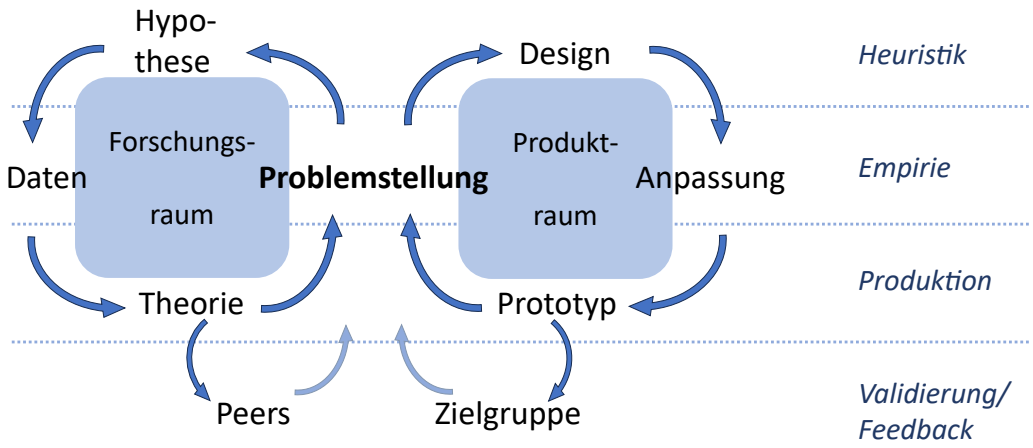


Abbildung 9.2.: Design Thinking im Design-Based-Research
angepasst nach Ejersbo und Magnusson, 2008

9.4.3 Berücksichtigung der Zielgruppe

Im Zentrum des Design Thinkings (DT) und dem Design-Based-Research stehen die Nutzenden. In der Literatur findet sich dies wieder in Begriffen wie human-/ people-/ customer oder user-centered-Approach (Meinel und Leifer, 2022, S. 227 ff.; Schallmo und Lang, 2020, S. 19; Beausoleil, 2022, S. 78). Im Weiteren soll der deutsche Begriff

[35] Haagen-Schützenhofer et al. (2024) kritisieren, dass in vielen Projekten, die sich einem Design-Based-Research verschrieben hatten, dennoch der Aspekt neues theoretisches Wissen zu generieren oft nur stiefkindlich behandelt wurde (Haagen-Schützenhöfer et al. (2024)). Auch in der vorliegenden Arbeit werden zwar Handlungsempfehlungen abgeleitet, jedoch keine weiteren neuen Theorien bspw. über mögliche Wirkmechanismen formuliert.

der Zielgruppenzentrierung verwendet werden. Wenn von Nutzenden die Rede ist, so gehören diese der Zielgruppe an.

Im Design Thinking kann dieser Ansatz bedeuten, Nutzende von Anfang an einzubinden, um bspw. in Interviews herauszufinden, welches Produkt ihnen vorschwebt. Henry Ford soll zu dieser Art von Vorgehen gesagt haben: „Hätte ich die Menschen gefragt, was sie wollen, hätten sie ›schnellere Pferde‹ gesagt." Auch wenn er es laut Faktencheck[36] nie selbst gesagt haben soll, illustriert es dennoch gut die Tendenz von Menschen, (nur) in bestehenden Systemen zu denken. Dies zeigt das Dilemma auf, das eine direkte Befragung von Nutzenden mit sich bringen kann: diesen ist häufig gar nicht bewusst, was sie wirklich brauchen bzw. dass mit der bewussten Beschreibung sogar eine Verzerrung der unbewussten Entscheidung entstehen kann (Jonas und Brodbeck, 2014, S. 145). Selbst etablierte Mindset-Forschende schreiben: „we did not ask students, ‚What would make you adopt a growth mindset?'" (Romero et al., 2016, S. 375). Allerdings beschreiben Romero und Kolleg:innen (2016) Nutzende wiederum als bestens in der Lage zu überprüfen, ob ihnen ein bereits existierendes Produkt zusagt (ebd.). Somit zeigt die Kreation eines ersten Prototypens eine der Möglichkeit auf, dem beschriebenen Dilemma zu entgehen, wenn im Anschluss die Meinungen der Nutzenden zu diesem erhoben werden. Im Design Thinking-Ansatz können diese Rückmeldungen wieder genutzt werden, um in einem iterativen Prozess Anpassungen vorzunehmen, in dem immer wieder die Zielgruppe in Rückkopplungsschleifen einbezogen wird.

Um sich der Zielgruppe zu nähern, braucht es auch in Ermangelung an direkter Befragung „[...] ein gemeinsames Verständnis bzgl. der Sichtweisen, Bedürfnisse, Emotionen und Ängste der Nutze[nden] im Hinblick auf die Fragestellung" (Heller et al., 2020, S. 22). Im Folgenden soll eine weitere Möglichkeit skizziert werden, um sich einem solchen Verständnis zu nähern: die Kreation von fiktiven Charakteren – den sogenannten Personas (Beausoleil, 2022, S. 76 ff.).

9.4.4 Personas

Auch wenn die individuellen Situationen stark variieren, lassen sich einige grundsätzliche Themen finden, mit denen insbesondere Personen konfrontiert sind, die mit dem Studienstart Schwierigkeiten haben (vgl. Romero et al., 2016, S. 376). Im konzeptuellen Modell des Design Thinkings werden daher zunächst die Bedürfnisse der Nutzenden definiert, die gleichzeitig in Wechselwirkung mit den Zielen dieser

[36] https://checkyourfact.com/2019/10/10/fact-check-henry-ford-quote-faster-horses/ – zuletzt abgerufen 11.06.2023.

Personengruppe stehen und schließlich mit den Anforderungen an das Produkt abgeglichen werden müssen (Maedche et al., 2019, S. 26). Eine Möglichkeit dies anzugehen, besteht in dem Erstellen von Personas (Beausoleil, 2022, S. 76 ff.). Diese bestehen aus fiktiven Charakteren, deren Eigenschaften im Hinblick auf die Problemstellung ausgeschärft werden. Hierbei kommen Methoden wie Brainstorming[37] zum Einsatz, um zunächst ergebnisoffen Ideen zu generieren (Meinel und Leifer, 2022, S. 275). Dabei sollen diese Charaktere auf der einen Seite durchaus etwas tiefergehend ausgearbeitet werden, um es möglichst einfach zu machen, sich in diese einzufühlen (vgl. „empathy Map" – Schallmo und Lang, 2020, S. 90 ff.; Meinel und Leifer, 2022, S. 91). Auf der anderen Seite ist hierbei entscheidend, die Personas im Hinblick auf die Problemstellung zu untersuchen. So ergibt es im Zusammenhang mit der vorliegenden Arbeit zwar Sinn, das Studierverhalten von möglichen Personas[38] näher zu betrachten – jedoch ist es nicht unbedingt ratsam, viel Zeit in das Erörtern von Kaufverhalten oder Lieblingsgerichten dieser zu investieren.

Nachdem Personas kreiert sind, gilt es die *individuellen* Problemfelder herauszuarbeiten und Lösungsansätze zu schaffen. Ein möglicher Ansatz für Lösungsideen besteht in der „Wie-könnten-wir"-Technik („How Might We" – Beausoleil, 2022, S. 78 ff.). Hierfür wird eine Aussage gebildet nach dem Schema: „Wie können wir die Personen der Zielgruppe (Personas) unterstützen (Verb), das Problem zu überwinden (Problemstellung)?" (ebd.). Auch wenn es wenig Sinn ergäbe, die Frage „Was würde Ihnen helfen ein Growth Mindset anzunehmen?"[39] den Studierenden direkt zu stellen, ist sie dennoch Dreh- und Angelpunkt der weiteren Ausgangsüberlegungen. Somit kann die Leitfrage zur Erstellung der Personas bzw. der Intervention in nur minimal angepasster Weise – wie folgt, formuliert werden: „Wie könnten wir den Studierenden helfen ein Growth Mindset anzunehmen?"

Studier- und Lernverhalten

Wenn es darum geht, Studienabbrüche (und -fachwechsel) zu verhindern – bei einer Zielgruppe, die sowohl die Voraussetzungen als auch das notwendige Interesse mitbringt, genommen werden. Auf der einen Seite stehen die externen Gelingensfaktoren dieses Erfolges: Eingangsvoraussetzungen, Studien- und Kontextbedingungen

[37] Brainstorming gehört zu den Kreativtechniken und macht sich bewusst eine divergente Vorgehensweise zu nutze, bei der eine oder mehrere Personen frei assoziativ Begriffe und Konzepte notieren, die sich um einen zentralen Gegenstand (bzw. ebenfalls Begriff / Konzept) drehen. Auch diese dürfen wieder Ausgangspunkt für weitere Assoziationen sein (vgl. Dobrigkeit et al., 2021, S. 332).
[38] Im Abschnitt »Personas und Diversität«, S. 276 werden die vier erstellten Personas vorgestellt.
[39] Vgl. vorangegangener Abschnitt S. 231.

(Blüthmann et al., 2008, S. 415). Diese haben wiederum Einfluss auf die internen Gelingensfaktoren – das Studier- und Lernverhalten der studierenden Person selbst (ebd.). Eine Intervention muss sich auf diese internalen Aspekte, nämlich die Verhaltensaspekte konzentrieren, da die anderen – mindestens im Rahmen einer kurzen Intervention – als unveränderlich eingestuft werden müssen. Hierbei gelten Lernaktivitäten, Lernstrategien und Zeitmanagment als die zentralen Komponenten des erfolgreichen Studier- und Lernverhaltens (Thiel et al., 2008, S. 4).[40] Studierende neigen jedoch teilweise dazu, Leistungsprobleme eher auf einen Mangel an Intelligenz und Begabung zu schieben als auf unzureichende Studienstrategien (– Murphy et al., 2018, S. 770).[41] Diese Tendenz zeigt sich umso ausgeprägter in den MINT-Kursen (Lin-Siegler et al., 2016, S. 295).

Werden jedoch die wirklichen kognitiven Fähigkeiten von Studierenden näher betrachtet, zeigt sich kein signifikanter Einfluss auf den Studienerfolg (Freyer, 2013, S. 155). Dies liegt größtenteils daran, dass hier ein Deckeneffekt vorliegt: „im Vergleich zur Gesamtbevölkerung“ liegt die Intelligenz von Studierenden allgemein über einem bestimmten Niveau (ebd.). Testungen in diesem Bereich können daher nur „innerhalb der Geeigneten noch einmal die relativ Besten von den relativ Schwächsten“ unterscheiden (Amelang, 1976, S. 267 in Freyer, 2013, S. 155). Damit bedeutet ein Studienabbruch eben den Verlust von sehr wohl geeigneten Studierenden in diesem Bereich. Hieraus ergibt sich die Notwendigkeit, dass neben der Einflussnahme auf die Überzeugungen der Studierenden eben auch Strategien vermittelt werden müssen, die von ihnen „‚direkt in das [Studier-]Verhalten übersetzt‘ werden können“ (Garms-Homolová, 2020, S. 7).

Die Bedeutung von Strategien für den Interventionsworkshop soll im Weiteren aus verschiedenen Perspektiven näher beleuchtet werden, da diese verschiedene Funktionen übernehmen:

- Motivation, am Kurs vollständig teilzunehmen.
- Grundsäule, um einem falschen Growth Mindset vorzubeugen.
- Vehikel, um die Mindset-Botschaft im Sinne der »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung« (Abschnitt 9.2.3, S. 221) zu transportieren.

[40] Jedoch stellt der erarbeitete Interventionsworkshop im Bereich der Betreuung und Unterstützung gleichzeitig ein externes Unterstützungsangebot dar, da er ebenfalls eine „Vermittlung von Lerntechniken und Lernstrategien“ vornimmt (Albrecht, 2011, S. 63; vgl. Abschnitt »Lernstrategien«, S. 237).

[41] Originalzitat: „The psychological problem at work here is the tendency for students to attribute failures to lack of intelligence rather than weaknesses in their study strategies“.

9.5 Aufbau des Interventionsworkshops

Im Folgenden sollen die Ergebnisse der beschriebenen Vorgehensweisen vorgestellt werden. Dabei kann kann aus den genannten Gründen nicht erschöpfend auf den Entstehungsprozess eingegangen werden. Dennoch sollen an den sinnvollen Stellen die Hintergründe der Entscheidungsfindung beleuchtet und ggf. begründet werden, warum mögliche Alternativen verworfen wurden.

Online-Workshop zu Lernstrategien

Eine zentrale Rolle bei den Überlegungen zur Ausgestaltung spielte der Anspruch, sich an *alle* zu richten, die an Mindset-Intervention teilnehmen. Damit soll die Leitfrage erneut modifiziert werden: „Wie könnten wir allen Studierenden helfen, ein Growth Mindset anzunehmen?“ Dabei ist das Ziel natürlich, insbesondere diejenigen Teilnehmenden positiv zu beeinflussen, deren (zukünftig mögliches) Straucheln im Physikstudium auf die negativen Folgen eines Fixed Mindsets zurückzuführen ist. Darüber hinaus sollten jedoch alle Studienbeginnenden am Ende das Gefühl haben, dass sie etwas für sich mitnehmen konnten. Auch wenn am Anfang noch nicht ausgeschärft war, wie der Kurs im Detail aussehen würde, war aufgrund der Pandemie-Bedingungen[42] klar, dass es auf einen Onlinekurs hinauslaufen würde. Ebenso waren keine Incentivierungen für die Teilnahme vorgesehen. Um alle Studierenden *bei der Stange* zu halten, musste der Kursinhalt daher so gewählt und aufgebaut sein, dass er eine lohnende Antwort auf die berechtigte Frage ›was bringt's mir?‹ seitens der Teilnehmenden liefert. Daher wurde während der Ausarbeitung deutlich, dass die Intervention ein Workshop zum Thema Lernstrategien für den Studienstart werden sollte. Damit wurden gleichzeitig verschiedene Kernaspekte adressiert:

1. Alle Studierenden können sich von dem Kurs angesprochen fühlen.
2. Die Mindset-Botschaft kann mit dem Inhalt verwoben werden, ohne direkt angesprochen werden zu müssen.
3. Die Mindset-Botschaft kann wirksam werden, da die Teilnehmenden *Handwerkszeug* gegeben erhalten, um diese auch in der Praxis umsetzen zu können.

Ansprechen aller Studierenden

Lernstrategien – insbesondere für abstrakte Inhalte – sind selten bis gar kein Gegenstand der schulischen Ausbildung. Wie im Abschnitt »Exkurs Mathematikvorwissen«,

[42] Vgl. Abschnitt »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, S. 93; Fußnote Nr. 48, S. 182.

S. 214 besprochen, kommt erschwerend hinzu, dass gerade die Zielkohorte den Einsatz dieser oft *erst gar nicht nötig* hatte. So zeigen Studien, dass gerade Lernende hoher kognitiver Kapazität in neuen herausfordernden Umgebungen Probleme haben können – eben weil sie bis dahin nicht auf den Einsatz von (Lern-)Strategien angewiesen waren und somit keine eigenen ausgefeilten Strategien aufbauen und anwenden mussten (vgl. Tibken et al., 2022, S. 120). Darum wurde dies im Einstiegsvideo auch genauso angesprochen: *Gerade weil dir Physik in der Schule so leicht gefallen ist, musstest du dir noch nie wirklich Lernstrategien aneignen.*[43] Damit richtet sich der Kurs an alle und gerade nicht – in ggf. stigmatisierender Weise – vordergründig an Personen, die sich unsicher fühlen und ungünstige Voraussetzungen mitbringen.

Die weiteren Überlegungen zum Aufbau der Videos werden großteils im Abschnitt »Art und Länge der Videos« weiter besprochen. Im Abschnitt »Lernstrategien«, S. 237 wird genauer beleuchtet, was schlechte bzw. gute Lernstrategien auszeichnet.

Eingewobene Mindset-Botschaft

Wie im Abschnitt »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung«, S. 221 dargestellt, zeigen sich Interventionen, die das Mindset nicht direkt ansprechen, als effektiver. Lernstrategien bieten einen hervorragenden Aufhänger, den klassischen Einstieg der bewährten Mindset-Interventionen aufzugreifen: Lernen und Neuroplastizität. Damit konnte sowohl dieser inhaltliche Aspekt als auch immer wieder ein Platzieren der Mindset-Botschaft organisch aufgegriffen werden – ohne dabei offen davon sprechen zu müssen.

Strategien für die Praxis

In den verschiedensten Artikeln zur Mindset-Interventionsforschung werden drei Säulen für (Lern-)Erfolg genannt: 1.) Anstrengung aufzubringen, 2.) Strategien anzuwenden und zu wechseln und 3.) Unterstützung aufzusuchen bzw. anzunehmen.[44]

Entscheidet sich eine Person für ein Physikstudium, tut sie das in der Regel, weil ihr das Fach in der Schule *gelegen* hat. Das bedeutet, sie war interessiert und die Leistungen lagen im guten bis sehr gutem Bereich – ohne dass der Arbeitsaufwand hierfür abschreckend hoch war. Nun davon zu sprechen, dass mehr harte Arbeit und Strategieeinsatz notwendig sind, widerspricht damit dem bisherigen Erleben.

[43] Paraphrasiert – für den originalen Wortlaut vgl. Abschnitt »Lernstrategien«, S. 369 im Anhang.

[44] Vgl. „The mindset intervention teaches the growth mindset belief that people's intellectual abilities are malleable and can be developed through hard work, good strategies, and help from others." Hecht et al. (2021, S. 176).

So zeigen sich bei vielen Schüler:innen Aussagen in der Art: *Physik kann man nicht lernen, Physik muss man verstehen.*[45] In den Interviews von Goldhorn (2017) und Gros (2017) finden sich immer wieder Formulierungen, die einen deutlichen Unterschied zwischen Auswendiglernen und Verstehen machen. Dennoch erscheint es, dass die Lücke dazwischen im schulischen Setting nicht mit geeigneten Strategien gefüllt wird (Dunlosky et al., 2013, S. 5 ff.). Karpicke (2009) und Kolleg:innen zeigen, dass Studienbeginnende überwiegend Lernstrategien nutzen, die ihnen das Gefühl geben zu lernen, aber der Lernertrag diese gleichzeitig eher als ungeeignet klassifiziert (Karpicke et al., 2009, S. 471).

Daher wurde die empirisch als am effektivsten kategorisierten Lerntechnik zur Grundlage genommen (vgl. Dunlosky, 2013; Willingham, 2009 – Abschnitt »Lernstrategien«). Um den Bezug zu der Zielgruppe hierbei aufrecht zu erhalten, wurden diese immer in Bezug auf das Lernen und Verstehen von abstrakten Inhalten bezogen. Die Ausrichtung an wissenschaftlich belegten Strategien unterstützt darüber hinaus den Aspekt der Glaubwürdigkeit („Credibility“ – Cialdini, 2003, S. 595).

Unterstützungsmaßnahmen

Als dritte Säule für (Lern-)Erfolg wurde im vorangegangenen Abschnitt Aufsuchen und Annehmen von Hilfe und Unterstützung genannt. Diese bestehen im Studium nach Thiel und Kolleg:innen (2008)[46] aus:

- Vermittlung von Lerntechniken und Strategien
- Vermittlung von Grundkompetenzen wissenschaftlichen Arbeitens
- Unterstützung bei Lern- und Arbeitsschwierigkeiten[47]

Bei genauerer Betrachtung zeigt sich allerdings, dass Absolvent:innen dabei häufiger an mathematischen Vorkursen[48] als auch an Kursen zu Techniken des wissenschaftlichen Arbeitens teilgenommen haben als die Abbrecher:innen (Heublein et al., 2017, S. 130–131).[49] Dies liegt zum Teil auch darin begründet, „dass die Nützlichkeit dieser

[45] Paraphrasiert nach den Interview-Zitaten von Gros, 2017, S. 41.
[46] Thiel et al., 2008, A33.
[47] Betreuung beim Abfassen von Hausarbeiten und Betreuung bei der Vorbereitung von Referaten / Präsentationen werden ebenfalls genannt, spielen jedoch in einem Physikstudium eine eher untergeordnete Rolle.
[48] Dies zeigt sich auch in der Nutzung von fachlichen Förderangeboten: so sind die Anzahl der teilnehmenden Studierenden an sogenannten Brückenkursen mancherorts „in den letzten Jahren sogar stetig gefallen“ (Herbold (2017)).
[49] Der Unterschied fällt zwar gering aus mit 30 % gegen 44 % (ebd.), jedoch muss zusätzlich bedacht werden, dass überforderte Studierende noch mehr davon profitieren könnten, was schließlich einen Abbruch bzw. Wechsel begünstigen kann.

Angebote von den Absolventen fast durchgängig besser eingeschätzt wird als von den Studienabbrechern“ (ebd.). Worin diese Nützlichkeit besteht, ist nicht weiter ausgeführt, jedoch decken sich die Befunde damit, dass Personen mit einem Fixed Mindset weniger Bereitschaft zeigen, solche Maßnahmen als für sich sinnvoll einzuschätzen und anzunehmen (Hong et al., 1999, S. 597). Damit zeigt sich die Bedeutung der Bereitschaft von Studierenden, diese vielfältigen Angebote, die Hochschulen anbieten, auch zu nutzen. Die Inhalte der Intervention wurden daher so aufgebaut, dass sie ein gewisses Maß an Lernstrategien vermitteln. Dabei wird jedoch auch immer wieder betont, Unterstützung aufzusuchen und Hilfe anzunehmen, was ebenfalls als eine Strategie eingeschätzt werden kann.

9.6 Lernstrategien

„Der Einsatz verschiedener Lernstrategien stellt den Kern des selbstregulierten Lernens dar“ (Wild und Möller, 2020, S. 47). Hierbei werden kognitive Lernstrategien als Primärstrategien beschrieben. Ergänzt werden diese durch sekundäre bzw. Stützstrategien wie metakognitive Strategien und ressourcenorientierte Lernstrategien.[50] Mit letzteren werden Ressourcen beschrieben, auf die eine lernende Person Zugriff hat und diese beeinflussen kann. Eine geeignete Lernumgebung, soziale Unterstützung oder auch das Vorhandensein von Zugriff auf Wissen (Bücher, Internet u.ä.) werden den externalen Ressourcen zugesprochen. Anstrengung, Aufmerksamkeit und Konzentration werden als internal beschrieben. Hier deutet sich bereits wieder die Unterscheidung zwischen nutzen *können* und nutzen *wollen*, der zur Verfügung stehenden Ressourcen an (vgl. Abschnitt »Konsequenzen für den Lernprozess«, S. 55).

Klassische Lernstrategien, die sich mit dem konkreten Lerninhalt auseinandersetzen, werden als kognitive Strategien bezeichnet. Dabei teilen sich diese in Oberflächen- und Tiefenstrategien ein (vgl. Willingham, 2013, S. 206). Oberflächenlernen kann grob als Faktenlernen zusammengefasst werden, während Tiefenstrategien für sich in Anspruch nehmen, Wissen zu vernetzen und somit Transferleistungen möglich zu machen (Willingham, 2009, S. 97 ff.). In den folgenden Abschnitten sollen einige konkrete Strategien besprochen werden, die sich auch in der empirischen Forschung als haltbar erwiesen haben.

Schließlich existieren noch metakognitive Strategien, mit denen Lernenden ihr eigenes Lernen überwachen. Sie zählen ebenfalls zu den sekundären Strategien.

[50] Vgl. für den gesamten Abschnitt auch Wild und Möller (2020, S. 47).

Dennoch sind sie von zentraler Bedeutung für einen effektiven Lernprozess und zugleich erweisen sich Menschen sehr anfällig für die sogenannten Illusionen des Lernens.

9.6.1 Illusionen des Lernens

Der Begriff der Illusion beschreibt den Versatz zwischen der Wahrnehmung der Realität und der objektiven Messung dieser. So kennen viele Menschen optische Illusionen, bei denen eine Abbildung z.B. größer aussieht oder dunkler, obwohl beide objektiv die selbe Länge oder Helligkeit besitzen (Pfister et al., 2017, S. 347).

Geht es um Lernstrategien, besitzen Menschen ebenfalls Illusionen – in diesem Fall die Wahrnehmung von der Effektivität einer Lernstrategie (Koriat und Bjork, 2006, S. 959 ff.). Auch hier hilft nur eine objektive Messung, um diese aufzudecken. Um kurz vorwegzugreifen: hierin besteht bereits eine der besten primären Lerntechniken – das Testen (vgl. Abschnitt »Abrufstrategie / Testen«, S. 244).

Sie stellt aber gleichzeitig eine als durchaus mühevoll eingestufte Strategie dar. Menschen (und die meisten anderen Lebewesen) haben die Tendenz, die Dinge zu wiederholen, die sich angenehm anfühlen und die Dinge zu meiden, die sich als unangenehm darstellen oder gar schmerzhaft (vgl. Becker-Carus und Wendt, 2017, S. 494). Bleiben die angenehmen Dinge ohne *unmittelbare* negative Folgen, werden diese in der Regel weiterverfolgt. Natürlich ist diese Beschreibung mehr als stark vereinfacht, wenn es um komplexes menschliches Verhalten geht. Der Kern behält jedoch in vielen Situationen seine Berechtigung. Und so zeigen sich eben genau jene Methoden als die beliebtesten, die sich im Lernprozess am besten anfühlen (Bjork et al., 2013, S. 429). Darüber hinaus werden von den Lernenden auch die Strategien als effektiver eingestuft, die von ihnen als angenehmer wahrgenommen werden. Währenddessen zeigt sich das Testergebnis genau umgekehrt (Karpicke und Blunt, 2011, S. 773).

Damit bekommt die Mindset-Botschaft, dass sich mehr Einsatz kombiniert mit den richtigen Strategien lohnt, auch eine Bedeutung auf der metakognitiven Ebene. Auch ohne Fixed Mindset scheuen Lernende im Allgemeinen die mühevollen Lerntechniken, wie dargelegt. Daher wurden in den Videos neben den Methoden der Lernstrategien auch die Illusion der Geläufigkeit („Illusion of Competence“ – Koriat und Bjork, 2005, S. 187) mit ihren *Fallstricken* für das Lernen vorgestellt.

9.6.2 Gute und schlechte Lernstrategien

Die Einteilung von guten und schlechten Lernstrategien basiert auf dem Lernertrag gemessen am gleichen Einsatz an Lernzeit. Umgekehrt kann eine Lernstrategie als geeigneter eingestuft werden, bei der ein geringerer Lernzeiteinsatz dasselbe Ergebnis zeitigt. Diese Umkehr ist nicht nur bloße Semantik: für (junge) Menschen macht es z.T. einen erheblichen Unterschied, wie viel Zeit ihnen über das Lernen hinaus für Freizeitaktivitäten – aber auch andere Verpflichtungen (Erwerbstätigkeit, familiäre Aufgaben u.ä.) zur Verfügung steht.

Dunlosky und Kolleg:innen (2013) haben in ihrer richtungsweisenden Metastudie zehn Lernstrategien detailliert beleuchtet. Die Hälfte der Techniken zeigen sich zwar sehr verbreitet und beliebt, wurden jedoch als ungeeignet eingestuft. Diese Einschätzung ergab sich vor allem, weil der Lernerfolg nur für wenig Lernstoff und kurze Behaltenszeiträume bestätigt werden konnte bzw. deutlich geringer, als für die anderen fünf (Dunlosky et al., 2013, S. 5). Damit wäre die Lernzeit wesentlich besser in die effektiven Lerntechniken investiert: Dies kann über die Zeit zu einem bedrohlichen kumulativen Effekt führen, da die Lernkurve flacher verläuft (Murayama et al., 2013, S. 11) und ab einem bestimmten Zeitraum der Abstand zu anderen Lernenden ggf. *unüberwindbar* erscheint.

Ungeeignete Lernstrategien sind demnach:

- Zusammenfassen
- Unterstreichen
- Mnemonik-Techniken für die wichtigen Begriffe
- Einsatz von Bildern für das Textlernen
- Wiederholtes Lesen

In der ersten Betrachtung fällt ins Auge, dass die genannten Techniken bei den Oberflächenstrategien anzusiedeln sind (vgl. Abschnitt »Lernstrategien«, S. 237). Demgegenüber stehen die anderen fünf Strategien, die als gut oder moderat geeignet eingestuft werden.

Geeignete Lernstrategien sind dagegen:

- Ausführliche Befragung
- Selbst-Erklärung
- Intervalllernen
- Gemischtes Lernen
- Testen / Abrufstrategie

Gerade leistungsschwächere Studierende neigen jedoch dazu, getrieben von Klausurterminen *auf den letzten Drücker* zu lernen (Hartwig und Dunlosky, 2012, S. 126). Daher sind sie in *Nachtschichten* auf Strategien, wie Massenlernen („massing“) angewiesen (ebd.). Auch Baldwin und Kolleg:innnen (2022) konnten für die Abschlussprüfung („SAT college entrance exam“) mit fast 20 000 Teilnehmenden zeigen, dass der Einsatz von den richtigen (metakognitiven) Strategien mit einer höheren Lernzeit einhergeht und somit mit einem besseren Lernergebnis im Zusammenhang steht (Baldwin et al., 2022, S. 10). Dabei stellen die richtigen Strategien einen Rahmen bereit, der die knappe Ressource der Willenskraft („willpower“) in wesentlich geringerem Maße aus- bzw. erschöpft (ebd.; vgl. Abschnitt »Funktionen von Überzeugungen«, S. 41). Daher sollte der Kurs keine Aneinanderreihung von guten Lerntechniken werden. Vielmehr sollten die Teilnehmenden ein Gesamtkonzept vorgestellt bekommen, welches viele Anknüpfungspunkte bietet, um direkt in den Studienalltag umgesetzt zu werden. Die fünf genannten Strategien wurden daher von der Autorin für den Kurs in das leicht erinnerbare Akronym ›AGIL‹[51] überführt.

- **A** Abrufstrategie,
- **G** Gemischtes und
- **I** Intervall-
- **L** Lernen

Unabhängig von der Methode benötigt Lernen im akademischen Sinn immer eine Form von gerichteter Aufmerksamkeit und aktiver Auseinandersetzung mit dem Lernstoff (vgl. Posner und Petersen, 1990 in Gruber, 2018, S. 67). Je größer die Mühe beim Abrufen, desto größer die Verarbeitungstiefe (Gruber, 2018, S. 68). Die Behaltensleistung zeigt sich somit eng mit dem nötigen Aufwand des Lernens gekoppelt (Larsen et al., 2013 in Brown et al., 2019, S. 118 ff.). Im Video ›Strategien‹ wurde das ›A‹ darum, wie folgt, ergänzt: → „*Solltest du dir nur einen Satz aus dieser ganzen Schulung merken, dann folgenden: Du kannst dein Wissen, deine Intelligenz und deine Fähigkeiten immer dann ausbauen, wenn du dich aktiv beim Lernen anstrengst.*“[52]

[51] Vgl. Rehberg et al., 2023, S. 360. Inspiriert wurde die Autorin durch verschiedene Videos zu dem Thema Lernen bei dem Streamingdienst ›youtube.com‹, die ebenfalls Akronyme verwendeten – jedoch allesamt auf Englisch. Bei der Erstellung der eigenen Videos fiel der Autorin unter anderem die Make-it-Stick-Methode in die Hände – vgl. Brown et al., 2019. Das Akronym zeigt hierbei zwei Ebenen: es weist in der Bedeutung die enge Verwandschaft zu aktiv auf. Gleichzeitig wird durch ›agil‹ der iterative Gedanke als Brücke zwischen Growth Mindset und Design Thinking aufgegriffen – vgl. S. 228.

[52] Zeitstempel Video ›Strategien‹: 00:14.

→ „*A könnte auch für Aktivität oder Anstrengungen stehen: Denn es ist so, je mehr sich dein Gehirn anstrengen muss, um eine Information wieder abzurufen, umso besser wird diese anschließend vernetzt.*“[53]

Dabei wurde bewusst ›A‹ für aktiv bzw. Anstrengung genommen als übergreifendes Konzept zwischen dem Lern-Trigger Aufmerksamkeit/Aktivität und der Mindset-Botschaft des „Effort-Beliefs“ (vgl. Abschnitte Abschnitt »Lernerfolg«, S. 48 und »Begriffsskizze des Mindsets nach Dweck«, S. 36). Hierbei bleibt jedoch anzumerken, dass es nicht Aktivität allein ist, die einen Lernertrag erzielt (Karpicke und Blunt, 2011, S. 774). Die effektivsten Lernstrategien fordern gleichzeitig etwas Mühe – um Verbindungen zu erkennen und herzustellen (Bjork et al., 2013, S. 439).

Ergänzt wurde der Strategieteil durch die *Feynman-Technik*, die ›ausführliche Befragung‹ und ›Selbst-Erklärung‹ in einem Gesamtkonzept integriert. Ihr wurde ein eigenes Video gewidmet (vgl. Abschnitt »Feynman-Technik«, S. 246 und Abschnitt »Video Feynman-Technik«, S. 267).

Sowohl das gemischte Lernen als auch das Intervalllernen wurden als allgemein moderat effektiv für Lernerfolg eingestuft (Dunlosky et al., 2013, S. 5). Jedoch wurden beide gleichzeitig als vielversprechend im richtigen Setting bewertet (ebd.). Insbesondere für die beschriebene Problematik von (leistungsschwachen) Studierenden, die sich den Lernstoff in einer einzelnen Nachtschicht versuchen einzuverleiben, können diese beiden Methoden Alternativen darstellen.

9.6.3 Intervalllernen

Intervalllernen („distributed practise“ bzw. „spaced retrieval“) beschreibt ein zeitlich versetztes Lernen (Karpicke und Bauernschmidt, 2011, S. 1250). Damit steht es im Gegensatz zum Massenlernen („massed practice“), bei dem in einer einzelnen – häufig stundenlangen – Lerneinheit versucht wird, sich den Lernstoff einzuprägen.

Allgemein zeigen sich beim verteilten Lernen deutlich höhere Lernerträge, als wenn derselbe Stoff in einer Sitzung in Dauerschleife wiederholt wird. Geschieht dies zudem über einen längeren Zeitraum verteilt, verdoppelt sich die Behaltensleistung sogar gegenüber dem beschriebenen Massenlernen (Karpicke und Bauernschmidt, 2011, S. 1255). Selbst als eher ungeeignete eingestufte Lerntechniken wie das ›wiederholte Lesen‹ zeigen deutlichen Lernzuwachs, wenn die Wiederholungen über einen längeren Zeitraum verteilt erfolgen anstelle von *Blocklernen* an einem Stück (Dunlosky et al., 2013, S. 29).

[53] Zeitstempel Video ›Strategien‹: 01:16.

Ein längerer Zeitraum kann hierbei von einigen Minuten, über Stunden hinzu Tagen, Wochen oder Monaten gehen. Hierbei verweisen Studien darauf, dass eine Verlängerung dieses zeitlichen Intervalls bis zum Wiederabruf hilft, das Gelernte auch noch Jahre später wieder erinnern zu können. Dabei geht die Länge des Lernintervalls mit der gewünschten Behaltensdauer Hand in Hand (Cepeda et al., 2008, S. 1101). Soll ein Inhalt auch noch nach mehreren Jahren erinnert werden, so sollten Intervalle von mehreren Monaten eingeplant werden (ebd.).[54] Dies erklärt auch die Diskrepanz zwischen einem unmittelbaren Beherrschen des Lernstoffs nach intensivem Lernen am Block und der Behaltensleistung nach einem gewissen Zeitraum.[55]

Auch wenn die absoluten Abstände für gut geeignete Lernintervalle nicht exakt benannt werden können, zeigen sich größere, zeitlich weiter auseinanderliegende Zeiträume besser geeignet als zu kurze. Hier scheint der Effekt der erstrebenswerten Schwierigkeit zu greifen (Bjork und Bjork, 2011, S. 56). Das bedeutet, dass das Erinnern einer Information immer dann ein erneutes und vor allem verstärktes Abspeichern begünstigt, wenn dieses mit Schwierigkeit beim Abrufen verbunden ist. Der ideale Zeitpunkt für eine erneute Lernsitzung wäre somit der Zeitpunkt des einsetzenden Vergessens.

9.6.4 Gemischtes Lernen

In der Schule ist es üblich verschiedenste Disziplinen nebeneinanderher zu lernen. Aber selbst in einem *reinen* Physikstudium ist es für die Studierenden immer noch notwendig, unterschiedliche Lerninhalte aufzunehmen und das Lernen dementsprechend zu strukturieren: klassischerweise gehören Vorlesungen in Mathematik, theoretischer und angewandter Physik zusammen mit Praktika und den Veranstaltungen möglicher Nebenfächer. Daher stellt sich auch hier die Frage, wie diese verschiedenen Anforderungen am besten für das Lernen organisiert werden können. Gewöhnlich nehmen sich Lernende ein Thema vor und arbeiten dieses vollständig durch, bevor sie zum nächsten weitergehen (vgl. „blocking study“ – Dunlosky et al., 2013, S. 40). Gemischtes Lernen („interleaving practise“) bedeutet dagegen einen Wechsel von Lerninhalt und Kontext. Anstatt ein Arbeitsblatt der theoretischen Physik vollständig zu bearbeiten, bevor die Aufgaben für das Nebenfachpraktikum in Chemie

[54] „[. . .] study of a single topic being confined within a given week of a course. The current results indicate that this compression of learning into a too-short period is likely to produce misleadingly high levels of immediate mastery that will not survive the passage of substantial periods of time (as some researchers have long surmised; see, e.g., Bahrick, 2005; Dempster, 1988; and Schmidt & Bjork, 1992).“ in Cepeda et al., 2008, S. 1101.

[55] Diese Form von Lernen wird daher von den Lernenden auch u.a. als Bullemie-Lernen bezeichnet.

begonnen werden, könnte sich eine Physik- mit einer Chemie-Aufgabe abwechseln. Ergänzend könnten neue Inhalte der Mathematikvorlesung einmal vormittags in der Bibliothek und dann nachmittags im Café durchgearbeitet werden. Dadurch werden sowohl Inhalte als auch Kontextbedingungen unterschiedlich miteinander verschränkt.

Lernende schätzen dieses Vorgehen jedoch in der Regel als weniger effektiv ein (vgl. Abschnitt »Illusionen des Lernens«, S. 238). Der Grund könnte darin liegen, dass gemischtes Lernen während der Übungsphase wirklich mit einer niedrigeren Leistung einhergeht – ca. 90 % bei der „Block"-Gruppe versus ca. 60 % bei der „Interleaving"-Gruppe. Werden die Inhalte jedoch in anschließenden Tests abgefragt, steigert sich die Performanz für die „Interleaving"-Gruppe wiederum etwa auf das Dreifache von unter 20 auf über 60 %, bei gleichzeitiger Steigerung der Genauigkeit[56] (ebd.).

Eine mögliche Erklärung für diese Leistungssteigerung ist der damit einhergehende Zeitversatz des Lernens (vgl. vorangegangener Abschnitt), der gewissermaßen zwangsläufig daraus resultiert. Darüber hinaus ist allerdings auch ein Effekt auf die Verarbeitungstiefe festzustellen: werden ähnliche Probleme hintereinander betrachtet, so können die gleichen Schemata extrahiert und angewendet werden. Wechseln die Probleme jedoch, ist die Notwendigkeit gegeben, über jedes Problem aktiv nachzudenken (Dunlosky et al., 2013, S. 41).[57] Damit erhöht diese Methode die Wahrscheinlichkeit Strukturen einer höheren Ordnung zu erkennen – also genau das, was das Ziel eines (Physik-) Studiums ist (Bjork et al., 2013, S. 433; vgl. Chi et al., 1981, S. 149 ff.).

Ein weiterer Vorteil besteht – neben der besseren Transferleistung – in der verallgemeinerten Zugänglichkeit. Lernstoff wird vom Gehirn kontextbezogen gelernt (Gruber, 2018, S. 86). Um dies zu illustrieren, dienen Experimente mit Tauchenden als anschauliches Beispiel. Hierfür sollen die Taucher:innen Inhalte lernen – einmal an Land und einmal unter Wasser. Wird nun der Abruf sowohl an Land als auch unter Wasser getestet, zeigt sich die Behaltensleistung für den jeweils am Lernort erworbenen Inhalt als überlegen: Was unter Wasser gelernt wurde, kann auch dort besser erinnert werden und umgekehrt. Es zeigt sich ein klassisches „x-förmiges Ergebnismuster" (ebd.). Dies funktioniert ebenfalls mit Stimmungen, Gerüchen und

[56] „[. . .] that interleaved practice boosted accuracy by 43 %." – Dunlosky et al., 2013, S. 40.

[57] Es scheint, dass hierbei die weitere unbewusste Verarbeitung eine entscheidende Rolle spielt. Insbesondere ausreichend Schlaf scheint in diesem Zusammenhang von Bedeutung (Gruber, 2018, S. 76 ff.).

sogar mit Alkoholeinfluss.[58] Da im schulischen Setting Lernen und Leisten häufig in denselben oder sehr gleichartigen Orten geschieht, ist dieser Effekt den Lernenden häufig nicht sehr präsent. Gleichzeitig kennen fast alle das Gefühl, *etwas gestern zu Hause noch gewusst zu haben*, aber in der Testsituation war es nicht mehr zugänglich.

Auch wenn Kontextänderung hier einen Beitrag leisten kann, gibt es natürlich noch eine Reihe anderer Erklärungen für diese teilweise als *Black-Out* beschriebenen Situationen. Denn allgemein benötigt es eben nicht nur den Wissenserwerb selbst, sondern ebenso das Anlegen starker und vielfältiger Erinnerungs-Hinweise („retrieval cues"), um es in den gewünschten Situationen auch abrufen zu können. Die beste Strategie um „retrieval cues" zu schaffen und zu festigen, stellt das Abrufen selbst dar – wie im folgenden Abschnitt erläutert werden soll.

9.6.5 Abrufstrategie / Testen

Das Nutzen der simpelsten Form der Abrufstrategie kennen die meisten aus dem Kontext Vokabel-Lernen oder den sicheren Erwerb des kleinen *Einmaleins*. In der Literatur werden in der Regel die Begriffe „retrieval practise" oder umgangssprachlicher „(self-)testing" verwendet (Rowland, 2014). Retrieval kommt aus der Gedächtnisforschung und bedeutet Abrufen bzw. Wiederauffinden (Gruber, 2018, S. 63). Der Prozess des Lernens wird allgemein in drei Phasen aufgeteilt, von denen der Wissensabruf den letzten Schritt darstellt: 1. Einspeichern („encoding"), 2. Konsolidierung („retention") und 3. Abrufen („retrieval") (ebd.). Ein Hinweis-Reiz („retrieval cue") aktiviert beim Abrufen die Wissens-Rekonstruktion.[59]

Lange galt das Abrufen als neutral für den Lernprozess selbst (Karpicke und Blunt, 2011, S. 772). Und so hält sich landläufig die Meinung, dass es beim Lernen nur darum geht etwas *in unseren Kopf hineinbekommen zu müssen*. Dabei zeigt sich, dass den Stoff regelmäßig *herauszuholen* sogar einen größeren Beitrag leisten kann als das Einspeichern selbst. So dass ein Abrufen wiederum zu einer weiteren Konsolidierung führt und die Erinnerung somit verändert oder festigt (Nunes und Karpicke, 2015, S. 2).

Hierin zeigen sich jedoch gleich zwei kontra-intuitive Ansätze: Wenn ich als lernende Person etwas behalten möchte, muss ich es ebenso abrufen, statt mich nur auf das Abspeichern zu konzentrieren. Und wenn ich Schwierigkeiten dabei habe, ist das ein Hinweis auf gutes Lernen. Erschwerend kommt hinzu, dass die Technik eher

[58] Da Personen unter Alkoholeinfluss allgemein schlechtere kognitive Leistungen erbringen, ist der Kontexteinfluss hierbei jedoch deutlich schwächer ausgeprägt.
[59] Vgl. Gruber, 2018, S. 7; Karpicke und Blunt, 2011, S. 772.

bekannt ist für das Lernen von Faktenwissen. Daher ist es berechtigt anzunehmen, dass Studierende gewisse Ressentiments dieser Technik gegenüber besitzen, da eine Anwendung auf das Studienfach Physik nicht unmittelbar ersichtlich ist.

Dennoch zeigen Studien, dass Abrufstrategien sogar bessere Lernergebnisse aufweisen als der Einsatz elaborierter Techniken, wie das Concept-Mapping – selbst wenn es eben um konzeptuelles Lernen geht (Karpicke und Blunt, 2011, S. 773). Zudem beruht ein Transferprozess ebenso wie Kreativität darauf, bestehende Konzepte und Wissen auf neue Kontexte anzuwenden oder neu zu arrangieren (vgl. Willingham, 2009, S. 28 ff.). Die Betonung liegt in diesem Zusammenhang auf bestehendem Wissen. Lernende unterschätzen häufig die Bedeutung von Vorwissen für den Erwerb und das Verständnis von Neuem und sogar Denken selbst.

Daher wurde in der Handreichung[60] der Grundgedanke des „Chunking“ aufgegriffen (Gruber, 2018, S. 33; Myers, 2014, S. 334). Diese Theorie beschreibt, dass Menschen Wissen in Konzepten speichern können inklusive der Bedeutung der einzelnen Komponenten. Dieser Umstand lässt sich mit der Erkenntnis kombinieren, dass Menschen ca. 7 ± 2 Speicherplätze („chunks“) im Arbeitsgedächtnis besitzen (Miller (1956) in Gruber, 2018, S. 23). Im Beispiel der Handreichung wurde aufgezeigt, dass sich die Gedächtnisleistung als erheblich besser *darstellt*, wenn eine Person nur zwei Chunks benötigt um sich die Buchstabenfolge ARD ZDF zu merken – anstelle von sechs für A R D Z D F. Einer ausländischen Person, der die beiden ersten deutschen Fernsehsender nicht bekannt sind, müsste jedoch immernoch diese Anzahl an sechs Chunks aufbringen. Entscheidend ist hier, wenn zu viele Informationen gleichzeitig präsentiert werden, ohne dass die lernende Person durch Vorwissen chunken kann, wird diese Person den Erklärungen bald nicht mehr folgen kann – trotz aller Bemühungen. Dabei ist es egal, ob es sich um banale Buchstaben, meisterhafte Schachsettings oder eben physikalische Problemstellungen handelt. Die Fähigkeit mit den Informationen zu jonglieren, macht erst ein Nachdenken aus verschiedenen Perspektiven möglich.

Daher erschien es für den Workshop notwendig, die Abrufstrategie zusammen mit den anderen Lernstrategien aufzugreifen. Um die besprochenen Vorbehalte zu adressieren, wurden diese in einen größeren Rahmen gestellt – mit der Feynman-Technik.

[60] Vgl. Handreichung S. 15 – Anhang S. 413

9.6.6 Feynman-Technik

Vorne weg muss gesagt werden, dass die Feynman-Technik auf der einen Seite *groß nach etwas klingt*, sich jedoch auf der anderen Seite zeigt, dass die Studienlage hierzu im besten Fall als dürftig beschrieben werden kann. Es scheint sogar bei genauerer Recherche, als wäre Feynman selbst keineswegs der Urheber dieser Technik. Vielmehr deutet sich an, dass die Feynman-Technik in dieser Bezeichnung erst im Jahr 2011 aus der Taufe gehoben worden ist.[61] Warum die Wahl schließlich dennoch darauf fiel, diese in das Workshop-Portfolio aufzunehmen, soll hier skizziert werden.

Exkurs: Entstehung der Feynman-Technik

Richard Feynman wurde im Jahr 1965 mit dem Nobelpreis[62] für Physik im Bereich der Quanten-Elektrodynamik ausgezeichnet. Er gilt als schillernde Person[63] und ist durch seine Feynman-Lectures, aber auch eine Reihe populärwissenschaftlicher Bücher bekannt im Bereich der Physik, aber auch darüber hinaus. So wird er als Person sogar in Folgen der bekannten Serie ›Big Bang Theorie‹ mit ganzen Folgen (z.B. Episode 9.03 – „Feynmans Van“) thematisiert.

Wer bei der Suchmaschine ›Google.com‹ nach Videos mit den Schlagwörtern ›Feynman Technique‹ sucht erhält gut 75.000 Ergebnisse.[64] Daher ist es nicht verwunderlich, dass allein die Suche nach Videos mit den Begriffen Lerntechnik und Studium auf dem Video-Streaming-Kanal ›Youtube.com‹ entweder bereits beim ersten Mal und spätestens anschließend im Feed Videos mit der Feynman-Technik anbietet.

Die Kombination aus Nobelpreis-Physiker, beliebt und bereits verknüpft mit dem Thema Lernen, machte es daher lohnenswert, sich diese Technik genauer anzusehen. Nach einer Sichtung der Videos zeigt sich die Feynman-Technik als ein vierschrittiges Vorgehen. Die Universität von Colorado Boulder[65] fasst diese wie folgt zusammen:

[61] Scott H. Young las offenbar für die Erstellung seines Buches ›Ultralearning‹ eines über Richard Feynman (Genius: The Life and Science of Richard Feynman, Pantheon Book – 1992 (0679747044)). Hieraus leitete er die im Jahr 2011 vier Schritte ab, die sich darauf hin als die bekannte Feynman-Technik etablierten. Vgl. https://www.scotthyoung.com/blog/2011/09/01/learn-faster/ und https://www.youtube.com/watch?v=FrNqSLPaZLc – beide zuletzt abgerufen 05.08.2023.

[62] Vgl. https://www.nobelprize.org/prizes/physics/1965/feynman/facts/ – zuletzt abgerufen 05.08.2023.

[63] Wer sich selbst über die etwas exzentrische Figur einen Eindruck machen will, der braucht sich weniger als zwei Minuten lang den Bongo-Song „Orange-Juice“ im Internet anzuschauen (Muller, 2008, S. 87), z.B. unter https://www.youtube.com/watch?v=_atnQ2Nq750&themeRefresh=1 – zuletzt abgerufen 18.02.2024.

[64] Google-Suche – zuletzt 05.08.2023: Auf deutsch werden über 6.000 Treffer für Videos gefunden.

[65] https://www.colorado.edu/artssciences-advising/resource-library/life-skills/the-feynman-technique-in-academic-coaching – zuletzt abgerufen 30.07.2023.

1) Lerne das Material 2) Erkläre das Gelernte 3) Fülle Lücken 4) Vereinfache die Erklärungen.

Der Aspekt mit der Vereinfachung der Erklärung wird hierbei häufig mit einem Zitat vermeintlich von Einstein unterlegt, welches die Bedeutung davon betont, komplexe Dinge erst dann verstanden zu haben, wenn man sie einfach erklären könne. Weder kann das Zitat in dieser Form belegt[66] werden, noch dass Feynman die Notwendigkeit festgestellt haben soll, Dinge stark vereinfacht erklären zu müssen – so dass es ein Kind verstehen könnte. Ganz im Gegenteil stellt Richard Feynman in einem Interview fest, dass derselbe Verständnisrahmen („framework“) vorhanden sein muss, damit eine Erklärung sinnvoll angenommen werden kann.[67] Wenige Minuten später erklärt er im selben Interview, dass es bestimmte physikalische Sachverhalte gibt, die mit nichts verglichen werden können, was dem Laien aus dem Alltäglichen vertraut ist. Würden Analogien aus der vertrauten Umwelt genommen werden, so würde schließlich ein Bärendienst erwiesen werden („cheaten“). Im Weiteren erklärt er:

„If you're a student [...] I could tell you that the magnetic forces are related to the electrical forces very intimately that the relationship between the gravity forces and electrical forces remains unknown and so on, but I really can't do a good job – any job – of explaining magnetic force in terms of something else that you're more familiar with because I don't understand it in terms of anything else that you're more familiar with.“[68]

Auch in der gesichteten Literatur wurde nicht ersichtlich, dass eine starke Vereinfachung von Erklärungen einen Lernerfolg mit sich bringen könnte. Daher wurde dieser Aspekt für die Version der Feynman-Technik im Workshop angepasst.

Die angepasste Feynman-Technik im Workshop

Trotz all der berichteten Schwierigkeiten bei der Recherche um die wissenschaftlichen Quellen bietet die Feynman-Technik viel Potential, die bisherigen Lernstrategien in einem größeren Zusammenhang zu verankern. Zudem schafft sie über den Namen

[66] Vermutlich basiert es im Ursprung auf der folgenden Aussage: „It can scarcely be denied that the supreme goal of all theory is to make the irreducible basic elements as simple and as few as possible without having to surrender the adequate representation of a single datum of experience.“ – often quoted as 'Everything should be made as simple as possible, but not simpler', 'On the Method of Theoretical Physics', lecture delivered at Oxford, 10 June 1933; https://www.oxfordreference.com/display/10.1093/acref/9780191843730.001.0001/q-oro-ed5-00003988?rskey=2owUGz&result=1201 – zuletzt abgerufen 02.01.2024.

[67] https://youtu.be/36GT2zI8lVA – 01:41 – zuletzt abgerufen 05.08.2023.

[68] Ebd. – 06:18 – zuletzt abgerufen 05.08.2023.

Glaubwürdigkeit[69] und Akzeptanz: Ein Nobel-Laureat der Physik, der zudem über Popularität verfügt, liefert den entsprechenden Rahmen, um bestehende Vorbehalte seitens der Studierenden auszuräumen oder zumindest abzumildern. Da die Feynman-Technik, wie gezeigt, mehr oder weniger frei erfunden ist – erschien es angemessen, diese nach den beschriebenen lerntheoretischen Grundlagen für die vorliegenden Bedarfe anzupassen. Somit stellt die neue angepasste Feynman-Technik eine gute Möglichkeit dar, den Bogen zu schlagen, um Sinnzusammenhänge des Inhaltes zu erstellen.

Das Ziel des Lernens im Physikstudium kann nur bedingt aus dem Wissen von Fakten und Formeln bestehen. Auch wenn diese absolut notwendige Grundlagen für einen Transfer darstellen[70], so geht es doch um die Entwicklung eines Verständnisses der vernetzten Wirkmechanismen und Zusammenhänge (Bjork et al., 2013, S. 420). Insbesondere für Transferleistung im Bereich von abstrakten Problemen erweisen sich Selbst-Erklärungen („self-explanation“) als deutlich überlegene Strategie, selbst wenn diese in Retrospektive erfolgt (Dunlosky et al., 2013, S. 11).

Dabei sollten die Studierenden immer wieder motiviert werden, diese hierbei mit ausführlicher Befragung zu ergänzen (vgl. „elaborative interrogation“ – Dunlosky et al., 2013, S. 8 ff.). Gerade die Kombination von Erklärungen mit den richtigen (z.B. Warum-)Fragen fördern die Verarbeitungstiefe und somit das Lernen (ebd.). In der Handreichung wurde den Studierenden eine Liste aufgezeigt mit „[m]öglichen Fragen an einen Inhalt“, als Orientierung.[71]

Der angepasste Feynman-Zyklus wurde den Studierenden sowohl im Video als auch in der Handreichung wie folgt dargestellt. Dabei wurde ein 0. Schritt eingefügt: „Erarbeite Dir ein neues Thema.“ Denn das Thema sollte für einen ersten Erklärungszyklus mindestens in den Grundzügen verstanden worden sein, da Vorwissen ein entscheidender Moderator für die Wirksamkeit von elaborativer Interrogation darstellt (Dunlosky et al., 2013, S. 9).[72] Hierfür wurde auf die AGIL-Strategien verwiesen (vgl. »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 239). Der angepasste Feynman-Zyklus, der im »Video Feynman-Technik« verwendet wird, besteht aus vier Schritten:

1. Erkläre das Thema komplett.
2. Notiere deine Wissenslücken.

[69] Vgl. Cialdini und Goldstein (2004) – Abschnitt »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung«, S. 221.
[70] Vgl. Willingham, 2009, S. 46 ff.
[71] Vgl. Handreichung S. 5 – Anhang S. 403.
[72] Dennoch zeigt sich die elaborative Interrogation auch bei geringem Vorwissen immer noch als überlegen gegenüber der Strategie des wiederholten Lesens (ebd.).

3. Arbeite fehlendes Wissen auf.
4. Wiederhole den Feynman-Zyklus von vorne.

Für die Erklärung des Themas wird empfohlen dies mit einer anderen Person zu machen, die anschließend auch Rückmeldung geben kann. Sollte das nicht möglich sein, kann es als Selbst-Erklärung aufgebaut werden. Aktuelle Smartphones und PCs erlauben, einen Audiomitschnitt mit kostenfreien Tools zu transkribieren, die häufig bereits vorinstalliert sind.

Die eigenen Wissenslücken fallen oft erst auf, während in vollständigen Sätzen erklärt wird. Diese Aufgabe nur im Denken zu lösen, führt daher häufig zum Übersehen von Unstimmigkeiten und Lücken. Dieser Teil könnte somit auch (notfalls) schriftlich gelöst werden. Der Unterschied zu der ineffizienten Technik des Zusammenfassens besteht darin, die Inhalte aus dem Gedächtnis zu reproduzieren – also als Abruftechnik umzusetzen (vgl. Handreichung S. 9 – Anhang S. 407). Damit greift die angepasste Feynman-Technik bis zu diesem Punkt schon drei der fünf effektiven Lernstrategien auf.

Der dritte Punkt des angepassten Feynman-Zyklus ist an sich selbsterklärend. In der Handreichung wurden hierfür dennoch Tipps hinterlegt, vor allem für eine Situation, an der man nicht weiterkommt. Für diesen Punkt wird zunächst die Recherche-Strategie „Back-Link“ vorgestellt.[73] Das bedeutet, dass ein Konzept am Ende nur noch mit Begriffen erklärt wird, die verstanden wurden. Tauchen unbekannte Konzepte und Begriffe auf, so müssen diese zunächst nach diesem Prinzip erklärt werden. Dieses Vorgehen kann erfolgreich sein, insbesondere wenn die Wissenslücken und die Anzahl an notwendigen Back-Links nicht zu groß sind. Sollte dies doch der Fall sein, wird zusätzlich die Strategie des Unterstützung-Aufsuchens aufgegriffen.[74] Auch hierfür werden Tipps für mögliche Fragen an die Lehrenden gegeben. Dieser Aspekt wird zudem in der Handreichung unter dem Punkt „Frag' nach“ aufgegriffen (vgl. Handreichung S. 9 – Anhang S. 407). An dieser Stelle wird neben den eigenen Vorteilen auch das Gegenteil der Erwartungshaltung zu *dummen* Fragen thematisiert: →„*Außerdem profitieren häufig alle Beteiligten von Fragen, wenn dadurch Dinge besser erklärt oder in einer Diskussion vertieft werden. Kennst du nicht auch dieses Gefühl der Erleichterung, wenn jemand die Frage ausspricht, die du dir auch schon die ganze Zeit gestellt hast*?” (ebd.).

Schließlich greift der vierte Punkt der Technik den iterativen Gedanken auf. Dieser repräsentiert zum einen den inkrementellen Ansatz des Growth Mindsets. Dies

[73] Vgl. Handreichung S. 9 – Anhang S. 407.
[74] Vgl. Abschnitt »Strategien für die Praxis«, S. 235.

wird im Video ›Feynman-Technik‹ auch noch etwas später im Hinblick auf das Sich-Vergleichen aufgegriffen: →„*Wenn du dich vergleichst, findest du fast immer jemanden, der oder die in bestimmten Bereichen geübter ist oder andersherum mehr Lücken hat als du. Auch hier zeigt sich, dass wir falsch einschätzen, wie weit sich unser Potential entfalten lässt. Wir betrachten häufig nur, wo wir gerade jetzt stehen. Aber nicht, was wir mit der Zeit, mit Motivation und etwas Durchhaltekraft erreichen können.*“[75]

Zum anderen werden hiermit das zeitlich versetzte Lernen und die Möglichkeit zum gemischten Lernen aufgegriffen. So wird die Empfehlung ausgesprochen, den neuen Zyklus erst „mit etwas zeitlichem Abstand [zu beginnen], also mindestens eine Nacht gut drüber [zu] schlafen“.

Die Lerninhalte auf diese Weise durchzuarbeiten, verbindet daher in einem sinnstiftenden Prozess eine vertiefte Verarbeitung sowie die Vernetzung der Lerninhalte (Gruber, 2018, S. 69).

9.6.7 Weitere Faktoren für den Lernerfolg

Im erstellten Workshop wird den Teilnehmenden ein Angebot an verschiedenen Lerntechniken präsentiert. Im Folgenden sollen noch knapp drei weitere Aspekte dargestellt werden, die ebenfalls Eingang in den Inhalt der Videos gefunden haben:

1) Metakognition und strategisches Mindset:

Die ausgewählten Lernstrategien eignen sich zwar gut für den Einsatz im Studium. Dennoch können diese nur bedingt algorithmisch eingesetzt werden. Vielmehr gewinnt die Strategie der Offenheit für Strategiewechsel selbst an Bedeutung – insbesondere im Angesicht von Herausforderung und stagnierendem Fortschritt. Diese Haltung wird von Chen und Kolleg:innnen (2020) auch als domänenübergreifendes strategisches Mindset bezeichnet („strategic Mindset“ – Chen et al., 2020, S. 14066). Erreicht wird dieses durch den Einsatz geeigneter Fragen – z.B. „*Was kann ich tun, um mir hieraus zu helfen? Wie könnte das noch besser funktionieren?*“ usw. Damit stellen sich Personen selbst als Forschende auf, um ihr Vorgehen aus der metakognitiven Perspektive zu betrachten und bei Bedarf anzupassen (ebd.). Im Video ›Best Practises‹ wird dies über das Konzept der *wissenschaftlichen Neugierde* sich selbst gegenüber aufgegriffen:

[75] Zeitstempel Video ›Feynman-Technik‹: 01:48.

→„*Am besten erlaubst du dir selbst eine Art wissenschaftliche Neugierde und fragst dich regelmäßig, was für dich gerade gut funktioniert.*“[76]

Diese Vorgehensweise greift damit zudem auch den Aspekt der Eigenverantwortung wieder auf (vgl. Abschnitt »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung«, S. 221): Interventionen zeitigen dann den größten Erfolg, wenn sie eben nicht *von oben herab* vorgeben, was gut ist. Vielmehr kann sich das Bedürfnis des Menschen nach Autonomie[77] in seinem Sinne zunutze gemacht werden, wenn dieser als selbstständig und kompetent behandelt wird und somit allein entscheiden kann, was für ihn situativ das Beste ist.[78]

2) Lernen und die Bedeutung von Fehlern:

In dem bisher Dargestellten, wird auf der einen Seite deutlich, wie wichtig die Steuerung des eigenen Lernens ist. Auf der anderen Seite zeigt sich, dass das weit entfernt von einfach ist.[79] Dafür ist es notwendig, die grundlegenden Prozesse zu verstehen. Gleichzeitig ist es unabdingbar sich bewusst zu machen, dass die eigene Intuition in Bezug auf Lernen häufig ein mieser Ratgeber ist.[80]

Zwar können Fehler nicht direkt in den Bereich der Lern-Illusionen verortet werden, gehören jedoch zu den Konzepten, denen im Bereich des Lernens (und vermutlich Lebens) eine Reihe von Missverständnissen anhaften. Klassischerweise gehören Fehler zu den Dingen, die Lernende (*unter allen Umständen*) vermeiden wollen. Dabei unterscheiden sie in der Regel nicht zwischen einer Lern- und einer Leistungssituation. Es bleibt zu vermuten, dass durch die jahrelange Erfahrung in einem schulischen Umfeld, in dem die jeweilige Lehrkraft gewissermaßen immer gleichzeitig für Lehre und Bewertung zuständig ist, erst gar keine Unterscheidung dieser Phasen stattfindet.

Demgegenüber zeigen Studien auf, dass Fehler eine essentielle Komponente erfolgreichen Lernens darstellen (Bjork et al., 2013, S. 435). Sie bereiten das Gehirn darauf vor, die richtige Information besser aufzunehmen. So konnte wiederholt gezeigt werden, dass auch ein Testen noch vor der ersten Lerneinheit – also ein Test, der gewissermaßen garantiert ein Nichtbestehen erzwingt – das anschließende Lernen erfolgreicher macht („forward testing effect“ – Yang et al., 2019, S. 809).

[76] Zeitstempel Video ›Best Practises‹: 00:25.
[77] Vgl. Deci und Ryan (1985) in Wild und Möller, 2020, S. 80.
[78] Für diesen Abschnitt vgl. Yeager et al., 2018, S. 4.
[79] Vgl. für diesen Abschnitt Bjork et al., 2013, S. 435.
[80] Vgl. Abschnitt »Illusionen des Lernens«, S. 238.

Fehler erhöhen die Möglichkeiten zum Lernen, da sie zur Erhöhung der erwünschten Schwierigkeit führen (Bjork und Bjork, 2020, S. 6). Werden diese Schwierigkeiten entfernt und stattdessen der Lernprozess stark vereinfacht, indem z.B. sehr starke Hinweise gegeben werden oder eine Abfrage in *zu* kurzen Zeitabständen erfolgt, bleibt ein Lernerfolg aus.[81]

Dagegen steigt der Lernzuwachs bei Fehlern – interessanterweise sogar, wenn Fehler mit hohem Selbstverständnis über eine vermeintliche Richtigkeit gemacht werden. In diesen Fällen führte die Rückmeldung zu einer verstärkten Anpassung und Übernahme der korrekten Lösung („hypercorrection" – Metcalfe und Finn, 2011, S. 437).

Die neurobiologischen Grundlagen liegen vermutlich in der sogenannten Belohnungs-Vorhersage („reward prediction" – Schulz und Iskru, 2021, S. 23). Dabei stellt das Gehirn Vorhersagen über die Wahrscheinlichkeit des Eintreffens eines Ereignisses auf. Wird die Erwartungshaltung mit dem Eintritt eines Ereignisses übertroffen (*Belohnung:* „positive reward prediction error"), kommt es zu einer Ausschüttung des Neurotransmitters Dopamin – welcher stark verkürzt gesagt, maßgeblich an Neuroplastizität und den einhergehenden Lernprozessen beteiligt ist. Ein Mensch wird das zugrunde liegende Verhalten also vermutlich zu wiederholen suchen. Stimmt die Vorhersage mit dem Eintreffen überein, so bleibt der Ausgangswert jedoch in der Regel gleich – *alles ist wie gedacht, es muss nichts Neues gelernt werden.* Interessant wird es bei einer unstimmigen Vorhersage im negativen Bereich (*Fehler/Strafe:* „negative reward prediction error"). In diesem Fall sinkt der Dopaminspiegel, was wiederum zur Aktivierung verschiedener Hirnareale führt (Glimcher, 2011, S. 15647) – denn gerade dieser Versatz zwischen Erwartung und Ereignis stellt eine (ggf. überlebensrelevante) Notwendigkeit für eine Änderung des bisherigen Wissens dar (vgl. „kognitive Dissonanz" – Myers, 2014, S. 602). Allerdings weichen die Reaktionen von Personen auf die Rückmeldung von Fehlern durchaus voneinander ab:

Wie im Abschnitt »Neurobiologische Belege«, S. 73 dargelegt, zeigen medizinische bildgebende Verfahren wie EEGs und fMRTs von Personen mit einem Growth Mindset abweichende Hirnaktivitäten zu denen mit einem Fixed Mindset. Während sich die Proband:innen mit einem (induziertem) Fixed Mindset offenbar mehr mit ihrem

[81] Hier zeigt sich die Mindset-Analogie des Muskels als durchaus tragfähig. Keiner würde erwarten, dass ein Muskelaufbau noch in großem Umfang möglich ist, nachdem alle *Hantelscheiben* von der Stange entfernt werden und das Training stark vereinfacht wird. Währenddessen postulieren zeitgenössische Lernratgeber z.T. immer noch, dass das richtige Lernen *natürlicherweise* und ggf. ausschließlich mühelos und mit Spaß geschieht.

Leistungsergebnis beschäftigt sahen, interessierten sich die Personen mit dem Growth Mindset mehr für die Rückmeldungen und den Prozess ihres Lernens selbst.

Im Video ›Strategien‹ wird neben der Growth Mindset-Botschaft, auch direkt die Funktion von Fehlern angesprochen: →„[...] *und keine Scheu vor falschen Antworten! Merkt dein Gehirn, dass eine Antwort falsch war, ist es umso bereit[willig]er, die richtige Lösung abzuspeichern.*“[82]

Zusammenfassend lässt sich damit die Bedeutung einer Fehlerkultur für das Lernen feststellen. Fehler sind somit nicht nur notwendiges Übel beim Lernprozess, sondern vielmehr ein weiterer Lerntrigger der Neuroplastizität. Gleichzeitig zeigt sich ein Growth Mindset als eine Voraussetzung, um diesen Prozess ertragreich zu gestalten.

3) Lernen und biologische Grenzen:

Lernen beruht auf Umbau- und Aufbauprozessen im Gehirn (vgl. Abschnitt »Neuroplastizität«, S. 76). Damit handelt es sich um einen physiologischen Prozess, der auf der biologischen Ebene erfolgt. Da Lernen und vor allem Verständnis zum Teil als plötzlich eintretender *Aha-Moment* erlebt werden, ist dies jedoch nicht allen Lernenden bewusst. Hieraus ergeben sich zwei Punkte, die im Workshop angesprochen werden. Erstens benötigt Lernen Zeit: Im Video ›Feynman-Technik‹ wird dieser Aspekt durch den Sport- bzw. Muskelvergleich hervorgehoben: →„*Auch wenn die vorgestellten Methoden gut erforscht und belegt sind, sind sie natürlich keine Wunderpille. Genau wie du nicht an einem einzelnen Tag für einige Stunden ins Fitnessstudio gehst und direkt einen Sixpack bekommen hast, so ist es mit dem Lernen. Niemand kann dir sagen, wann genau sich der Erfolg einstellt, aber wenn du regelmäßig mit den richtigen Strategien trainierst und lernst, ist es unausweichlich, dass du dich immer weiter verbesserst.*“[83]

Zweitens stellt der Prozess bestimmte physiologische Anforderungen: Mit dem Erklären der physiologischen Grundlagen von neuen neuronalen Verbindungen soll zum einen der Aspekt der Neuroplastizität vermitteln und damit die Mindset-Botschaft, dass man mit den richtigen Strategien *schlauer* werden kann. Zum anderen sollen damit aber auch – im weitesten Sinne – gesundheitsförderliche Aspekte angesprochen werden. Schlaf spielt hierbei eine zentrale Rolle, da ein großer Teil der Konsolidierung während des Schlafens stattfindet (Gruber, 2018, S. 76–78; siehe auch Walker, 2017). In den Videos ›Best Practises‹ und ›Feynman-Technik‹ wird die Bedeutung von Schlaf angesprochen: →„*Aktuelle Forschung deutet darauf hin, dass es wichtig ist,*

[82] Zeitstempel Video ›Strategien‹: 04:43.
[83] Zeitstempel Video ›Feynman-Technik‹: 02:19.

seine biologischen Grenzen zu respektieren. Das, was Gesundheit fördert, sprich genug Wasser trinken, jede Nacht mindestens sieben bis acht Stunden schlafen und ausreichend sportlich betätigen, hilft auch dem Gehirn, das neu gelernte Wissen abzuspeichern. [...] *In dieser [Schlaf-] Phase wird das neu Gelernte in das bestehende Wissensnetz eingearbeitet und neu verknüpft. Transfer wird jetzt möglich – auch hier spielt ausreichender und regelmäßiger Schlaf eine entscheidende Rolle.*“[84]

9.6.8 Zusammenfassung Lernstrategien

Die vorgestellten effektiven Lerntechniken bzw. -strategien haben gemeinsam, dass sie Wissen zum einen im Langzeitgedächtnis abspeichern. Gerade das Erwerben von konzeptuellen Wissen bzw. nicht-deklarativem Wissen ist ein langsamer Vorgang (Gruber, 2018, S. 78). Hierin liegt allerdings einer der größten Fallstricke. Viele der ungeeigneten Lernstrategien nutzen das Arbeitsgedächtnis.[85] Daher entsteht während des Lernens die Illusion der Geläufigkeit – also das Gefühl, den Stoff gut zu kennen. Auch zeigen sich schlechte Lernstrategien z.T. wirklich überlegen, wenn es um die unmittelbare Reproduktion geht.

Demgegenüber stehen die in der Regel wesentlich mühevolleren Lerntechniken der vorgestellten AGIL-Methode (vgl. Abschnitt »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 239). Diese stellen nach dem aktuellen Stand die besten Lernstrategien für einen vernetzten, transferfähigen und langfristigen Wissenserwerb dar (vgl. Nunes und Karpicke, 2015). Lernende neigen jedoch dazu, diesen Kontrast zur Bewertung der Effektivität von Lerntechniken zu nutzen – häufig entgegen der eigentlichen Wirksamkeit (vgl. Abschnitt »Illusionen des Lernens«, S. 238)

Daher wurden die Lerntechniken im Workshop mit Hintergrundwissen zur Neuroplastizität verknüpft, um ein Verständnis für mögliche Lern-Illusionen aufzubauen. Zudem wurde die Feynman-Technik so angepasst, dass sie sich die lernpsychologischen Grundlagen zunutze macht, um eine vertiefte Verarbeitung und Vernetzung der Inhalte zu ermöglichen und gleichzeitig die Akzeptanz seitens der Studierenden zu erhöhen.

[84] Zeitstempel Video ›Best Practises‹: 01:37.
[85] Vgl. für diesen Abschnitt auch Dunlosky et al., 2013, S. 41.

9.7 Art und Länge der Videos

In der Überlegung der Darstellungsform für die beschriebenen Lernstrategien und neurobiologischen Hintergründe ist es nötig erneut einen genaueren Blick auf die Zielgruppe zu werfen: Studienbeginnende, die in der Regel gerade erst mit der Schule fertig geworden sind und zwischen 18 und 20 Jahren alt sind. Die Lebenswirklichkeit der Studienbeginnenden zum Zeitpunkt der Interventionsplanung (2020-2021) beinhaltete eine regelmäßige Nutzung von Videoangeboten in sozialen Medien. Mit der rasanten Entwicklung der Nutzenden-Zahlen der Plattform Tiktok ist inzwischen jedwede Nennung von Forschungsdaten zur Erhebung, wie viele Stunden Jugendliche und junge Erwachsene mit dem Schauen von Youtube-Videos[86] verbringen obsolet geworden. Dennoch kann festgehalten werden, dass die Zahlen der Konsumdauer für Youtube und Tiktok deutlich steigen, während andere Plattformen stagnieren (Auxier und Anderson, 2021).

Vor diesem Hintergrund erweist es sich als nicht angemessen, für einen nicht-incentivierten Online-Workshop, die Studierenden mit bereits vier Seiten Text für die Mindset-Botschaft zu konfrontieren („four-page article“ – Romero et al., 2016, S. 377). Hinzu kämen noch die Beschreibungen der Lerntechniken, so dass die Handreichung, zum Kurs allein schon insgesamt 18 Seiten[87] aufweist – ohne Hintergründe zur Neuroplastizität und Literaturverzeichnis. Instruktionale Videos anstelle von Text zu nehmen, erscheint somit als geeignete Option, die Inhalte ansprechend und zeitgemäß für die anvisierte Zielgruppe zu präsentieren (vgl. Mateer, 2011 in Thomson et al., 2014, S. 68). Nachdem diese Entscheidung getroffen war, knüpften sich direkt zwei weitere Fragen daran:

1) Welche Darstellungsform sollen die Videoinhalte haben?

Bei der Videorecherche auf dem Streaming-Dienst Youtube[88] finden Lernende eine schier unendliche Zahl an den unterschiedlichsten Videos zu Lerntechniken, Tipps für alles rundherum und sogenannte „Bio-Hacks“, bei denen (meistens angeblich) die Neurobiologie ausgetrickst wird, um den maximalen Lernerfolg binnen kürzester Zeit zu erreichen. Der überwiegende Anteil dieser Videos wird von einer Person

[86] Wang und Kolleg:innen geben 2015 noch (nur) 21 Minuten tägliches Youtube-Videoschauen für die Gruppe der 18–33 jährigen an (Wang et al., 2015, S. 576). Während Kimer (2021) aufzeigt, dass bereits Schüler:innen der achten Jahrgangsstufe im Durchschnitt 3,7 Stunden damit zubringen (Kimer, 2021, S. 52).

[87] Vgl. Handreichung – Anhang S. 397 ff.

[88] Vgl. https://www.youtube.com.

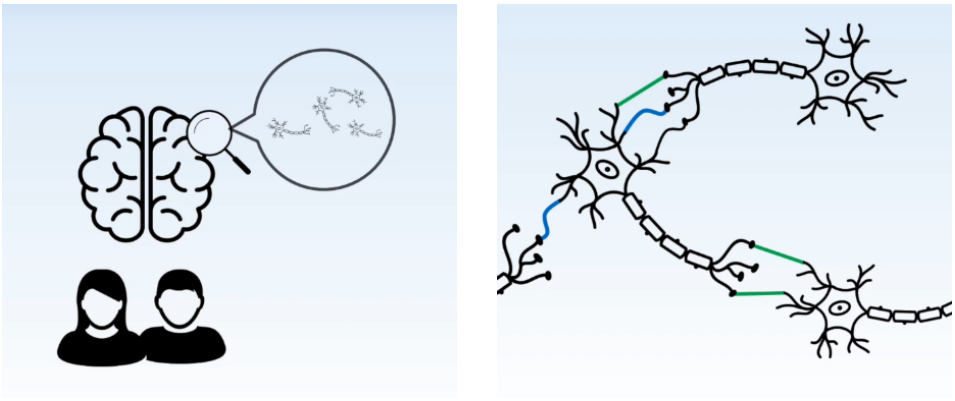
direkt in die Kamera gesprochen, die in einem Wohnraum sitzt. Dies ist vermutlich zum Großteil dem geschuldet, dass hier für Beginner:innen der Aufwand und das technische Equipment sehr überschaubar ist: so ist es bereits mit einem Smartphone möglich, ein solches Video zu erstellen. Es ist jedoch davon auszugehen, dass die meisten Personen, die einen echten Kanal[89] besitzen, wesentlich mehr Aufwand hineinstecken in Form von hochwertigem Equipment und Produktionskosten als das zunächst augenscheinlich ist. Dies zeigen auch eine Reihe von Making-Of-Videos, in denen der Blick hinter die Kulissen zeigt, wie das Zimmer ausgestattet und arrangiert wurde, dass eine Vielzahl Kameras ggf. gleichzeitig drehen und wie viele Stunden und Tage Arbeit in Schnitt und Nachbearbeitung fließen.

Zunächst erscheint es daher als eine einfache Option, die Autorin dieser Arbeit als Protagonistin der Videos zu nehmen – analog zu dem bestehenden Angebot, welches Lernende ohnehin auffinden. Wird sich dagegen vor Augen geführt, welche Qualität an Arbeit von den Konsument:innen als Standard wahrgenommen wird, zeigt sich, dass dies nicht zwingend die einfachere Wahl ist. Viel entscheidender sind jedoch zwei weitere Argumente: erstens verkörpert die Autorin in Bezug auf Diversität eben nur einen einzigen Typus. Gleichzeitig war zu diesem Zeitpunkt aus verschiedenen Gesichtspunkten nicht möglich, mit verschiedenen Protagonist:innen zu arbeiten (vgl. Abschnitt »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, S. 93). Damit wären die vorhergehenden Überlegungen, wie die bewusst divers gewählten Persona hinfällig geworden. Zudem sind auch Aspekte wie spontane Sympathien bzw. Antipathien, durch die Verwendung einer echten Person ggf. nachteilig für die Vermittlung der Inhalte (vgl. Walton und Yeager, 2011, S. 290).

Zweitens besteht ein weiteres Grundprinzip von effektiven Lehrvideos darin, dass die Bildsprache mit den Inhalten übereinstimmt (Thomson et al., 2014, S. 74). Eine Person als Protagonistin eines Videos im beschriebenen Stil wird sehr viel mehr und länger erklären müssen, wie neue Verbindungen zwischen Nerven entstehen, als wenn es gleichzeitig durch eine Animation dargestellt wird – wie im Video ›Neuroplastizität‹.[90] Beispielhaft ist in Abbildung 9.3 der Übergang vom *Blick ins Gehirn* zu den animierten Verbindungen zwischen den Nervenzellen dargestellt. Daher wurde die Entscheidung getroffen, dass sich die Autorin lediglich als Sprecherin für animierte Videos einsetzt. Die Teilnehmenden werden dabei mit einem persönlicherem *Du* angesprochen (Fyfield et al., 2022, S. 420). Der Stil der Videos wurde zudem bewusst

[89] Ein Youtube-Kanal ist ein Bereich, in dem eine auf der Plattform angemeldete Person öffentliche Videos, Playlists und Informationen über sich und den Kanal bereitstellen kann. Wird der Inhalt bzw. die Videos selbst produziert, wird auch von dem/der Youtuber:in gesprochen.

[90] Zeitstempel Video ›Neuroplastizität‹ ab 04:43.



(a) Blick ins Gehirn (b) Neue Verbindungen

Abbildung 9.3.: Zwei Videosequenzen Neuroplastizität

minimalistisch gehalten. Die Bildsprache soll helfen, die Aufmerksamkeit aufrechtzuerhalten und die jeweiligen Inhalte zu unterstützen (vgl. „Coherence“/„Modality“ – Fyfield et al., 2022, S. 420). Daher wurde ein einfacher hellblauer Hintergrund für alle Videos gewählt. Im Vordergrund werden in der Regel neutrale schwarze Piktogramme verwendet.[91] Durch Übergänge, Pfadanimationen und Morphingeffekten konnte mit diesen ein dynamischer Verlauf der Sequenzen animiert werden. Als Software diente die Studierendenversion von ›M365 PowerPoint‹. Dabei wurde jedoch versucht, nicht in die klassische ›PowerPoint‹-Falle[92] zu tappen: Wörter wurden daher eher sparsam an ausgewählten Stellen eingeblendet – insbesondere für Schlüsselkonzepte und -begriffe (Thomson et al., 2014, S. 69).

Neben der Bildsprache wurde auch großer Wert auf ein gutes akustisches Erlebnis gelegt. Rauschen und schlechte Audioqualität können zu geringerer Aufnahme und Akzeptanz der Inhalte seitens der Lernenden führen (Kühl et al., 2014, S. 189). Um zudem Irritation seitens der Teilnehmenden hierüber zu vermeiden, wurde schließlich mit einer Soundingenieurin zusammengearbeitet, die Equipment bereitstellte, den Aufnahmeprozess begleitete und schließlich – in für die Zielgruppe gewohnter Qualität – professionell abmischte.

[91] Der Großteil dieser Piktogramme stammte von nounproject.com. Die Autorin dieser Arbeit legte sich hierfür einen eigenen Account mit Vollzugriffslizens auf Icons zu, so dass laut der Vertragsbedingungen keine Nennung der Icon-Erstellenden nötig waren: vgl. https://thenounproject.com/legal/ unter 3.A.3. – zuletzt abgerufen am 10.08.2023.

[92] „Death by Powerpoint“ beschreibt, wie sehr textlastige Präsentationen die Aufmerksamkeit des Publikums *töten* – Kapterev, 2007 in Thomson et al., 2014, S. 69.

2) Wie lang soll das Video oder die Videos werden?

Im Abschnitt »Geeignete Dauer«, S. 221 wurde über die mögliche Länge der Intervention gesprochen. Dabei zeigen verschiedene Studien die Vorteile von kurzen Interventionen mit einer Dauer von 15 bis 60 Minuten auf (vgl. Stice et al., 2009, S. 12). Der Vorteil von kürzeren Interventionen besteht in den niedrigeren Abbruchquoten, die gerade bei nicht-incentivierten Interventionen nicht zu unterschätzen sind (Stice et al., 2009, S. 12). Für Mindset-Interventionen hat sich eine 45-minütige Einzelsitzung („single session“) für die Intervention als effektiv herausgestellt (Paunesku et al., 2015, S. 787). Diese Zeitangabe zeigt sich auch in weiteren online-Interventionen in diesem Bereich (vgl. Schleider et al., 2020b; Schleider et al., 2020a; Cohen und Schleider, 2022). Diese Angabe gilt daher als Orientierungspunkt – sowohl in der Dauer als auch im Format der online-Einzelsitzung für den Prototypen.

Allgemein sprechen Thomson und Kolleg:innen davon, dass es keine Regeln für exakte Videolängen gibt (Thomson et al., 2014, S. 75). Vielmehr hängt die Dauer vom Zweck und Format ab. Jedoch geben sie zu bedenken, dass Videos für Smartphones und Tablets mit weniger als fünf Minuten erwartet werden. Längere Formate können eher als passives Filmschauen verstanden werden („entertain me“ – Cann, 2007 in Thomson et al., 2014, S. 75).

Werden Statistiken der durchschnittlichen Betrachtungsdauern zu Rate gezogen, zeigt sich ebenfalls ein solides Bild: Die Hälfte der Befragten[93] geben im Jahr die Zeiteinheiten drei bis vier Minuten bzw. fünf bis sechs Minuten für instruktionale bzw. Videos mit Lehrinhalten an – mit jeweils etwa einem Viertel der Gesamtangaben.[94] Auch im Jahr 2021 nehmen diese Zeitangaben noch einen prominenten Platz mit 43 % ein (Bozarth, 2021, S. 15).[95] Daher wurde sich für einzelne kürzere Videos im Bereich von fünf Minuten entschieden – anstelle eines einzelnen z.B. halbstündigen Videos.

Dies deckt sich auch mit didaktischen Empfehlungen über Aufmerksamkeitsspannen. So wird auch für Vorlesungen und Unterricht spätestens nach zehn Minuten ein Themen- oder besser noch Aktivitätswechsel empfohlen (McKeachie und Svinicki,

[93] Bozarth et al. geben an, dass 914 erwachsene Personen aus sechs Ländern (US, UK, Frankreich, Deutschland, Australien und Kanada) an der Studie teilgenommen haben, geben jedoch keine weiteren sozio-demographischen Informationen wieder (Bozarth, 2021, S. 6).

[94] Vgl. https://www.techsmith.com/blog/video-length/ – zuletzt abgerufen 10.08.2023.

[95] Jedoch wurde hier die Frage anders gestellt nämlich nach der bevorzugten Länge – nicht wie lange im Schnitt geschaut wird, so dass eine weitere Spitze bei zehn bis 18 Minuten entsteht, vermutlich auf Formate wie TED(x)-Talks zurückzuführen.
Vgl. https://www.techsmith.com/blog/video-statistics – zuletzt abgerufen 10.08.2023.

2013 in Medina, 2014, S. 115). Dies wurde im entwickelten Workshop in der Art umgesetzt, dass zwischen den Videos andere Formate präsentiert bzw. Aktivitäten eingebunden wurden (vgl. Thomson et al., 2014, S. 421). So wird zweimal wenigstens eine weitere „Folie“ mit Selbstbericht bzw. Übung präsentiert – in den anderen Fällen zwei oder mehr. Das Warm-up-Quiz hat hierbei beispielsweise wesentlich stärker diese Funktion, wobei durch die Antwortmöglichkeit ebenfalls die Mindset-Botschaft unterstrichen werden soll: „Bis zu welchem Alter können neue Nervenzellen im Gehirn gebildet werden? b) Immer, wenn etwas Neues gelernt wird, das gesamte Leben lang“.[96]

Dennoch warnen auch viele Autor:innen von Blogs über das Thema der idealen Länge eines YouTube-Videos davor, den Inhalt zu stark auf Länge zu kürzen. Berechtigterweise erscheinen sich diese einig darüber, dass jedes Video einen Wert für die Zuschauenden haben soll.[97] Somit wurden die Videolängen individuell am Inhalt ausgerichtet und die besprochenen Angaben als Orientierung genommen. Die entstandenen Videos haben somit Längen zwischen 2:20 und 7:41 Minuten.

9.7.1 tet.folio

Um Videos anzubieten, boten sich zahlreiche Plattformen an. Dieses mit einem Kurs und anderen Inhalten wie Quiz-Aufgaben anzureichern, schränkte die Auswahl deutlich ein. Das letztliche Entscheidungskriterium bestand jedoch in der Möglichkeit, die Video-Betrachtungsdauern der Teilnehmenden zu erfassen. Der entwickelte Workshop stellt einen Prototyp einer deutschsprachigen Mindset-Intervention dar. Daher wurde das gesamte Videomaterial von der Pike ab entwickelt – auf Grundlage der Leitlinien aus der Literatur, wie in den vorangegangenen Abschnitten beschrieben. Somit liefern Betrachtungsdauern und auch Abbruchzeitpunkte in den Videos wertvolle Hinweise darauf, welche Inhalte im nächsten Design-Zyklus überarbeitet werden müssten.

Die Plattform tet.folio (Technology Enhanced Textbook) der Freien Universität Berlin bot für die beschriebenen Anforderungen beste Voraussetzungen. Sie stellt Autor:innen Möglichkeiten bereit, verschiedene „digitale Bausteine in [ihre] Lernumgebungen einzubinden“ (Haase et al., 2016, S. 1). Zudem ist es möglich, die Teilnehmenden über einen individuellen – und im vorliegenden Fall anonymen – Code mit weiteren Testungen zu matchen (vgl. Abschnitt »Kopfteil«, S. 125). Somit

[96] Workshop Folie 10; Auflösung auf Folie 17.

[97] „Above all, offer value“, „Don’t make your *business* video too short, at the expense of providing real value.“; https://nightdaymedia.com/how-long-should-your-video-be – zuletzt abgerufen 08.08.2023.

konnten die Antworten und Betrachtungsdauern der Teilnehmenden zur Grundlage der Bewertung des Prototyps genommen werden.

Zugang erhalten Lernende über einen Link. Dabei können die Autor:innen Inhalte in einer Art interaktiver Präsentationsfolien erstellen. Über eine selbstgewählte Form der Navigation wird festgelegt, wie die Teilnehmenden zwischen diesen Folien springen können. Im vorliegenden Kurs wurde aufgrund der gewünschten Vergleichbarkeit ein linearer Verlauf umgesetzt, bei dem lediglich die Möglichkeit bestand, sich durch ›weiter‹- und ›zurück‹-Buttons auf den Seiten zu navigieren. Jede Folie entspricht einer eigenen Internetseite mit der Identifikationsnummer der Folie.

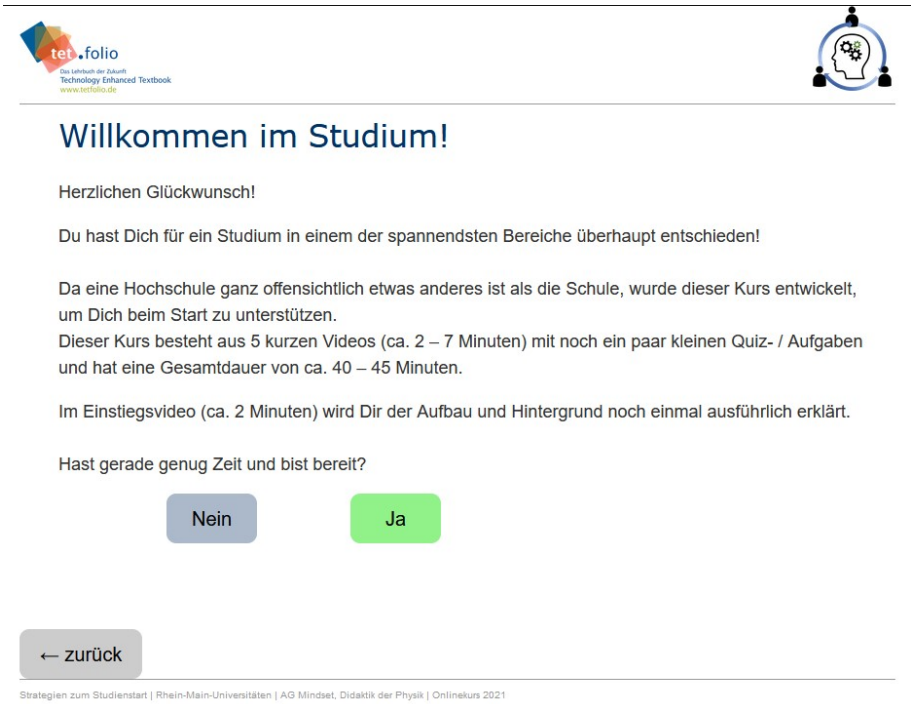


Abbildung 9.4.: Willkommensseite tet.folio mit den wichtigsten Informationen über die Inhalte und Dauer des Workshops

Um sicherzugehen, dass die einzelnen Teilnehmenden auch bei zeitgleichem Zugriff eindeutig identifiziert und dementsprechend voneinander unterschieden werden können, kann erst nach Angabe eines selbstgewählten Codes mit dem Kurs begonnen werden. Dabei wird im Vorfeld die Frage gestellt, ob die Teilnehmenden bereit sind, ca. eine dreiviertel Stunde Zeit zu investieren (vgl. Abbildung 9.4).[98]

[98]Workshop Folie 3.

Nachteile des Systems bestanden zum damaligen Zeitpunkt darin, dass es nicht möglich war, Responsivität[99] und die Datenerhebung zu koppeln. Für die Studie wird daher auf diese Eigenschaft verzichtet und auf der ersten Folie mit einem Piktogramm angezeigt, wie die Anzeige mit einer Geste angepasst werden kann.[100] Zudem ist es zwar möglich die Videos zu pausieren. Jedoch werden für eine besseres Kontrollerlebnis der Lernenden auch die Geschwindigkeitsregulation empfohlen (Kühl et al. in Fyfield et al., 2022, S. 421). Dies war zum Zeitpunkt der Durchführung des Workshops in tet.folio allerdings noch nicht implementiert. Trotz der Nennung dieser kleineren Anpassungswünsche stellt die Plattform tet.folio damit nahezu ideale Voraussetzungen dar, eine qualitativ hochwertige Online-Intervention anzubieten und gleichzeitig die Daten anonym zu erfassen.

9.7.2 Einstiegsvideo

Dauer 02:20 Minuten – Transkript siehe Anhang »Video Einstieg«, S. 369.

Auch die beste Strategie kann nur so effektiv sein, wie die Studierenden motiviert sind, sie auch wirklich einzusetzen (Dunlosky, 2013, S. 21). Daher sollen die Informationen für die Teilnehmenden gewinnbringende Antworten auf die Frage ›Was bringt's mir?‹ liefern (vgl. Abschnitt »Online-Workshop zu Lernstrategien«, S. 234). Dafür empfiehlt es sich, Teilnehmende im Vorfeld über Inhalt und Zweck des Kurses und der Videos zu informieren (Thomson et al., 2014, S. 73). Damit wird nicht nur die Wahrscheinlichkeit der vollständigen Teilnahme erhöht (ebd.), sondern auch die Funktion eines „Advanced Organizers" erfüllt, welcher Verständnis und bedeutungsvolles Lernen ermöglicht (Gunstone, 2015, S. 19/625).

Als *Köder* („hook")[101] wurde dabei zunächst in den ersten Sätzen des Einstiegsvideos eine Studie angesprochen, die aufzeigt, dass über 80 % aller Studienbeginnenden mit *falschen* Lernstrategien starten.[102] Dieser *Kniff* erschien wichtig, da die Studierenden eben bisher wenig bis keine Probleme in der Schule hatten – mindestens nicht im fachlichen Bereich (vgl. Abschnitt »Exkurs Mathematikvorwissen«, S. 214).

[99] Responsivität bedeutet im Zusammenhang mit Homepages, dass sich diese entsprechend des Formates und der Auflösung des Endgerätes skalieren. Die Seite sieht dementsprechend anders auf mobilen Endgeräten aus als in der Desktopversion für einen Computer-Bildschirm.

[100] Workshop Folie 1.

[101] Vgl. Medina, 2014, S. 117.

[102] Die Zahl von 84 % bezog sich in der erwähnten Studie auf die bevorzugte Strategie der Lernenden immer wieder den selben Text zu lesen (Karpicke et al., 2009, S. 474). Auch wenn diese Zahl sich auf alle Studiengänge der Washington University erstreckte, wurden dennoch nur leistungsstarke Studierende einbezogen: „a select group with average SAT scores greater than 1400 (Verbal + Quantitative)" (Karpicke et al., 2009, S. 473).

Daher wurde der nächste Teil darauf verwendet gerade diese Ausgangposition zu adressieren:
→„*vermutlich waren Naturwissenschaften und besonders Physik in der Schule doch genau dein Ding, sonst würdest du wohl kaum hier sitzen. Es kann bloß sein, dass du dir gerade deshalb bis jetzt noch nie echte Lernstrategien aneignen musstest. Es lief ja auch so prima. Es zeigt sich, dass genau hierin ein möglicher Grund dafür liegt, dass viele Studierende Schwierigkeiten haben, sich an das hohe Tempo und den großen Stoffumfang an der Uni anzupassen.*“[103]

Somit wird hier wieder normativ gearbeitet und gleichzeitig die Möglichkeit geschaffen, dass sowohl selbstbewusste als auch unsichere Studienbeginnende den Eindruck gewinnen, der Workshop ist für sie aufgebaut.[104] Als Vorteile werden die optimale Nutzung der Lernzeit aber auch der Grundlagen für Verständnis und Transfer genannt. Für die Unterstreichung der Glaubwürdigkeit („Credebility“) dient zum einen das Setting selbst; so wurde der Workshop in den Physikkursen der jeweiligen Hochschulen beworben. Der Kurs selbst stellt sich als ›Strategien zum Studienstart – Onlinekurs der Rhein-Main-Universitäten AG Mindset, Didaktik der Physik‹ vor.[105] Darüber hinaus betont der Kurs immer wieder die wissenschaftliche Basis der vorgestellten Methoden. Zum Schluss werden die weiteren Videos knapp benannt und die Feynman-Technik als Bonusvideo vorgestellt.

9.7.3 Video Neuroplastizität

Dauer 05:55 Minuten – Transkript siehe Anhang »Video Neuroplastizität«, S. 370.

Das Video ›Gehirn und Neuroplastizität‹ vermittelt einen kleinen Überblick über die neurobiologischen Grundlagen des Lernens.[106] Dabei wird kurz die Informationsweitergabe durch die Nerven bzw. an den Synapsen erklärt und die Tatsache, dass Übung hilft, die Leitungsgeschwindigkeit zu verbessern. Das Kernthema der Neuroplastizität und die damit verbundene Mindset-Botschaft wird bildlich über die

[103] Zeitstempel Video ›Einstieg‹ – 00:42.
[104] Vgl. Abschnitt »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung«, S. 221.
[105] Die RMU gelten als Zusammenschluss der Universitäten Darmstadt, Frankfurt und Mainz. Die AG-Mindset besitzt zum Zeitpunkt des Schreibens aktive Mitglieder der ersten beiden Hochschulen. Die Physikdidaktik der Universität Mainz gliederte sich zu diesem Zeitpunkt vollständig an die Fachphysik von Prof. Dr. Wendt an.
[106] Im Video befindet sich zum Zeitpunkt 00:24 ein Fehler: so ist die Rede von 30 Millionen Nervenzellen, jedoch handelt es sich um 30 Milliarden Nervenzellen im menschlichen Gehirn (Schaal et al., 2016, S. 2).

Henne-Ei-Problematik thematisiert:
→„*Jetzt stellt sich jedoch die Frage: war Einstein deshalb so gut in Physik, weil seine Gehirnbereiche so ausgeprägt waren? Oder wurden diese Teile so stark vernetzt, weil er sich intensiv mit naturwissenschaftlichen Themen auseinandergesetzt hat?*“[107]

Um dieser Frage weiter auf den Grund zu gehen, benennt das Video die bekannte Studie mit Taxifahrenden in London (Maguire et al., 2000). Diese zeigt auf, dass gerade die Bereiche im Gehirn, die verantwortlich sind für die räumliche Orientierung bei den Fahrer:innen, stärker ausgeprägt waren.[108] Damit ist ein weiterer Hinweis auf einen Zusammenhang gegeben, jedoch die Frage nach Ursache und Wirkung immer noch offen. Daher wurde ein Experiment skizziert, bei dem Hirnscans zeigen konnten, dass Versuchspersonen, die in diesem Beispiel ein neues Musikinstrument lernten, Anpassungen in den entsprechenden Gehirnarealen zeigten, während diese in der Kontrollgruppe ausblieben (vgl. Hyde et al., 2009; Herholz und Zatorre, 2012; Driemeyer et al., 2008).

Als weiteren Beleg für den Effekt von Neuroplastizität, wird knapp der Intelligenzquotient vorgestellt, um dann auf den Flynn-Effekt zu sprechen zu kommen:
→„*Die Fähigkeit, schnell und abstrakt zu denken, wird im Allgemeinen unter dem Begriff Intelligenz oder kurz IQ für Intelligenzquotient zusammengefasst. Experten diskutieren bis zum heutigen Tag, was genau darunter zu verstehen ist. Manche argumentieren, dass sie etwas Angeborenes und Unveränderbares ist wie die Augenfarbe [eines Menschen]. Andere halten Intelligenz für etwas Aufbau- und Trainierbares wie Muskelkraft. Auch wenn es nicht abschließend geklärt ist, so spricht doch vieles dafür, dass Intelligenz etwas Veränderbares ist. Beispielsweise wäre da der sogenannte Flynn Effekt, der belegt, dass der IQ in Industrienationen viel schneller gestiegen ist, als sich nur durch erbliche Einflüsse erklären ließe.*“[109] Als Ursachen hierfür werden eine bessere Nahrungsversorgung, der Ausbau der frühkindlichen Förderung und eine intensivere schulische Ausbildung angeführt (Myers, 2014, S. 415; Ritchie und Tucker-Drob, 2018, S. 1358).

Der positive Einfluss der Bildung auf die Steigerung des IQ wird sich im Video weiter zunutze gemacht, um das domänenspezifische Mindset in Bezug auf fixe Vorstellungen im Bereich der Mathematik anzugehen (Murayama et al., 2013, S. 11):
→„*In einer deutschen Studie sagte die Intelligenz [der Schüler:innen] überraschen-*

[107] Zeitstempel Video ›Neuroplastizität‹ – 01:47.
[108] Anm. der Autorin: Diese Studie fand zur Zeit der Jahrtausendwende statt und somit vor dem flächendeckenden Einsatz von Navigationsgeräten bzw. -Apps.
[109] Zeitstempel Video ›Neuroplastizität‹ – 01:59.

derweise, gerade in höheren Klassen, die Mathenote nur wenig voraus. Je älter die Schüler:innen waren, desto wichtiger wurde dagegen die Kombination aus Motivation und den richtigen Strategien.“[110]

Im letzten Teil des Videos werden die Vernetzungen von Neuronen erklärt und in Animationen dargestellt. Dabei soll der Boden für die sich anschließenden Lernstrategien bereitet werden. Darum wird ebenfalls der Aspekt des Vergessens angesprochen, wenn Inhalte nicht weiter geübt werden:

→„*Lernen wir etwas Neues, bilden sich neue Verbindungen zwischen den Nervenzellen. Diese sind jedoch zunächst nur vorläufig. Jeder kennt die Erfahrung, wie schnell etwas Neues wieder vergessen sein kann. Wird das Neue jedoch geübt, bilden sich bereits stabilere Verbindungen aus. Auch nach längerer Zeit können wir Informationen wieder abrufen; und schließlich gibt es auch noch die Art Verbindung, die so fest ist, dass die Informationen nahezu unerschütterlich gespeichert wird: wie dein eigener Name, die Lösung für zwei Mal drei oder wie man Schuhe bindet. Werden neue Verbindungen jedoch nicht durch weiteres Lernen und Üben verstärkt, gehen sie mit der Zeit wieder verloren. Wir verlernen und vergessen. Wird ein Hirnbereich dagegen besonders stark beansprucht, entstehen sogar ganz neue Nervenzellen und der Prozess, in dem neue Verbindungen entstehen, beginnt von vorne.*“[111]

Das Video schließt ab, mit einem gewissen Aufforderungscharakter, der wiederum den Aspekt der Autonomie der Teilnehmenden adressieren soll:

→„*Dein Gehirn ist natürlich nicht wirklich ein Muskel, aber durch seine erstaunliche Fähigkeit zur Anpassung kann es immer weiter in den unterschiedlichsten Bereichen trainiert und vernetzt werden. Wie weit, hast du selbst in der Hand.*“ [112]

9.7.4 Video Lernstrategien AGIL

Dauer 07:09 Minuten – Transkript siehe Anhang »Video Lernstrategien AGIL«, S. 374.

Das Video zu den Lernstrategien stellt neben den Best-Practises das längste mit über sieben Minuten dar. Der Text wurde in mehreren Durchläufen gekürzt und auf die wichtigsten Aspekte konzentriert. Eine weitere Kürzung erschien zu diesem Zeitpunkt nicht mehr sinnvoll möglich, ohne an inhaltlicher Tragfähigkeit zu verlieren (vgl. Abschnitt »Videos: Frage zur Videolänge«, S. 258). Das Video wurde direkt

[110] Zeitstempel Video ›Neuroplastizität‹ – 03:13.
[111] Zeitstempel Video ›Neuroplastizität‹ – 04:47.
[112] Zeitstempel Video ›Neuroplastizität‹ – 05:42.

mit der Kernbotschaft eröffnet, die gleichzeitig für den kommenden Inhalt *primen*[113] sollte:

→„*Solltest du dir nur einen Satz aus dieser ganzen Schulung merken, dann folgenden: du kannst dein Wissen, deine Intelligenz und deine Fähigkeiten immer dann ausbauen, wenn du dich aktiv beim Lernen anstrengst.*“[114] Im Anschluss wurden die Lernstrategien des Akronyms AGIL vorgestellt (vgl. Abschnitt »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 239). An dieser Stelle soll nicht mehr explizit darauf eingegangen werden. Vielmehr sollen die zusätzlich verwendeten Informationen angesprochen werden, die eingesetzt wurden, um die Studierenden zu motivieren – aber eben auch umfassender zu informieren.

Hierzu zählt die Frage, warum Lernen eigentlich häufig so mühevoll ist. Gruber (2018) schreibt hierzu, dass ein langsames Lernsystem notwendig ist, um ein Konzeptlernen zu ermöglichen und „katastrophale“ Interferenzeffekte zu verhindern (Gruber, 2018, S. 78). Ein sofortiges Abspeichern würde bisherige Einträge überspeichern – Kategorien und abstrakte Konzepte können sich auf diese Weise nicht ausprägen.[115]
→„*Stell dir nur vor, jedes Mal, wenn du etwas nur einmal anschaust, würde dein Gehirn direkt langfristig umgebaut. Das wäre erstens eine furchtbare Ressourcenverschwendung und zweitens würde man vermutlich irgendwann verrückt werden. Stattdessen macht dir dein Gehirn gewissermaßen folgende Ansage:*
{Stimmeffekt beginnt:} ‚Alles klar. Ich baue mich für dich um und auf. Aber beweise du mir erst einmal, dass du das auch wirklich ernst meinst!‘{Stimmeffekt endet:}
Und diesen Beweis kannst du [deinem Gehirn] nur durch wiederholte Anstrengungen erbringen.“[116]

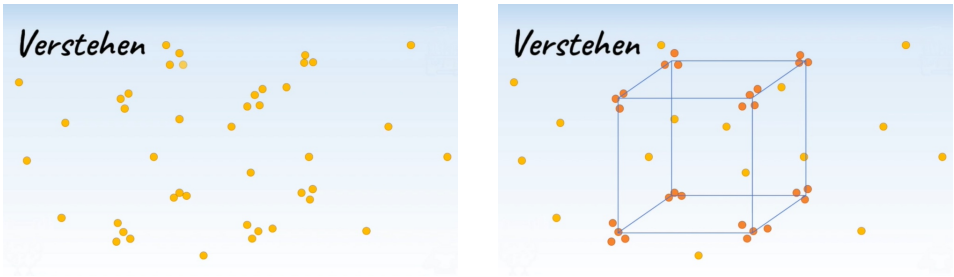
Um diesen Punkt zu unterstreichen, wird zum einen die Analogie mit dem Muskelaufbau aufgegriffen. Es ist zweifelsfrei bekannt, dass Muskelwachstum durch Training über der *Komfortzone provoziert* wird. An dieser Stelle wird hiermit bewusst ein Kontrast aufgebaut, um den Aspekt der Lernillusionen einzuführen: intuitiv greifen Menschen immer zu den Lerntechniken, die ihnen das Gefühl der Mühelosigkeit geben. In diesem Zuge klärt das Video darüber auf, dass Personen schlecht einschätzen,

[113] Priming bezeichnet die Aktivierung von Schemata durch situative Kontexte. (Nolen-Hoeksema et al., 2009, S. 615; vgl. auch Abschnitt »Domänenspezifität«, S. 82).
[114] Zeitstempel Video ›Strategien‹ – 00:10.
[115] Das ist tatsächlich zum Teil der Fall bei sogenannten „Savants“: Personen, die zum Teil *übermenschliche* Gedächtnisfähigkeiten zeigen, jedoch in der Regel nicht in der Lage sind, eine konzeptuelle Ebene aufzubauen. So fällt es ihnen teilweise sehr schwer, Sprichwörtern den Sinn zu entnehmen (Myers, 2014, S. 402). Ein „komm-mal-runter“ hätte gegebenfalls zur Folge, dass die Person in die Hocke geht.
[116] Zeitstempel Video ›Strategien‹ – 02:00.

wie gut eine Methode für sie funktioniert, und stellt die Illusion der Geläufigkeit vor („illusion of competence“ – (Koriat und Bjork, 2006, S. 959)). Hiermit soll eine Normierung erfolgen, Anstrengung und Wiederholung als notwendigen Teil von Lernen zu verstehen („hard work“ – (Hecht et al., 2021, S. 176)). Natürlich nicht, ohne im Folgenden Strategien herauszustellen, um diese sinnvoll zu investieren. Diese werden analog zum Abschnitt »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 239 vorgestellt.

Als mögliches Hilfsmittel zum Lernen wurde das Tool ›Anki‹ erwähnt. Dieses stellt eine Karteikarten-App dar, die in der Regel kostenfrei[117] installiert werden kann. Sie besitzt den Vorteil, dass die Lernintervalle automatisiert für die digitalen *Lernkärtchen* erstellt werden. Dabei werden die Antworten nach Richtigkeit und teilweise nach Abrufgeschwindigkeit eingestuft und dementsprechend über einen hinterlegten Algorithmus bestimmt, wann dieses wieder vorgelegt wird. Je besser eine Karte eingestuft wurde, desto später wird sie wiederholt und umgekehrt, so dass unsichere Inhalte eine häufigere Wiederholungsrate aufweisen. Die Intervalle erhöhen sich für den jeweiligen gut beherrschten Inhalt schrittweise.[118]

Das Video schließt ab mit dem Aufgreifen einer der emotionalen bzw. motivationalen Dimensionen des Lernens im Hinblick auf das Verstehen: wenn Personen ganz neue Sachen lernen, fällt es oft schwer das *große Ganze* zu erkennen.[119] Verwirrung und mangelnder Fortschritt wirkt in der Regel eher demotivierend.[120]



(a) Unverbundene Wissenselemente (b) Verständnis für Struktur

Abbildung 9.5.: Zwei Videosequenzen zum Verstehen

[117] Im Google-Playstore kann die App ›AnkiDroid‹ kostenfrei für Android-Geräte heruntergeladen werden – zuletzt abgerufen 19.08.2023.
[118] Vgl. für diesen Abschnitt auch Wozniak (1990).
[119] Vgl. Noviz:innen versus Expert:innen beim Einordnen von physikalischen Problemen (Chi et al., 1981).
[120] Im Schulischen setting haben sich insbesondere intelligente Mädchen als anfällig gezeigt, diese Situation nicht auszuhalten (Dweck, 2007, S. 47).

Und so scheint ein Teil der *Magie* eines Growth Mindset darin zu bestehen, sich auch in diesen unvermeidlichen Phasen des Lernens als *auf dem richtigen Weg befindlich* wahrzunehmen – auch während der nahezu unvermeidlichen Plateaus in diesem Prozess (vgl. Brady et al., 2016, S. 354). Um diesen Teil zu adressieren, wurden zwei verschiedene Animationen aufgebaut. Die erste Animation wurde im Video ›Strategien‹ aufgegriffen und spricht an, dass neugelerntes Wissen häufig wie unverbundene Einzelinformationen aussehen. Erst im Laufe der Animation wird deutlich, dass sich ein Teil der Punktwolke von den restlichen Punkten abhebt und sich schließlich eine höhere Struktur darauf abbilden lässt (vgl. Abbildung 9.5).[121]

9.7.5 Video Feynman-Technik

Dauer 02:48 Minuten – Transkript siehe Anhang »Video Feynman-Technik«, S. 378.

Die Feynman-Technik wurde bereits im Abschnitt »Feynman-Technik«, S. 246 ausführlicher vorgestellt. Das zugehörige *Bonus*-Video greift die vorgestellten Schritte auf. Hierbei werden zusätzlich einige Tipps angeboten, wie die Möglichkeiten, die Feynman-Technik sowohl allein als auch im Tandem bzw. der Gruppe umzusetzen. Für den Einsatz allein werden Diktier- und Transkribierfunktionen *moderner* Technik angesprochen. Für das Feedback von anderen wird in der Handreichung der Hinweis gegeben, zunächst mit der Rückmeldung zu warten, bis ein Durchlauf beendet ist (vgl. *Handreichung* S. 9 – Anhang S. 407).

Wichtig ist hierbei die iterative Haltung: diese spiegelt die Grundlagen für den Lernprozess auf mehreren Ebenen gleichzeitig wider:

- Lernen ist auch ein biologischer Prozess, bei dem wiederholte *Trainingsreize* benötigt werden, damit das Gehirn dauerhafte Anpassungen vornimmt.
- Lernen ist kein linearer Vorgang, sondern immer wieder durchsetzt von Lernplateaus, bei denen kein Fortschritt erkennbar ist. Diese Phasen müssen auch auf der motivationalen Ebene durchgestanden werden.
- Der Aufbau von Verständnis ist ein Prozess, der immer wieder den Abgleich braucht. So entwickeln Personen zu Lerngegenständen zunächst naive Theorien bzw. Präkonzepte.[122] Physiklernen ist anfällig für die Vermischung von Alltagsvorstellungen und der wissenschaftlichen Erklärung. Diese Fehlvorstellungen sind beinahe unvermeidbarer Bestandteil beim Erwerb der korrekten Konzepte.

[121] Eine weitere Animation zur Verdeutlichung der Bedeutung von Vorwissen folgt im Video ›Best Practises‹ und wird im zugehörigen Abschnitt »Bedeutung von Vorwissen«, S. 273 vorgestellt.
[122] Vgl. für diesen Abschnitt Wilhelm und Heuer, 2002, S. 29.

Das bedeutet jedoch auch, dass nur eine Haltung der Lernenden, bei der das sicher Verstandene immer wieder hinterfragt und ggf. angepasst wird, langfristig erfolgreich sein kann.

Gerade der letzte Punkt – der Bereich der Fehlvorstellungen – ist ein *weites Feld*. Oft wird er im Zusammenhang mit schulischem Physikunterricht aufgegriffen. Jedoch besitzen auch Physikstudierende zum Teil noch diese Vorstellungen, die sie durchaus erfolgreich durch die Schulzeit gebracht haben (Schecker et al., 2018, S. 81 ff.). Auch wenn den Lernenden metakognitive Strategien an die Hand gegeben werden, ist es ihnen zunächst oft noch nicht möglich, ihre Vorstellungen loszulassen (vgl. Schecker et al., 2018, S. 28). Ein Betrachten von Situationen, in denen die bisherige Vorstellung keine korrekten Vorhersagen mehr über den Ausgang machen kann, kann bei Lernenden die notwendige kognitive Dissonanz auslösen, um das Präkonzept neu zu organisieren. Das bedeutet jedoch nicht, dass dieser „Conceptual Change" immer mit einem Mal passiert (Schecker et al., 2018, S. 29). Vielmehr wird auch in der Beschreibung dieses Vorgangs betont, dass dieser häufiger „langsam und schrittweise" erfolgt (ebd.).[123] Der iterative Prozess einen Lerngegenstand – anderen Personen – zu erklären, Lücken und Fehlvorstellungen aufzuarbeiten und erneut zu beginnen, kann einen Beitrag leisten, die Lernenden dabei zu unterstützen. Um den Studierenden dabei eine mögliche Orientierung zu geben, wurden in der Handreichung zudem noch„[m]ögliche Fragen an einen Inhalt" notiert.[124]

9.7.6 Video Best-Practise

Dauer 07:41 Minuten – Transkript siehe Anhang »Video Best-Practise«, S. 380.

Das Video rund um Zeitmanagement und Prokrastination stellt das längste dar und hat gleichzeitig am wenigsten direkt mit der zentralen Mindset-Botschaft zu tun. Erwartungsgemäß vermindert sich die Anzahl der Teilnehmenden mit der

[123] Es könnte daher in vielen Fällen eher von einem „Conceptual Growth" gesprochen werden (Schecker et al., 2018, S. 42). Jedoch mündet auch diese graduelle Anpassung in einem Konzeptwechsel, so dass der Begriff des „Conceptual Change" in beiden Fällen zutreffend bleibt (ebd.). Grundsätzlich kann das bisherige Wissen durch kognitive Konflikte verändert werden („Konfliktstrategie") oder parallel zu bestehenden Vorstellungen neue, wissenschaftlich zutreffendere aufbaut werden („Aufbaustrategie") – Schecker et al., 2018, S. 59. Die alte (Fehl-)Vorstellung bleibt dabei vorhanden und existiert parallel zur neuerworbenen weiter – unabhängig davon, ob durch einen kognitiven Konflikt ein bewusstes Umdenken (diskontinuierlicher Lernweg) angestoßen oder *langsam* eine alternative Sicht aufgebaut wurde (kontinuierlicher Lernweg) (Schecker et al., 2018, S. 41 ff.).

[124] Vgl. Handreichung S. 5 – Anhang S. 403.

Dauer des Workshops. Daher wurde dieses Video auch bewusst an das Ende des Onlinekurses gestellt. Dennoch erschien ein Workshop zum Thema Lernstrategien unvollständig, wenn nicht wichtige Themen rund um die Organisation des Lernens ebenso angesprochen werden würden.

Werden Studierende nämlich selbst gefragt, was ihnen die größten Lernschwierigkeiten bereitet, werden mit der höchsten Übereinstimmung von ca. 60 % zwei Dinge genannt, die sich gar nicht auf der fachlichen Ebene abspielen (vgl. Thiel et al., 2008, S. 36): Erstens Schwierigkeiten, sich nicht durch andere Dinge vom Lernen abbringen zu lassen (63 %). Zweitens sich selbst zum Lernen zu motivieren (59 %).

Erst danach kommen für immer noch knapp der Hälfte der Studierenden „Schwierigkeiten bei der Vorbereitung auf Prüfungen“ (49 %) hinzu. Die „Bewältigung des Lernstoffs in Lehrveranstaltungen“ stellt für weniger als ein Viertel der Studierenden eine Schwierigkeit dar (23 % – ebd.). Natürlich kann es hier sein, dass Lernende glauben, dass sie keine Probleme hätten, wenn sie sich *doch* nur überwinden könnten zu lernen oder es schafften, sich dabei nicht von anderen Dingen abhalten zu lassen. Ggf. würden in diesem Fall durchaus auch Schwierigkeiten beim Lernen deutlich werden, wenn sich denn ausreichend lange und intensiv mit dem Lerngegenstand auseinandergesetzt werden würde. Dies stellt eine selbstwertschützende Form des Prokrastinierens dar (vgl. ›Aufschieberitis‹ S. 42) – zu der insbesondere Personen mit einem Fixed Mindset tendieren (vgl. auch ›self handicapping‹ Abschnitt »Konsequenzen für den Lernprozess«, S. 55).

Exkurs: Zeitmanagement und Prokrastination

Akademisches Prokrastinieren ist weit verbreitet unter Studierenden: fast die Hälfte aller Studierenden geben an, regelmäßig Lernaktivitäten aufzuschieben (Steel, 2007 in Hailikari et al., 2021, S. 590). Prokrastination stellt ein komplexes Verhalten dar, welches auf der Interaktion von persönlichen Dispositionen mit externalen Umständen entspricht. Hailikari und Kolleg:innen (2021) benennen in diesem Zusammenhang die vier Aspekte: Motivation, Selbstregulation, Zeitmanagement und Lernstrategien (Hailikari et al., 2021, S. 591). Somit adressiert der erarbeitete Kurs über die Mindset-Botschaft die ersten beiden Aspekte, während die letzten beiden Aspekte als eigene Inhalte für die Studierenden aufgearbeitet wurden.[125]

Die Ursachen für Prokrastinieren werden als Problem mit Selbstregulation und Zeitmanagement verstanden. Inzwischen zeigen sich viele Hinweise darauf, dass ins-

[125] Die Autor:innen führen Einsatzbereitschaft („effort management“) hierbei als verbundene aber separate Fähigkeit („skill“) auf (ebd.).

besondere negative Emotionen in herausfordernden Situationen bzw. die Unfähigkeit mit diesen konstruktiv umzugehen, einen entscheidenden Beitrag zu diesem maladaptiven Verhalten leisten. Dabei spielt Versagensangst („fear of failure“) gerade für Studienbeginnende eine entscheidende Rolle (Rahimi und Hall, 2021, S. 759). Damit kann ein Growth Mindset auch als eine Form der psychologischen Flexibilität verstanden werden, die Lernende in die Position versetzt, unangenehme Gefühle auf eine konstruktive Art umzudeuten („re-appraisal“ – Ochsner und Gross, 2005, S. 243): Lernende mit einem Growth Mindset lenken den negativen Affekt auf den Prozess anstelle der eigenen Person. Damit gewinnen sie zum einen die Kontrollierbarkeit der Situation subjektiv zurück. Zum anderen verlieren die möglichen Handlungen damit die selbstwertmindernde Dimension, der eine Person mit einem Fixed Mindset ausgesetzt ist (vgl. Abschnitt »Überzeugungen und Self-Handicapping«, S. 41). Studien konnten einen negative Zusammenhang sowohl für diese Überzeugung („mastery [achievement] goal“) als auch den Einsatz von den effektiven Lernstrategien („deeper learning strategies“) mit akademischen Prokrastinieren aufzeigen. Es zeigt sich hierbei eine Varianzaufklärung von ca. 30 % des prokrastinierenden Verhaltens (Martinie et al., 2023, S. 321).

Um Prokrastination zu reduzieren, sollten idealerweise Trainings in Zeitmanagement und psychologische Flexibilität kombiniert werden (Hailikari et al., 2021, S. 598). Jedoch zeigen bereits Strategien, um Lernen sinnvoll einzuteilen und Ablenkungen zu vermeiden („effort regulation management“), eine Varianzaufklärung von 24 % auf (Martinie et al., 2023, S. 322). Diese sind wiederum mit akademischer Leistung verbunden, da sie sich positiv auf den Einsatz von kognitiven Lernstrategien auswirken (Martinie et al., 2023, S. 323). Daher wird sich aufgrund der Rahmenbedingungen für den Kurs für eine exemplarische Strategie des Zeitmanagements entschieden: die Pomodoro-Technik (Cirillo, 2018). Ein Pomodorozyklus besteht aus vier 25-minütigen aktiven (Lern-)Einheiten. Die ersten drei davon werden durch eine fünfminütige Pause getrennt. Nach der vierten Einheit folgt eine längere Pause von ca. 20 bis 30 Minuten. Nach dieser langen Pause kann dann wieder ein vollständiger Zyklus begonnen werden.

Diese Methode wurde nach Kenntnis der Autorin dieser Arbeit erst nach der Durchführung des Workshops wissenschaftlich beforscht.[126] Dennoch war sie bereits zum Planungs-Zeitpunkt beliebt und vertreten in (YouTube-)Videos und Literatur zum Thema Lernen und Prüfungsvorbereitung (Biwer et al., 2023, S. 355). Entscheidend für die Auswahl ist die Einfachheit, die auch Noviz:innen einen schnellen Zugang

[126]Nach Kenntnis der Autorin zum ersten Mal von Biwer und Kolleg:innen (2023).

zur Technik erlaubt. Dieser Aspekt ist gerade im Hinblick auf ein Prokrastinieren entscheidend. Komplexe Vorgehensweisen und Gewohnheiten, die erst noch etabliert werden müssen, würden dagegen eine weitere Hürde darstellen, wenn die erste ohnehin Überwindung darstellt, ins Handeln zu kommen. Zum anderen bestätigen Studien auch die Selbsteinschätzung der Studierenden bzgl. Ablenkungen: Lernende unterbrachen in einer dreistündigen Einzel-Lernsitzung im Durchschnitt 35-Mal ihre Einheit (Calderwood et al., 2014, S. 19). Dabei zeigte sich, dass gerade die Studierenden mit höherem negativem Affekt mehr und längere Unterbrechungen zeigten (ebd.).[127] Durch die zeitliche Beschränkung für die Lerneinheiten – sogenannte „Pomodoros“ (vgl. nächster Abschnitt) sinkt zudem die Wahrscheinlichkeit für Ablenkungen während dieser. Studierende fühlen sich stärker motiviert für ihr Lernen und weniger abgelenkt, da die nächste Pause *nur einige Minuten entfernt* ist (Biwer et al., 2023, S. 363).[128]

Die Pomodoro-Technik

Jedes der einzelnen Themen der Videos stellt in Wirklichkeit einen ganzen Themenbereich dar – die teilweise für sich allein genommen bereits wörtlich ganze Bücher füllen. Um dennoch griffig und in wenigen Minuten Dauer das Thema Zeitmanagement aufzugreifen, wurde die Pomodoro-Technik eingesetzt.[129] In aktuellen Studien wurde konkret die Pomodoro-Technik im Hinblick auf die Einsatz-Regulation („effort regulation“) untersucht (Biwer et al., 2023; vgl. auch Santiago und Gurat, 2023). Es zeigen sich deutliche Hinweise auf besseren Lernerfolg. Zum einen unterstützt die Pomodoro-Technik die Lernenden, regelmäßige Pausen zu machen: Pausen sind ein wichtiger bis notwendiger Bestandteil erfolgreicher Lerneinheiten, da Lernen ein Prozess ist, der hohe Stoffwechselaktivität im Gehirn mit sich bringt (vgl. Myers, 2014, S. 103). Rechtzeitige Pausen können somit einerseits helfen, die Zeit, die erfolgreich für das Lernen aufgewendet wird, zu verlängern – ähnlich wie bei einem Intervalltraining beim Joggen mit Pausen dazwischen, bei dem insgesamt mehr Einheiten bzw. längere

[127] Die Dauer dieser häufigen Unterbrechungen waren zwar insgesamt kürzer als diese für einen vollständen Pomodorozyklus vorgesehen sind (≈ 26 Minuten – Calderwood et al., 2014, S. 19). Dennoch gilt zu bedenken, dass jede Unterbrechung wieder mentale Kosten mit sich bringt: jede Unterbrechung erfordert, sich im Anschluss wieder in die vorhergehende Aufgabe einzuarbeiten („switch costs“ – Leber et al., 2008, S. 13592).

[128] „I didn’t let myself get distracted that easily because I was thinking: ‚It’s only 12 min, I’ll do this in the next break‘.“ (Biwer et al., 2023, S. 363).

[129] Diese ist nach der Küchen- bzw. *Eieruhr* des Urhebers benannt, welche die Form einer Tomate (ital. *pomodoro*) hatte.
https://francescocirillo.com/products/the-pomodoro-technique – zuletzt abgerufen: 16.08.2023.

Strecken absolviert werden, als es ohne Pausen möglich wäre. Oft fehlt andernfalls die notwendige Energie, um Ablenkungen noch länger widerstehen zu können (vgl. Metcalfe und Mischel, 1999, S. 9). Andererseits stellen Pausen wieder Anforderungen an die Lernenden, da Zeitpunkt und Dauer entschieden werden müssen (vgl. „ego depletion“ S. 41). Willenskraft ist wie Konzentrationsfähigkeit eine Ressource, die sich mit Zeit und Anstrengung verbraucht. Eine Fehlannahme auf die Menschen in dieser Hinsicht immer wieder herein fallen, ist der Glaube, ein Plan, der in einem ressourcenreichen Zustand geschmiedet wurde, könnte einfach in einem ressourcenschwachen Zustand umgesetzt werden (Metcalfe und Mischel, 1999, S. 4). Das bedeutet, dass solche Vorhaben oft zum Scheitern verurteilt sind, die Entscheidungen von Menschen verlangen – insbesondere wenn diese eben in keinem ressourcenreichen Zustand sind. Der Vorteil der Pomodoro-Technik besteht nun darin, dass sie zum einen ein Gerüst vorgibt. Es gibt Vorgaben über die Länge der Einheiten und vor allem der Pausen. Lernende neigen dazu, in selbstregulierten Lerneinheiten sowohl länger am Stück zu lernen als auch ausgedehntere Pausen zu machen (Biwer et al., 2023, S. 363). Jedoch geben Studierenden an, reguläre Pausen als erfrischend bzw. erholsam („refreshing“) zu empfinden und sich somit besser auf den folgenden Lernblock konzentrieren zu können (ebd.). In der Handreichung wurde dennoch unter der Berücksichtigung des Autonomiebedürfnis und der individuellen Anforderungen bereits angesprochen, dass diese auch verkürzt werden können (vgl. Handreichung S. 11-12 – Anhang S. 409).

Zum anderen wird der menschliche Tagesrhythmus („circadian“) von einem kürzeren, ca. 90 bis 120-minütigen ultradianen Rhythmus überlagert (Becker-Carus und Wendt, 2017, S. 240). Somit verwundert es nicht, dass ein vollständiger Pomodoro-Zyklus in diesem Bereich liegt und neben kleineren Zwischenpausen eine große zwischen zwei Zyklen legt.[130]

Motivation und Ablenkung

Das Thema Ablenkung hat in den letzten Jahren immer mehr an Brisanz erhalten. Im Abschnitt »Art und Länge der Videos«, S. 255 wird bereits die rasante Zunahme von Video-Betrachtungsdauern angesprochen. Das Smartphone ist omnipräsent bei Adoleszenten, was sicherlich auch Vorteile für das Lernen mit sich bringt: bspw. eine Vielzahl an Lernapps und Möglichkeiten, Fragen und Begriffe direkt zu *googlen* – also im Internet zu recherchieren etc. Ein beträchtlicher Nachteil ist allerdings das stetige Ablenkungspotential, welches damit einhergeht. Das Video ›Best Practices‹ greift

[130] Ein Pomodorozyklus besteht aus vier 25-minütigen aktiven Einheiten und anschließender längerer Pause von 20 bis 30 Minuten s.o.

diesen Aspekt auf, versucht dabei jedoch im Bereich des Vorschlagens zu bleiben, da hier leicht eine patronisierende Wirkung entstehen könnte:
→*[... Die Wahl deiner Vorgehensweise] „hängt natürlich auch davon ab, ob du dich jedesmal in Social Media verlierst, wenn du eigentlich anfangen wolltest zu lernen. Es gibt inzwischen sogar Apps, die Bäume pflanzen, wenn du eine bestimmte Mindestzeit offline bleibst. Apropos Handyhygiene: es gibt Studien, die zeigen, dass uns die bloße Anwesenheit unseres Smartphones schlechter macht, wenn es darum geht, abstrakte Denkaufgaben zu lösen.*[131] *Ich lasse dich jetzt mal deine eigenen Schlüsse daraus ziehen. .*“[132] Da der Punkt Ablenkung in seiner Bedeutung auch von den Studierenden als eine der Hauptschwierigkeiten benannt wird, wird er in der Handreichung ebenfalls aufgegriffen (vgl. Handreichung S. 9 Kasten – Anhang S. 407).

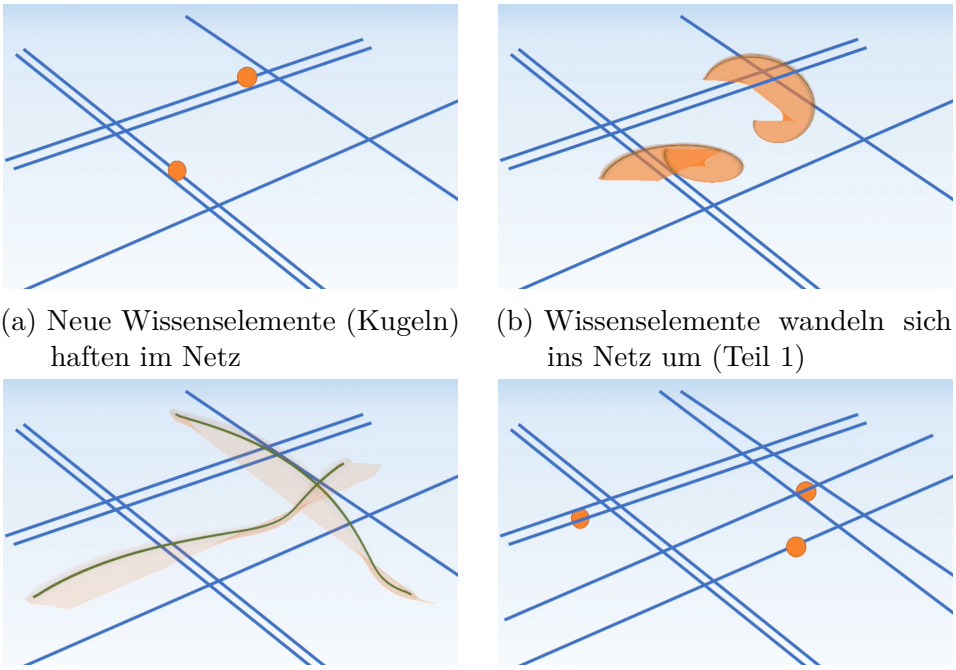
Bedeutung von Vorwissen

Gleichzeitig kommen einige Studierende nicht zu dem Punkt der Ablenkung, da sie sich erst gar nicht überwinden können anzufangen. Aus diesem Grund wurde u.a. die Pomodoro-Technik vorgestellt, um möglichst niederschwellig einen Einstieg zu erlauben. Darüber hinaus wurde das Video aufgebaut, um Alltagstipps einfließen zu lassen, die hauptsächlich zwei Zwecken dienen sollten: die vorgestellten Lerntechniken umsetzen zu können und vor allem erst gar keinen *Berg anzuhäufen*, der dann irgendwann so groß erscheint, dass Studierende eher ans Aufgeben denken, weil sie keine Möglichkeit mehr sehen, ihn abzutragen.
Der Stoff der gesamten Oberstufe wird häufig in wenigen Wochen zu Beginn des ersten Semesters abgehandelt und zudem oft noch auf abstrakterem Niveau. Die Studierenden müssen daher fast zwangsläufig ihre Gewohnheiten umstellen, die in der Schulzeit u.U. noch gut funktioniert haben. Es ergibt daher Sinn, an Vorlesungen nicht nur passiv teilzunehmen. Idealtypisch würden Studierende sich auf diese im Vorfeld vorbereiten, währenddessen aktiv Fragen zum Inhalt notieren und diese im Anschluss aufarbeiten. Das stellt natürlich viel mehr Aufwand dar, als in den Unterricht zu gehen, sich *berieseln* zu lassen und ein paar Tage vor der Klausur mit dem Lernen anzufangen. Aufwand kann und wird von Lernenden häufig mit Mühe gleichgesetzt. Gleichzeitig können sich diese Mühen bezahlt machen, wenn diese subjektiv als *lohnenswert* eingeschätzt werden (vgl. Inzlicht et al., 2018). Das

[131] Selbst wenn das Smartphone auf Ruhemodus gestellt ist – aber immer noch präsent – fallen die Leistungen der Collegestudierenden schlechter aus, als wenn es ausgeschaltet ist oder sich in einem anderen Raum befindet (vgl. Canale et al., 2019).
[132] Zeitstempel Video ›Best Practices‹: 00:35.

bedeutet, dass mit dem Aufwand auch ein Ziel und somit Sinn verbunden sein muss, um diese Investition (Zeit, Energie, Verzicht etc.) zu tätigen.

Um ein Verständnis für diesen Prozess aufzubauen, wird daher im Video ›Best Practices‹ auch die Bedeutung von Vorwissen aufgegriffen. Dabei kann in der Kürze kein vertiefter Einblick in konstruktivistische Ansätze gegeben werden oder tiefergehend auf die Notwendigkeit von Vor- bzw. Faktenwissen für den Erwerb weiteren Wissens und Kompetenzen eingegangen werden (vgl. Willingham, 2009, S. 25 ff.). Um dennoch zumindest das Grundprinzip griffig zu veranschaulichen, wird das Konzept des Wissensnetzes der Autorin Vera Birkenbihl aufgegriffen.[133] Dieses beschreibt: je mehr eine Person weiß, desto engmaschiger ist ihr Wissensnetz bereits. Daher kann die *wissendere* Person auch schneller und leichter neues Wissen *einfangen*. Der Clou: jedes neu hinzugekommene Wissenselement verdichtet das Netz weiter.



(a) Neue Wissenselemente (Kugeln) haften im Netz

(b) Wissenselemente wandeln sich ins Netz um (Teil 1)

(c) Wissenselemente wandeln sich ins Netz um (Teil 2)

(d) Dichteres Netz und weitere Wissenselemente

Abbildung 9.6.: Vier Videosequenzen Best Practises

→*„Hintergrund ist auch hier wieder die Art und Weise, wie unser Gehirn mit neuen Informationen umgeht. Je mehr Vorwissen wir in einem Thema haben, desto einfacher fällt es, etwas Neues darin zu integrieren.“*[134] Hierzu wurde eine Animation

[133] Vgl. S. 46 ff. ›Stroh im Kopf‹ von V. Birkenbihl (2002).
[134] Zeitstempel Video ›Best Practices‹: 02:43.

eines *Wissensnetzes* aufgebaut, welches engmaschiger wird, wenn neues Wissen hinzu kommt (vgl. Abbildung 9.6). Die neuen Wissenselemente wurden zunächst durch Kugeln (orange) symbolisiert, die sich zum Teil im Wissensnetz (blau) verhaften. Anschließend wandeln sich diese mit Hilfe eines Morphingeffektes von ›Power Point‹ wieder mit Farbübergang (grün) in weitere blaue Netzstreben um.

Wichtig erschien hierbei auch gleichzeitig den *Genie-Mythos* zu adressieren: →*„Deshalb entsteht manchmal der Eindruck, dass einigen Personen etwas gerade so zufliegt. Häufig unterschätzen wir, dass der- oder diejenige schon viel mehr Hintergrundwissen hat als wir in diesem Moment – die richtige Strategie nicht zu vergessen.“*[135] Damit wurde wieder der Gedanke des Growth Mindset aufgegriffen. Bestehende Unterschiede in Leistungen zwischen Personen lassen sich zu einem großen Teil auf den Unterschied im Vorwissen in diesem Bereich zurückführen.[136] Damit ergeben Effekte – wie das Chunking oder der Matthäus-Effekt beim Lernen neuer Informationen – eine wissenschaftlich haltbare und lernförderliche Erklärung für diese Unterschiede. Darüber hinaus wird auch der Boden bereitet für die Bereitschaft, sogenanntes Faktenwissen zu erwerben. Lernende glauben häufig, dass Denken unabhängig vom Wissen funktioniert (Willingham, 2009, S. 29). Dabei können sich gerade Noviz:innen zunächst nur im Rahmen ihres bestehenden Wissens bewegen (Chi et al., 1981, S. 122). So scheinen diese für neuerworbenes Wissen zunächst *lokal* begrenzte bzw. (naive) Präkonzepte zu konstruieren (vgl. ebd.; Gruber, 2018, S. 78). Der Prozess eines adäquaten Konzeptaufbaus kann wiederum nur durch die Lernenden selbst erfolgen (Schecker et al., 2018, S. 24) – also durch die Konstruktion und Rekonstruktion ihres eigenen Wissensbestandes. Damit spielt Vorwissen eine entscheidende Bedeutung, nicht nur für den Erwerb von neuem Wissen, sondern auch für den Aufbau höherer Repräsentationen und somit schließlich die Entwicklung von Kompetenz und Expertise.

[135] Zeitstempel Video ›Best Practices‹: 03:00.
In der Handreichung wurde zudem auch der Effekt des Chunkings angerissen (vgl. Handreichung S. 15 – Anhang S. 413).

[136] Damit soll ein möglicher Einfluss von Intelligenz nicht per se negiert werden. Allerdings zeigen sich zum Teil überraschende Effekte: Die Gedächtnisleistungen von Schachmeister:innen sind ähnlich schlecht wie die von Noviz:innen, wenn die Schachfiguren randomisiert auf dem Spielfeld positioniert werden – und damit der auf Chunking basierende Vorteil der Meister:innen egalisiert wurde (vgl. Chase und Simon (1973) in Pfister et al., 2017, S. 350).

9.8 Personas und Diversität

Grundlage für die Erstellung des Workshops sind vier Personas. Diese Zahl wird gewählt, um gleich viele männliche und weibliche Personen zu nehmen. Lediglich zwei Personas zu nehmen, erscheint als zu gering, um im ausreichenden Maße Diversität abzubilden. Daher wurde bei der Ausgestaltung darauf geachtet, möglichst vielfältige Charaktere aufzubauen. Ein besonderes Augenmerk liegt hierbei auf der Berücksichtigung von Personen, deren Zugehörigkeitsgefühl im Physikstudium ggf. geringer ausgeprägt ist (vgl. Abschnitt »Untersuchung von Teilgruppen«, S. 300). Aus den aufgebauten Personas wurden anschließend die Selbstberichte für den Workshop aufgebaut (vgl. Abschnitt »Selbstberichte«, S. 225). Die Namen und Photographien der Personas wurden so gewählt, dass phänotypische Eigenschaften, die auf einen möglichen Migrationshintergrund hinweisen, präsent waren. Hierfür wurden echte Bilder verwendet und keine *Modell-Bilder*[137] (vgl. Abbildung 9.7).

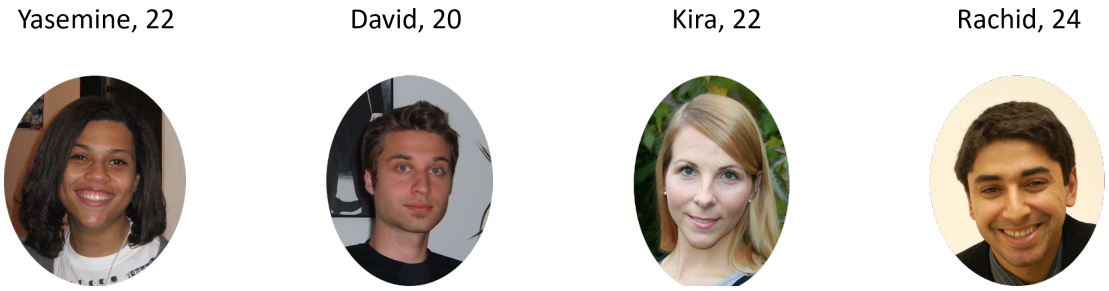


Abbildung 9.7.: Photos der Personas

Drei der vier Personen auf den Photos besitzen auch im wirklichen Leben einen Migrationshintergrund.[138] Der Name Kira wird bewusst als nicht traditionell deutsch gewählt, aber dennoch als phonetisch bekannt. Die anderen Namen lassen interpretatorische Spielräume über eine mögliche religiöse Zuordnung. Das Alter der Personas wurde auf 20 bis 24 Jahre gesetzt, so dass es erstens zu den Bildern passte und zweitens für die Teilnehmenden glaubwürdig erschien, dass diese schon aus ihrem *Erfahrungsschatz* berichten konnten. Damit bieten sich für Studierende mit und ohne Migrationshintergrund bzw. mit und ohne Erste-Generations-Status vielfältige Möglichkeiten zur Identifikation mit den Personas, die Eigenschaften und Erlebnisse

[137] Dr. Helene Zeeb wies in einem telefonischen Beratungsgespräch (19.02.2021) darauf hin, dass die Teilnehmenden ihres Mindset-Workshops die Selbstberichte als *gescriptet* wahrnahmen aufgrund der *zu* professionellen Aufnahmen *hübscher* Personen (Models) auf den Photos, was als nicht mehr authentisch seitens der Teilnehmenden wahrgenommen und von diesen auch in der Art rückgemeldet wurde.

[138] Die vier realen Personen besitzen Vorfahren aus: Amerika, Afrika, Asien und Europa.

mit den ihnen durch Namen, Photos und schließlich dem Inhalt der Selbstberichte teilen (Myers, 2014, S. 754).

9.8.1 Aufbau der Selbstberichte

Mit den vier Personas konnten vier Selbst- bzw. Erfahrungsberichte[139] aufgebaut werden, die alle einem gewissen Muster folgen:

(1) Beschreibung von Straucheln zu Beginn des Studiums
(2) Beschreibung eines Lösungsansatzes
(3) Übernahme des Ansatzes und positiver Affekt
(4) Relativierung (keine Wunderpille)

Die Sprache ist in Umgangssprache gehalten. Zeitgenössische Begriffe bzw. Anglizismen wie ›Game-Changer‹ oder ›easy‹ werden dabei nur sparsam gebraucht und so, dass es im englischen Grundwortschatz vorhanden und die Bedeutung damit aus dem Kontext abzuleiten ist.

Diese Vorgehensweise soll exemplarisch am einem Selbstbericht dargestellt werden:

Yasemine, 22 Jahre

Am Anfang hatte ich **(1) im Studium ganz schön zu kämpfen**. Irgendwann hatte mich meine Tutorin angesprochen. Sie **(2) schlug mir den Mathe-Brückenkurs vor**. Da habe ich mich erstmal total blöd gefühlt. Ich hatte zwar nur Mathe-Grundkurs, aber ja immerhin Physik-Leistungskurs. Eine Woche später bin ich dann doch hin. Ich war total überrascht, dass dort auch Leute aus meinem Studium saßen, von denen ich dachte, die kapieren doch immer alles sofort. Meine Tutorin hatte Recht. Nachdem ich meine Lücken aufgearbeitet hatte, **(3) hat es auch endlich wieder Spaß gemacht**. Naja, meistens. **(4) Harte Arbeit** war es natürlich trotzdem.

9.8.2 Themen der anderen Selbstberichte

Herausforderungen der Studierenden:

- Unsicherheit, Vergleich mit anderen
- Erste-Generationsstudierende
- Lernmethoden aus der Schulzeit funktionieren nicht mehr
- Zweifel an Eignung nach schlechten Klausuren
- Starke Belastung durch Doppelstudium

[139] Vgl. alle vier Berichte im Anhang »Erfahrungsberichte«, S. 385.

- Tunnelblick, Verlust von Freude am Fach

Eingearbeitete Lösungsansätze in den Berichten:

- Austausch mit anderen Kommiliton:innen
- Vorbereitung auf die nächste Vorlesung
- Lerngruppen, Lerntandem
- Uni-Kursangebote für Lerntechniken
- Gegenseitig erklären und Lücken aufarbeiten
- Tutor:in werden

Hierbei wird ein Teil der Lerntechniken angetippt. Jedoch liegt der Schwerpunkt der Selbstberichte in der Normalisierung von Schwierigkeiten und vor allem im Aufsuchen von Unterstützung. So thematisieren alle vier Berichte, wie sich die Persona an jemand Externen gewandt haben (Freund:in, Tutor:in, Professor:in). Dies wird in den Videos dagegen bewusst nur am Rand angesprochen, um hier nicht vorschreibend zu wirken oder gar als ob die Kursteilnehmenden *es nötig hätten* (vgl. Stigmatisierung – Abschnitt »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung«, S. 222). Im Gegenteil hierzu, wird in einem Selbstbericht beschrieben, dass eine Person sogar ein Doppelstudium aufgenommen hat und bei beiden mitkommt. Hier wird ein *Tunnelblick* als Grund konstruiert, das Gespräch mit der Professorin aufzunehmen.

In den Selbstberichten werden verschiedene Formen dieser Unterstützungsmaßnahmen vorgestellt. Dabei wird jedoch auch versucht, diese nicht als die jeweilige einzig mögliche Lösung vorzustellen, so dass die Idee ›den eigenen Lernweg zu finden, der zu einem passt‹ auch hierin aufgegriffen wird:
→*„Er war auch derjenige, der mich in seine Lerngruppe mitgenommen hat. Das war mein Game-Changer. Die Jungs bearbeiteten nicht nur Aufgaben nach den Vorlesungen, sondern besprachen auch gemeinsam die Themen für die nächste. Kein Wunder, dass sie schon immer in der Vorlesung Dinge vom Prof. wissen wollten, wo ich nicht mal die Frage verstanden hatte. Ganz ehrlich, ich bin immer noch jemand, der lieber allein lernt. Aber ich habe mir einiges bei der Gruppe abgeschaut und gemeinsam Mensa-Essengehen ist immer drin.“*

9.9 Weitere Elemente des Workshops

9.9.1 Value-Affirmation

Value-Affirmation beschreibt eine sehr einfache und kurze Übung, in der ein oder mehrere persönlich bedeutsame Werte notiert bzw. aus einer vorgegebenen Liste

ausgewählt werden z.B. Zuverlässigkeit, Sinn für Humor, Hilfsbereitschaft o.ä. (Cohen et al., 2009, S. 400). Diese simple Form einer Einzelsitzungs-Intervention zeigte wiederholt in Studien eine positive Wirkung auf die Motivation der Teilnehmenden und sogar die Notendurchschnitte – über zwei Jahre hinweg und insbesondere bei Studierenden aus Minderheitengruppen (Cohen und Sherman, 2014; Cohen et al., 2009; Creswell et al., 2005). Die Studie von Creswell und Kolleg:innen (2005) legt nahe, dass diese Form der Intervention eine stresspuffernde Wirkung auf endokriner Ebene zeigt – und Personen nach der Intervention mit geringerer Ausschüttung von Stresshormonen reagieren (Creswell et al., 2005, S. 848). Dies zeigt sich auch in der Bewertung von Stress: diejenigen Studierenden, die an einer Value-Affirmation-Intervention teilnehmen, berichten von geringerer Stresswahrnehmung im anschließenden Stress-Test („stress tasks“ – Creswell et al., 2005, S. 849). Diese Laborbefunde konnten in Feldstudien über die zwei bzw. drei ersten College-Studienjahre hinweg bestätigt werden: so werden insbesondere Studierende von Minderheitengruppen bzw. leistungsschwächere Studierende gegen einen Notenabfall über die Zeit geschützt (Cohen et al., 2009, S. 402; Cohen und Sherman, 2014, S. 364). Die Autor:innen vermuten für die Wirkweise dieser wirklich kurzen Intervention ebenfalls einen rekursiven Prozess (vgl. Abschnitt »Psychologie von Interventionen zur Verhaltensänderung«, S. 221).

Diese Intervention hat zunächst keinen direkten Zusammenhang mit bzw. Bedeutung für die Entwicklung eines Growth Mindsets. Jedoch war es ohnehin notwendig, sinnvolle Inhalte als Aktivitäten zwischen den Videos einzuarbeiten. Die mögliche positive Wirkung auf Studierende – insbesondere Risiko-Studierende – machte die ca. zweiminütige Übung zu einer idealen Schreibaufgabe, die den sonst eher inputlastigen Workshop auflockert.[140]

Die Übung besteht aus der kurzen Aufforderung: *„Welche beiden Eigenschaften besitzt Du, die Du wichtig findest für ein erfolgreiches Studium?“* Zum Ausfüllen wurden zwei Freitextfelder angeboten mit der Beschriftung „Eigenschaft 1“ bzw. „Eigenschaft 2“.

9.9.2 Schreibübung: saying-is-believing

Schließlich gibt es zum Abschluss des Workshops noch die Schreibübung: saying-is-believing (vgl. Abschnitt »Schreibübung – „saying-is-believing“«, S. 226). Diese stellt einen integralen Bestandteil der klassischen Mindset-Intervention dar (vgl.

[140] Es bleibt jedoch zu bemerken, dass hierzu keinerlei weitere empirische Nachverfolgung in diesem Zusammenhang vorgesehen war.

Abschnitt »Struktur einer klassischen Mindset-Intervention«, S. 223). Der Titel der Workshop-Folie lautet: „Dein Ratschlag“.

Der Name Kay wurde bewusst als genderneutral in der Variante mit Ypsilon gewählt und dies mit dem Zusatz in Klammern hervorgehoben. Die Aufgabe wird so gestellt, dass bestenfalls ein Brief dabei herauskommt. Da diese Schreibarbeit jedoch ggf. abschreckend wirkt, wird der Zusatz angefügt, dass es eben auch in Stichworten möglich ist. Das ist suboptimal, aber eben besser, als wenn die Aufgabe gar nicht bearbeitet wird. Der Aufforderungstext wird wie folgt verfasst:
→*„Du hast jetzt jede Menge über erfolgreiche Strategien für's Lernen gehört. Am besten lernt man, wenn man es jemand anderem lehrt, also: Stell Dir vor Kay (w/m/d) studiert mit Dir und tut sich gerade schwer mitzukommen. Was würdest Du Kay raten? Die Übung bringt Dir am meisten, wenn Du Dich richtig hineinversetzt und eine Art Brief an Kay schreibst. Stichworte gehen aber auch.*“

10. Durchführung und Auswertung einer Mindset-Intervention

„You have a choice. Mindsets are just beliefs. They're powerful beliefs, but they're just something in your mind, and you can change your mind.“

Carol Dweck[1]

10.1 Studiendesign

Die Durchführung der Studie zum Einsatz des Prototyps einer physikdomänenspezifischen Mindset-Intervention fand im Wintersemester 2021/22 statt (siehe schematische Darstellung des Studiendesigns in Abbildung 10.1, S. 282). Für die Teilnahme konnten elf deutsche[2] und zwei österreichische[3] Hochschulen gewonnen werden. Dabei sah das ursprüngliche Studiendesign so aus, dass vor der Durchführung der Intervention die Studierenden im Bereich der Physik (Bachelor-, Nebenfach- und Lehramtsstudierende) zunächst den weiterentwickelten Fragebogen zum domänenspezifischen Mindset im Bereich der Physik ausfüllten (vgl. Abschnitt »Aufbau und Validierung des Testinstrumentes« S. 123). Als Zeitpunkt T1 (FB-T_1 großer Fragebogen) wurde den teilnehmenden Dozent:innen direkt der Semesterstart der Studienbeginnenden vorgeschlagen. Im Anschluss wurde den Studierenden die URL (bzw. QR-Code) für den Zugang zum Workshop bereitgestellt. Im Interventionsworkshop wurde ebenfalls ein Kurzfragebogen mit zwei Items zu Beginn und Ende des Workshops integriert (vgl. nächster Abschnitt). Schließlich sollten die Studierenden nach sechs bis acht Wochen zur erneuten Teilnahme am großen Fragebogen (FB-T_2) aufgefordert werden seitens ihrer Dozent:innen. Diese Teilnahme wurde incentiviert durch den Erhalt des Downloadlinks für die Handreichung zur Intervention (vgl. Handreichung Anhang S. 397).

[1] Dweck (2008a, S. 16).
[2] Deutsche Hochschulstandorte: Bochum, Braunschweig, Frankfurt, Göttingen, Köln, Ludwigsburg, Osnabrück, Ravensburg-Weingarten, Schwäbisch Gmünd, Tübingen und Würzburg.
[3] Österreichische Hochschulstandorte: Graz und Wien.

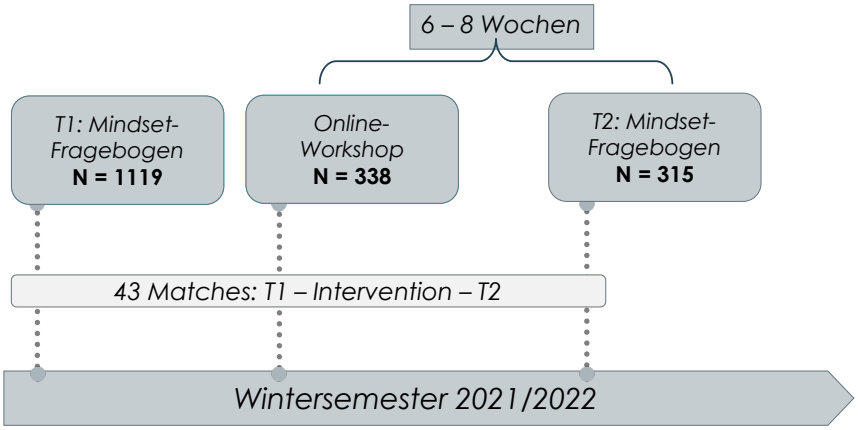


Abbildung 10.1.: Schematische Darstellung des Studiendesigns

Die Anzahl der Teilnehmenden (vgl. 10.1) stimmte zunächst während der Durchführung optimistisch. Wie im Abschnitt »Anonymer Code« S. 126 dargestellt, sollten die Studierenden zu allen Messzeitpunkten ihren selbstgewählten eindeutigen Code eingeben, um die Testungen anschließend matchen zu können und somit als „quasi-experimentelle Studie“ im Prä-Post-Design aufzubauen (Döring und Bortz, 2016, S. 209).

	Teilnehmende
T1 – großer Fragebogen	1119
Online-Workshop	338
T2 – großer Fragebogen	315

Tabelle 10.1.: Teilnehmende Studierende

Nach Abschluss der Testung konnten jedoch insgesamt nur 43 Studierende identifiziert werden, die sowohl beide Male im großen Fragebogen (FB-T_1 und FB-T_2) als auch während des Interventionsworkshops den selben Code angegeben hatten. Auch ein Abgleich über mögliche Tippfehler ließ keine weiteren eindeutigen Zuordnungen über die Zuordnung zum Hochschulstandort und Geschlecht zu. Daher wird sich im Folgenden zunächst ausschließlich auf den Kurzfragebogen konzentriert, der mit zwei Items zu Beginn (KF-T_1) und am Ende (KF-T_2) des Workshops gestellt wurde.

10.1.1 Kurzfragebogen

Neben dem vollständigen Fragebogen sollte zusätzlich innerhalb der Intervention das Mindset möglichst knapp erfasst werden. Damit sollte die kurzfristige Wirkung des

Workshops erhoben werden. Hierbei stand vor allem der zeitökonomische Aspekt im Zentrum, da jede Befragung nur so gut ist, wie Teilnehmende auch bereit sind, diese bis zum Ende auszufüllen (vgl. Krüger et al., 2014, S. 37). Daher wurde sich für diesen Kurzfragebogen an den zwei Einzel-Item-Skalen („single-item-scale“) von Aronson und Kolleg:innen (2002) orientiert und diese für den Kontext des Physikstudiums angepasst:

- Item Begabungsüberzeugung:
  „Ich kann zwar Neues lernen, aber ich kann nichts daran ändern, wie begabt ich grundsätzlich in meinem Studienfach bin.“[4]
- Item Intelligenzüberzeugung:
  „Ich glaube nicht, dass ich meine Intelligenz deutlich verbessern könnte, selbst mit genügend Zeit und Anstrengung.“[5]

Auf der achten und 20. Folie wurden die Studierenden aufgefordert jeweils diese zwei Mindset-Items zu bewerten. Die Items wurden dabei bewusst invertiert formuliert, um der Verzerrung in Richtung sozialer Erwünschtheit vorzubeugen (vgl. Diseth et al., 2014, S. 7).[6] Die Worte nicht bzw. nichts wurden dabei fett hervorgehoben, um einem Überlesen der negativen Formulierung vorzubeugen.[7] Die Itemreihenfolge wurde für die zweite Abfrage (KF-T_2) umgekehrt und statt der Skala der Buchstaben a bis f mit den Zahlen von eins bis sechs versehen. Optisch wurde dies unterstützt durch farbig blauschattierte Dreiecke (vgl. Abbildung 10.2). Die Ich-Perspektive wurde gewählt, um die eigene Situation der jeweiligen Person in den Fokus zu stellen.

10.1.2 Struktur des Online-Workshops

Der Online-Workshop war als sogenannte Einzelsitzungsintervention („Single-Session-Intervention“ – Yeager et al., 2022, S. 7) angesetzt. Das bedeutet, dass die Intervention – auch wenn sie hätte unterbrochen werden können – darauf ausgerichtet war, in einem Zug bearbeitet zu werden. Somit sollte die Gesamtdauer unter einer Stunde liegen, da andernfalls mit wesentlich höheren Abbruchraten zu rechnen gewesen wäre. Die

[4] Vgl. originaler Wortlaut: „you can learn new things, but you can't really change your basic intelligence“ – Aronson et al., 2002, S. 118.

[5] Vgl. originaler Wortlaut: „you have a certain amount of intelligence and you really can't do much to change it“ – Aronson et al., 2002, S. 118.

[6] Empfehlung von Prof.^{in} Mary Murphy, Department of Psychological and Brain Sciences der Universität Bloomington, Indiana USA – Online-Beratungstermin vom 11.03.2021. Vgl. auch Abschnitt »Augenscheinvalidität und soziale Erwünschtheit« S. 117.

[7] Menschen neigen dazu, sich den positiven Fall einer verneinten Aussage vorzustellen. Bekannte Beispiele hierfür sind der Eisbär oder der rosa Elefant, an die eben NICHT gedacht werden soll und die sich eben doch vorgestellt werden (vgl. Wegner et al., 1987; Wegner, 2011).

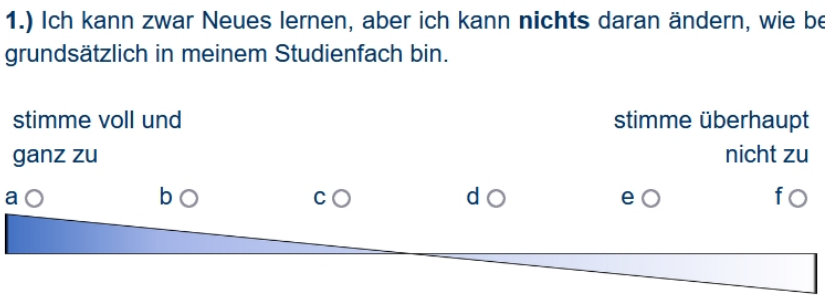


Abbildung 10.2.: Kurzfragebogen in tet.folio

Gesamtabspieldauer der Videos lag bei ca. 26 Minuten. Mit den Selbstberichten und Aufgaben lagen die Testbearbeitungsdauern im Bereich von 40 bis 45 Minuten. Diese Dauer wurde somit auch den Studierenden auf der Begrüßungsfolie (Nr.3) angegeben, um sich darauf einzustellen. Die Frage *„Hast Du gerade genug Zeit und bist bereit?“* konnte sowohl mit einem grauen ›Nein‹-Button als auch mit einem grünen ›Ja‹-Button beantwortet werden. Hierin bestand die einzige Verzweigung des ansonsten linear aufgebauten Kurses: bei Anwählen von ›Ja‹ wurde der Kurs fortgesetzt, bei ›Nein‹ gelangte die Person auf eine Seite mit dem Text *„Auf Wiedersehen! Auch wenn Du heute keine Zeit hattest, wir freuen uns, wenn Du den Kurs bald machst! Bis dahin, alles Gute!“*. Von dort bestand jedoch die Möglichkeit mit Hilfe eines weiten Buttons mit der Aufschrift ›Doch loslegen‹ wieder zum Kurs zurückzukehren. Vor dem Inputteil wurden noch der anonyme Code abgefragt und als Kovariaten Informationen zu einem möglichen Migrationshintergrund und Erste-Generationsstudie-renden-Status („First-Gen“) abgefragt (vgl. nächster Abschnitt).

Reihenfolge

Die Reihung der Videos ergab sich aus der Bedeutung für den zentralen Inhalt – die Mindset-Botschaft. Daher wurde das Video ›Gehirn und Neuroplastizität‹ als erstes inhaltliches Video platziert. Vorgelagert war das Einstiegsvideo, da es zum einen die Funktionen der einzelnen Bestandteile erklärt und zum anderen die Motivation für die vollständige Teilnahme am Kurs erzeugen sollte (vgl. Abschnitt »Einstiegsvideo« S. 261). Anschließend wurde das Video zu den Lerntechniken unter dem Begriff ›Strategien‹ angeboten; es folgten die Videos zur ›Feynman-Technik‹ und zum Schluss zu den ›Best Practises‹.

Zwischen den Videos wurde jeweils ein Selbstbericht eingefügt und in der Regel eine weitere Aktivität. Damit ergibt sich die folgende Reihenfolge den einzelnen Elemente:

- Video: ›Einstieg‹
- Erste Abfrage Mindset
- Erfahrungsbericht David 20 Jahre
- Warm-up Quiz
- Video: ›Gehirn und Neuroplastizität‹
- Erfahrungsbericht Kira 22 Jahre
- Werte für ein erfolgreiches Studium „Value Affirmation“
- Video: ›Strategien‹
- Erfahrungsbericht Rachid 24 Jahre
- Video: ›Feynman-Technik‹
- Lösung: Warm-up Quiz
- Video: ›Best Practices‹
- Zweite Abfrage Mindset
- Erfahrungsbericht Yasemine 22 Jahre
- Dein Ratschlag „Saying-is-believing“
- Lesetipps und Quellenangaben (Literaturverzeichnis als Download – PDF-Datei)
- Ende

10.2 Akzeptanz

Die dritte Forschungsfrage der vorliegenden Arbeit lautet:
Wie ist die Akzeptanz der Studierenden für die Intervention?

Um die Akzeptanz eines solchen Workshops zu erheben, bestehen verschiedene Möglichkeiten: z.B. Interviews oder lautes Denken der Teilnehmenden beim Bearbeiten des Kurses (vgl. Sandmann, 2014, S. 179 ff.). Die Erarbeitung des Workshops fand jedoch unter den Einschränkungen der CoVid19-Pandemie statt (vgl. S. 93) und den damit einhergehenden Unsicherheiten darüber, unter welchen Bedingungen die Intervention durchgeführt werden würde. Damit mussten alle Schritte von der Durchführung bis zur Erhebung maximal asynchron konzipiert werden, um dennoch eine möglichst große Gruppe an Personen anzusprechen.

Eine weitere Möglichkeit, Akzeptanz zu operationalisieren, besteht insbesondere für nicht-incentivierte Interventionen im Feld darin zu betrachten, wie lange die Zielgruppe aus freien Stücken daran teilnimmt. Dabei ist grundsätzlich über den Verlauf mit einem Rückgang an Teilnehmenden zu rechnen (Eriksson et al., 2017, 133 ff.). Interessant sind daher in diesem Zusammenhang folgende Fragen:

1. Wie stark fällt die Teilnahme im Vergleich zu anderen Interventionen dieser Art ab?
2. Welche Auffälligkeiten ergeben sich bzw. gibt es besondere Ausstiegszeitpunkte im Verlauf der Videos?

Wie im Abschnitt »tet.folio« S. 259 besprochen, wurde die Plattform der Freien Universität Berlin unter anderem aufgrund der Möglichkeit ausgewählt, die Video-Betrachtungsdauern der einzelnen Personen anonym zu erheben.[8] Hierfür wurden die Zeitstempel für das Betätigen der Play- und Stopp-Tasten erfasst. Aus den Differenzen lässt sich somit eine Gesamtbetrachtungsdauer jedes Videos für jeden Code ermitteln – auch im Falle der Betätigung der Pause-Funktion.

10.2.1 Betrachtungsdauern – Videos gesamt

Werden die Betrachtungsdauern von Videos untersucht, so kann dies aus verschiedenen Perspektiven geschehen. Zum einen kann in Augenschein genommen werden, wie viel Prozent die Videos vollständig angesehen haben: so liegt dieser Wert bei 59,3 % der Teilnehmenden. Wird dagegen untersucht, welcher Anteil der Videos insgesamt im Durchschnitt betrachtet wurden, zeigt sich, dass mit durchschnittlich[9] 22:33 Minuten ca. 87,1 % der Gesamtdauer der Videos (25:53 Minuten) von den Teilnehmenden geschaut wurden. In Abbildung 10.3 wird dies mit der türkis-grünen Linie für alle Videos mit einer entsprechenden Prozentangabe – sowie rechts einer entsprechenden Sekundärachse – dargestellt. Die dunkelblaue Linie zeigt den Verlauf der Anzahl der Teilnehmenden über die Video-Reihenfolge.

Es zeigt sich, dass erst das letzte Video ein deutlich sichtbareres Abknicken von ca. 6 % aufweist. Dagegen kommt es zu einem leicht erhöhten Abbruch von Personen vom Video ›Strategien‹ hin zum Video der ›Feynman-Technik‹. In der Darstellung wurde die Achse jeweils so ausgewählt, dass die Werte und Entwicklung gut erkennbar sind. Jedoch akzentuiert diese die Unterschiede der Werte zueinander ggf. über.

Daher sind im Folgenden auch noch einmal alle Zeiten tabellarisch aufgeführt (vgl. Tabelle 10.2, S. 287 und auch 10.4, S. 292). Completer sind hierbei definiert als Personen die maximal den letzten sogenannten Bin (Zeiteinteilung in der Gesamt-

[8] Diese Funktion wurde freundlicherweise durch Dr. Sebastian Haase für den Workshop zur Verfügung gestellt.

[9] Für die Berechnung der durchschnittlichen Betrachtungsdauern wurden Betrachtungslängen mit größerer Dauer als das Video selbst – z.B. durch wiederholtes Betrachten eines Teils – genau mit der maximalen Dauer des Videos einberechnet.

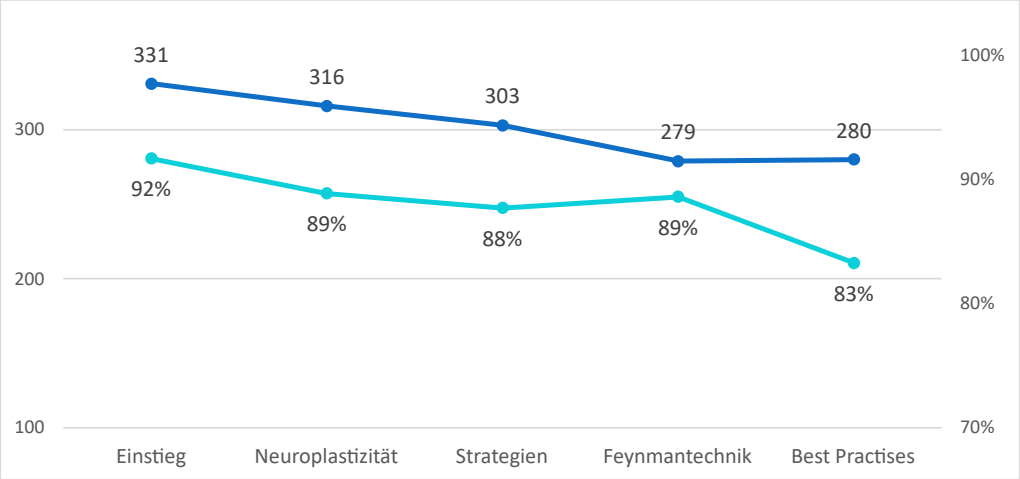


Abbildung 10.3.: Betrachtungsdauern Videos: Anzahl und Durchschnitt

videolänge) übersprungen haben (S. 288 – vgl. auch 15 Sekunden Bin-Länge z.B. Abbildung 10.5, S. 290 bzw. nächster Abschnitt).

	Video-dauer	**durchschn. Betr.-dauer**	**Anteil Betr.-dauer**
Einstieg	02:20	02:08	91,7%
Neuroplastizität	05:55	05:16	88,9%
Strategien	07:09	06:16	87,7%
Feynman-Technik	02:48	02:29	88,6%
Best Practises	07:41	06:24	83,3%
Gesamtdauer	*25:53*	*22:33*	*87,1%*

Tabelle 10.2.: Verlauf der durchschnittlichen Betrachtungsdauern

In allen Darstellungen wird ein Abfall der Teilnehmenden sowie der Betrachtungszeitpunkte deutlich. Dies deckt sich mit den Erfahrungen, die auch andere freie Kursangebote, sogenannte MOOC („Massive Open Online Courses“ – Eriksson et al., 2017, S. 136), aufweisen. In Kursen, die über einen längeren Zeitraum (z.B. einige Wochen) gehen, schrumpft die Abschlussrate teilweise auf 10 % (ebd.).

Jedoch weisen die vorliegenden Daten in dieser Betrachtung auf keinen klaren Ausstiegszeitpunkt hin. Daher werden im Weiteren die einzelnen Videos näher betrachtet, um mögliche Schlüsse für eine Weiterarbeit im Sinne des Design-Based-Researchs zu ziehen.

10.2.2 Betrachtungsdauern – Videos einzeln

Um den Rückgang der Teilnehmenden genauer zu analysieren, wurden die Videobetrachtungsdauern in Histogrammen aufgetragen. In einer solchen Darstellung kann erkennbar werden, ob in einem bestimmten zeitlichen Bereich eines Videos besonders viele Studierende aufgehört haben weiterzuschauen.

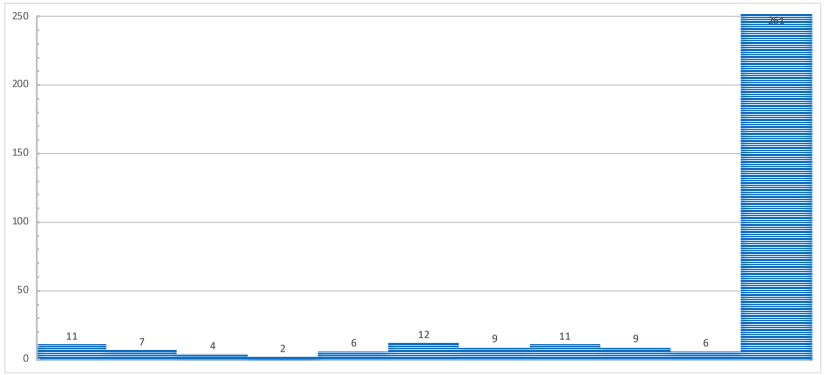
Hierfür werden die Häufigkeiten für sogenannte Bins („äquidistante Klassen“) mit Breiten von 15 Sekunden aufgetragen (vgl. Wolf und Best, 2010, S. 99). In einer zugrundeliegenden Häufigkeitstabelle wird hierfür gezählt, wie viele Personen das Video nur null bis 15 Sekunden lang geschaut und dann abgebrochen haben bzw. in der nächsten Kategorie 16 bis 30 Sekunden usw.

Da ein Teil der Personen die Videos wiederholt angeschaut haben, könnten Bins entstehen, die über die eigentliche Dauer des Videos hinausgehen. Dies kann verhindert werden, indem das letzte Bin als Überlaufintervall definiert wird, welches ebenfalls die Teilnehmenden zählt, die mehr als eine Videolänge betrachtet haben.

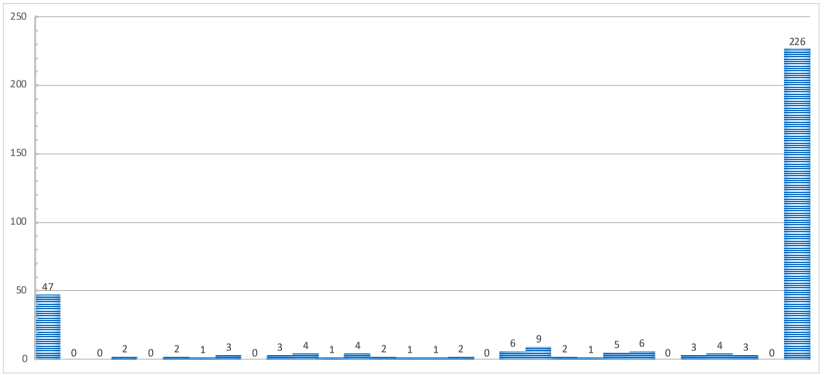
	Teiln. je Video	**Austieg zu Beginn**	**Ausstieg am Ende**	**compl. Rate je Video**
Einstieg	331	11	261	78,9%
Neuroplastizität	316	29	233	73,7%
Strategien	303	47	226	74,6%
Feynman-Technik	279	65	209	74,9%
Best Practises	280	68	186	66,4%

Tabelle 10.3.: Anzahl der Ausstiege von Teilnehmende zu Beginn und am Ende der Videos

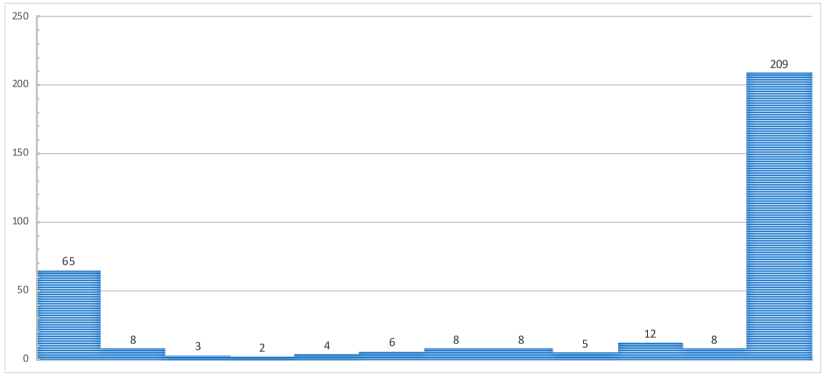
Bei der Betrachtung der Video-Bins zeigen alle Videos qualitativ ein ähnliches Bild. In Tabelle 10.3 ist die Anzahl der Ausstiege für den ersten Bin (0–15 Sekunden Videodauer) und den letzten Bin (Überlaufintervall) jedes Videos angegeben. Zu Beginn eines jeden Videos wird ein erhöhter Ausstieg erkennbar: die Teilnehmenden haben das Video gestartet, aber sofort beschlossen es zu beenden bzw. auf die nächste Seite zu wechseln. Als häufigster Ausstiegszeitpunkt erweist sich wiederum in allen fünf Videos der letzte Bin. Personen in diesem Intervall können als sogenannte „Completer“ bezeichnet werden – also Personen, die das Video (nahezu) komplett geschaut haben. Das letzte Video zeigt die anteilig kleinste Beendigungsrate (*internal completion rate*) mit 66,4 %. Hier haben 16 Personen im vorletzten Bin abgebrochen.



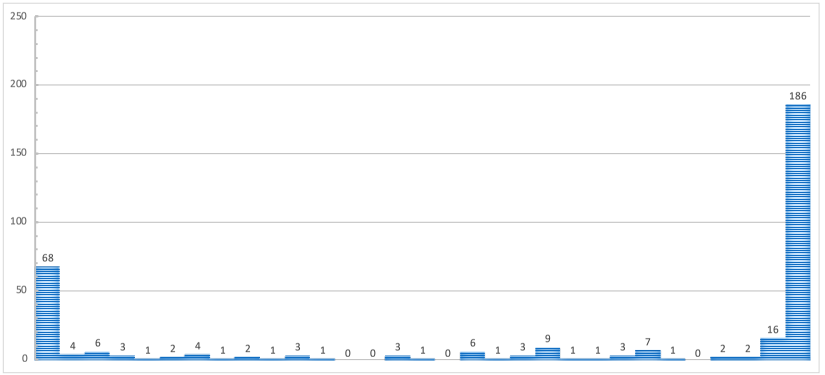
(a) Video ›Einstieg‹: N = 331
2:20 Min.



(b) Video ›Strategien‹: N = 316
5:55 Min.



(c) Video ›Feynman-Technik‹: N = 279
2:48 Min.



(d) Video ›Best Practices‹: N = 280
7:41 Min.

Abbildung 10.4.: Histogramme der Videobetrachtungsdauern

Werden auch diese beim letzten und längsten Video berücksichtigt, so würde sich der Anteil auf 72,1 % erhöhen, was eher dem vorgegebenen Trend folgt. Bei genauerer Betrachtung der Bins zwischen Beginn und Ende, sind zunächst keine deutlichen Ausstiegszeitpunkte erkennbar. In der Regel bleibt die Anzahl der Abbrechenden in den Bins unter zehn. Jedoch lässt sich für das Video ›Einstieg‹ ab dem Zeitpunkt 01:15 bis 02:15 ein kontinuierlicher Ausstieg von zehn Personen erkennen – also von insgesamt 41 Teilnehmenden binnen einer Minute. Eine genauere Betrachtung der Videos zeigt, dass ab der Hälfte des Videos nicht mehr die Bedeutung für die Studierenden behandelt, sondern nur noch die kommenden Videos des Kurses vorgestellt werden. Vermutlich bietet dieser Teil Potential, in zukünftigen Untersuchungen gekürzt zu werden.

Ein weiterer etwas hervorstechender Bin liegt im Video ›Gehirn und Neuroplastizität‹ bei Minute 04:45 bis 05:00 (vgl. Abbildung 10.5 bzw. 10.6). Während davor und danach gerade einmal eine bis zwei Personen das Video beendet hatten, brachen in diesem Bin 14 Teilnehmende ab – was die höchste innere Abbruchrate aller Videos darstellt.

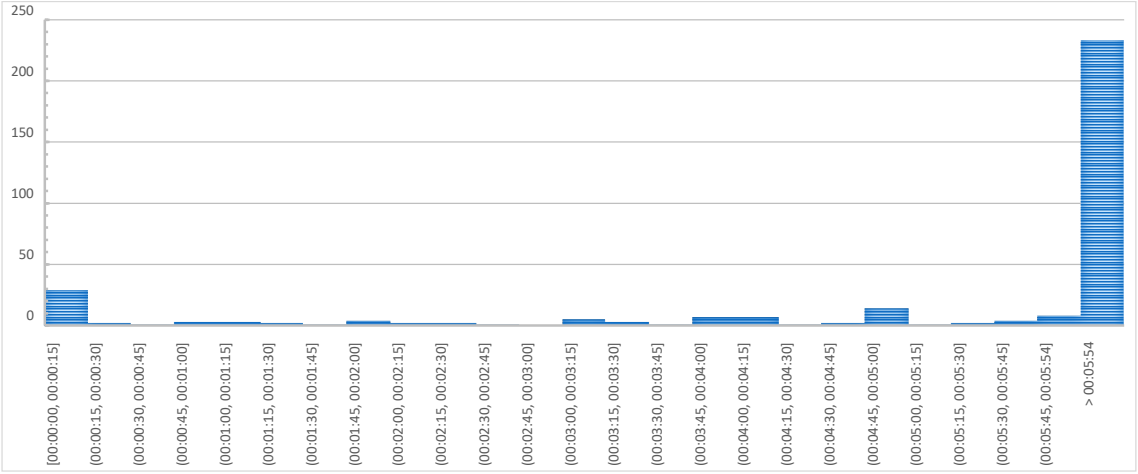


Abbildung 10.5.: Betrachtungsdauer ›Gehirn und Neuroplastizität‹

Im Detail lässt sich dies als den Startpunkt der Erklärung zu den neurobiologischen Grundlagen des Lernens mit Hilfe neuer Verbindungen zwischen Nervenzellen erkennen (vgl. Abbildung 9.3, S. 257). Diese Erklärung dauert insgesamt fast 50 Sekunden. Zudem erweist sich die Darstellung als recht statisch: lediglich die Verbindungen zwischen den Neuronen sind animiert, während die Nervenzellen unverändert im Bild

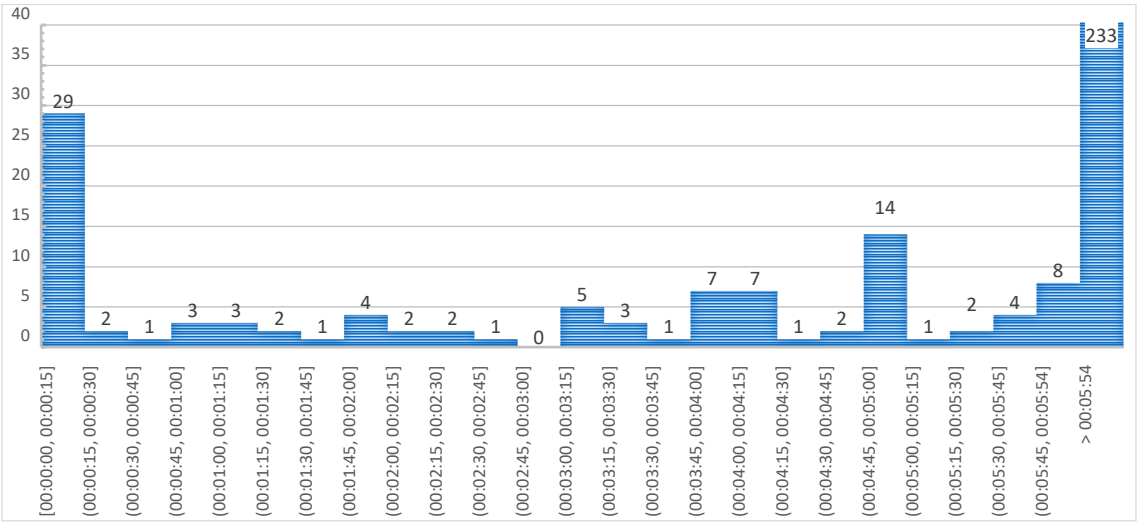


Abbildung 10.6.: Betrachtungsdauer ›Gehirn und Neuroplastizität‹ mit gestreckter senkrechter Achse

bleiben. Somit stellt auch diese Rückmeldung in Form eines erhöhten Abbruchs eine wertvolle Information für mögliche weitere Überarbeitungen dar.[10]

Dennoch muss hierbei die Betrachtung der Relation gewahrt werden. So stellen die 14 Abbrechenden im Video nur 4,4 % der Betrachtenden des Videos ›Gehirn und Neuroplastizität‹ dar. Die zwölf Abbrechenden im Video ›Feynman-Technik‹ liegen mit 4,3 % knapp darunter. Für die Kürzung wäre es daher sicher interessant, redundante und inhaltlich nicht tragende Teile zu streichen bzw. zu überarbeiten. Allerdings zeigt sich überraschenderweise kein klassischer Ausstiegszeitpunkt, bei dem ein erkennbarer Anteil der Studierenden das jeweilige Video beendet hat.

Nichtsdestotrotz zeigen sich rückläufige Zahlen. Daher ist es notwendig, einen genaueren Blick auf die Vergleichbarkeit der Akzeptanz zu legen.

10.2.3 Vergleichbarkeit der Akzeptanz

Kurse, insbesondere freiwillige Angebote, stehen in der Regel vor der Problematik, zum einen Teilnehmende anzuwerben und diese zum anderen bis zum Schluss zu halten. So ist es für wissenschaftliche Studien ebenfalls üblich, dass die Teilnehmenden eine Incentivierung – also einen Bonus in Form von finanzieller Entlohnung, zusätzlichen Creditpoints oder der Teilnahme an Gewinnspielen u.ä. – erhalten. Dennoch zeigt sich, dass selbst mit diesen Anreizen in den seltensten Fällen alle zu Beginn Eingeschriebenen auch bis zum Schluss *durchhalten*. Hierfür bestehen

[10]Vgl. Abschnitt »Zusammenfassung der Interventionsstudie und Ausblick«, S. 309.

	Anzahl Starter	Anzahl Completer	Anteil Completer
Einstieg	331	274	82,0%
Neuroplastizität	316	243	72,8%
Strategien	303	228	68,3%
Feynman-Technik	279	216	64,7%
Best Practises	280	195	58,4%
Durchschnitt	*302*	*231*	*76,6%*

Tabelle 10.4.: Verlauf Video-Completer

in der Literatur die Begriffe der Abbruchrate („attrition rate") bzw. Abschlussrate („completion rates" – Schleider et al., 2020b, S. 2). Schleider und Kolleg:innen (2020b) weisen in diesem Zusammenhang darauf hin, dass Abschluss- bzw. Abbruchraten deutliche Unterschiede zwischen Labor- und Feldstudien („‚real-world' contexts") aufweisen (ebd.). So zeigen Meta-Analysen für digitale Selbsthilfe-Interventionen („Digital Self-Help Interventions"), dass Abschlussraten in klinischen Laborstudien im Bereich zwischen 44 und 99 % liegen, während diese deutlich absinken auf eins bis 28 % für den Einsatz dieser im Feld und ohne Incentivierung (Fleming et al., 2018, S. 7 (e199)).[11]

Um eine Bewertung der vorliegenden Raten herzustellen, müssen daher Ergebnisse von Interventionen herangezogen werden, die in Aufbau, Dauer und Inhalt ansatzweise vergleichbar sind. Im Folgenden werden Studien zum Vergleich herangezogen, die diese Kriterien erfüllen. Diese sind hierbei:

Digitales Angebot

→ Die Intervention wurde in einem digitalen bzw. online-Format angeboten.

Dauer

→ Die Dauer lag zwischen 30 und 60 Minuten.

Single-Session-Intervention – SSI

→ Die Intervention fand in einer einzelnen Sitzung statt.

Selbstgesteuert

→ Die Teilnehmenden konnten selbst über Pausen oder Beendigung der Intervention entscheiden.[12]

[11] Auch Cohen und Kolleg:innen (2022) stellen die These auf, dass eine monetäre Incentivierung – insbesondere für Adoleszente – eine Motivation darstellt, an Interventionen („mental-health") bis zum Ende teilzunehmen (Cohen und Schleider, 2022, S. 2).

[12] Vgl. „self-administered" – Yeager et al., 2022, S. 10 bzw. „self-guided" Cohen und Schleider, 2022, S. 1.

Für die Intervention, die in dieser Arbeit vorgestellt wird, soll nun die Akzeptanz anhand der Abbruch- bzw. Abschlussraten vorgenommen werden. Liverpool und Kolleg:innen (2020) finden in ihrer Metastudie Verbleiberaten („retention rates") von 79,2 % (Liverpool et al., 2020, S. 10). Sie benennen jedoch ebenfalls die Schwierigkeit, diesen Wert als vergleichbar einzustufen – aufgrund der unterschiedlichen Angabe, ab wann ein Abbruch („drop-out") auch als solcher zu zählen ist (ebd.). Cohen und Kolleg:innen (2022) beschreiben in diesem Zusammenhang die Gruppe der Abschließenden („full completer") als Abgabe einer Antwort/Reaktion („response") in der letzten Aktion der Online-Intervention (Cohen und Schleider, 2022, S. 4).

Analog hierzu definieren Yeager und Kolleg:innen (2022) bei ihrer synergetischen Mindset-Studie die Komplettierung der letzten Seite der Online-Intervention als vollständigen Abschluss („adherence") der Intervention (Yeager et al., 2022, S. 10). Die synergetische Mindset-Intervention arbeitet mit dem klassischen Mindset-Aufbau, angereichert um die Information, dass die richtige Art von Stress hilfreich für das Lernen ist.[13] Damit ist sie vergleichbar mit dem vorliegenden Interventionsworkshop, der ebenfalls den klassischen Mindset-Aufbau mit weiteren hilfreichen Informationen anreichert – in diesem Fall Lernstrategien (vgl. Abschnitt »Durchführung und Auswertung einer Mindset-Intervention« S. 281). Sie berichten von Raten zwischen 97 und 99 % für Laborbedingungen unter enger Beobachtung[14] durch die Forschenden (ebd.). Für die selbstgesteuerte Teilnahme nennen sie hingegen 82 bis 88 %.[15]

Die Dauer der Mental-Health-Intervention von Schleider und Kolleg:innen beläuft sich durchschnittlich auf 44,71 Minuten und nutzt als selbstgesteuerte online SSI ebenfalls neurowissenschaftliche Erklärungen und eine „saying-is-believing"-Übung (Schleider et al., 2020b, S. 7). In dieser nicht incentivierten Online-Intervention unter Feldbedingungen („‚real-world'") beendeten im Schnitt 34 % der Jugendlichen den Kurs nach der vollständigen Teilnahme (Schleider et al., 2020b, S. 10). Die Zielgruppe ist jedoch etwas jünger (bis 18 Jahre), wobei sich die Abschlussrate mit zunehmendem Alter verschlechtert. Die Meta-Studie von Cohen und Kolleg:innen (2022) zeigt im Durchschnitt auf, dass incentivierte psychologische Internet-Interventionen im Bereich von 85 % liegen und unbelohnte im Bereich von 37 %, was sich sehr gut mit den beiden beispielhaft genannten Interventionen deckt.

[13] Vgl. originaler Wortlaut: „stress-can-be-enhancing mindset" – (Yeager et al., 2022, S. 2).
[14] „closely supervised by researchers" – Yeager et al., 2022, S. 10.
[15] Wobei diese Selbststeuerung nur ohne Supervision stattfand, jedoch nicht weiter ausgeführt wird, ob die Teilnahme weiter in Laborräumen durchgeführt wurde. Dies stellt in den Augen der Autorin dieser Arbeit einen nicht zu vernachlässigenden Aspekt dar.

Werden diese Zahlen als Grundlage genommen, wird deutlich, dass der vorliegende („real-world")-Onlineworkshop offenbar für die Mehrheit der Teilnehmenden relevante Inhalte anbietet: 58,4 % (195 von 334[16]) der Studierenden haben sich noch das letzte Video vollständig[17] angeschaut.

Auch die Einstufung von Yeager und Kolleg:innen für Teilnahmeraten bis zur letzten Seite der selbstgesteuerten Intervention mit 82 bis 88 %[18] kann auch wiedergefunden werden: 86,5 % (289 von 334[16]) der Studierenden haben die letzte Aufgabe des Onlineworkshops vollständig bearbeitet – den Abschluss-Kurzfragebogen (KF-T_2). Gegebenenfalls ist dieser Wert sogar als besser einzustufen, da die Studierenden in ihren heimischen Settings an der Intervention teilnahmen und eben nicht in Laborräumen (vgl. Fußnote Nr. 15, S. 293).

Damit weist der aufgebaute Prototyp einer SSI-Online-Intervention eine akzeptable bis gute Akzeptanz bei den Teilnehmenden der Zielgruppe auf – gemessen an den Abbruch- bzw. Abschlussraten für die Video-Betrachtung und die Bearbeitung bis zur letzten Aufgabe.

10.3 Wirkung der Intervention beim Kurzfragebogen

Die Akzeptanz des Workshops stellt eine notwendige Bedingung für das Gelingen der Intervention dar. Dennoch muss auch der akzeptierte Workshop-Prototyp zeigen, dass er darüber hinaus eine Wirkung auf das Mindset der Studierenden hat – in die gewünschte lernförderliche Richtung.

Wie im Abschnitt »Studiendesign«, S. 281 dargestellt, konnten für die geplante Studie mit dem weiterentwickelten Fragebogen dieser Arbeit, nur 43 Studierende eindeutig über alle Messzeitpunkte gematched werden. Daher wird im Folgenden zunächst ausführlich auf die Auswertung des Kurzfragebogens (vgl. S. 282) eingegangen. Anschließend werden die Ergebnisse der Erhebung mit Hilfe des großen Fragebogens in Abschnitt 10.4, »Intervention – Pilotstudie mit großem Fragebogen«, S. 305 vorgestellt.

[16] 338 Studierende meldeten sich mit einem eindeutigen Code an. Vier dieser Teilnehmenden führten jedoch keinerlei weitere Aktivität aus und wurden daher von der weiteren Betrachtung ausgenommen.

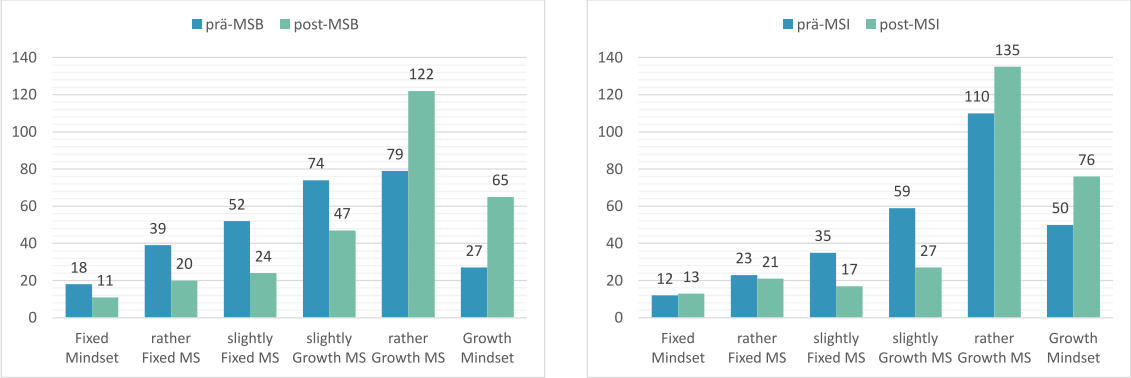
[17] Bei der Gesamtdauer von 7:41 Minuten wurde eine Toleranz von 15 Sekunden berücksichtigt – aufgrund der Einteilung in Bins – vgl. S. 288.

[18] Yeager et al., 2022, S. 10 (Nature).

338 Studierende hatten insgesamt den Workshop begonnen. 325 Studierende davon haben an der Befragung mittels des Kurzfragebogens teilgenommen. Davon haben 289 sowohl die erste (KF-T_1) als auch die zweite Befragung (KF-T_2) vollständig ausgefüllt und mindestens ein Video gestartet. Werden diese erhobenen Daten ausgewertet, zeigt sich sowohl für die Ein-Item-Skala zur Begabungs- als auch zur Intelligenzüberzeugung eine signifikante Verschiebung des Mittelwertes in eine lernförderliche Richtung (vgl. Abbildung 10.7).

Begabungsüberzeugung:
$\bar{x}_{T1} = 3{,}82$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}54$; $B_\Delta = 0{,}71$; $t(288) = -9,79$; $p < 0{,}001$

Intelligenzüberzeugung:
$\bar{x}_{T1} = 4{,}32$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}65$; $I_\Delta = 0{,}33$; $t(288) = -3,71$; $p < 0{,}001$



(a) Begabungsüberzeugung (b) Intelligenzüberzeugung

Abbildung 10.7.: Prä-/Post-Vergleich aller Teilnehmenden

Dies gibt einen ersten Hinweis darauf, dass die Intervention eine Wirkung in die angestrebte Richtung hat. Jedoch kann ohne eine Kontrollgruppe nicht geklärt werden, ob dies wirklich dem Inhalt der Videos geschuldet war oder z.B. auch nur der Art der Befragung mit dem Kurzfragebogen, da z.B. die wiederholte Konfrontation mit den Fragen ebenfalls das Antwortverhalten der Teilnehmenden beeinflussen könnte. Um sich dieser Frage trotz der Einschränkung für den vorhandenen Datensatz zu nähern, werden die Teilnehmenden im Folgenden in zwei Gruppen eingeteilt und separat untersucht.

10.3.1 Einteilung in Gruppen nach Betrachtungsdauern

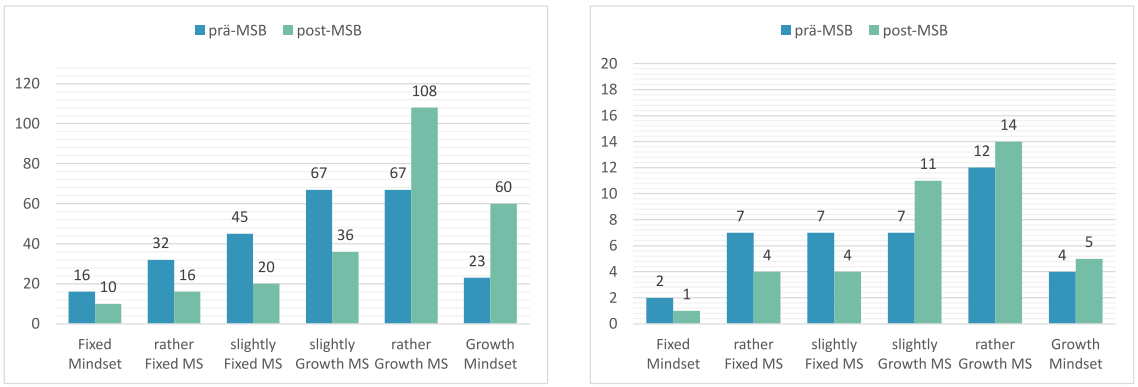
Für die vorliegende Studie wurden die anonymen Codes (vgl. Abschnitt »Anonymer Code«, S. 126) sowohl für die Antworten auf den Kurzfragebogen als auch für die

Videos erhoben. Damit war ein nachträgliches Zuordnen der Betrachtungsdauern zu den Antworten möglich. Um zu vergleichen, ob die Betrachtung der Videos einen Einfluss auf die Verschiebung des Mittelwertes für die beiden Kurzskalen hatte, wurden diese zu zwei Gruppen wie folgt zugeordnet:

Hatte eine Person entweder weniger als die Hälfte des gesamten Videomaterials (< 12 Minuten) oder weniger als die Hälfte des Videos ›Neuroplastizität‹ (< 3 Minuten) angeschaut, so wurde diese Person der low-exposure-Gruppe zugeordnet – im umgekehrten Fall der high-exposure-Gruppe.[19]

Begabungsüberzeugung

Die Abbildungen von 10.8 zeigen zunächst ein recht ähnlich wirkendes Bild. Die Berechnung des Mittelwertes mit Hilfe des gepaarten t-Tests, zeigt jedoch eine stärkere Differenz zwischen der Pre- und der Postmessung für die Begabungsüberzeugung in der high-exposure-Gruppe. Auch der p-Wert fällt deutlich geringer aus.



(a) High-exposure-Gruppe (b) Low-Exposure-Gruppe

Abbildung 10.8.: Prä-/Post-Vergleich Begabungsüberzeugung

High-exposure-Gruppe:
$\bar{x}_{T1} = 3{,}82$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}58$; $H_\Delta = 0{,}76$; $t(249) = -9,76$; $p < 0{,}001$ (einseitig)
Low-Exposure-Gruppe:
$\bar{x}_{T1} = 3{,}82$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}23$; $L_\Delta = 0{,}41$; $t(38) = -2,05$; $p = 0{,}024$ (einseitig).

H_Δ und L_Δ beschreiben hierbei die Differenz zwischen den beiden Gruppen (high-exposure- und low-exposure-Gruppe) in der Prä- und Post-Test-Messung. Beide

[19] Da die Zuteilung ohnehin einer gewissen Willkür unterliegt, sollte nicht künstlich der Eindruck von Exaktheit erweckt werden, durch die Beachtung der Sekundenlänge der genauen Hälfte. Zudem befanden sich erst gar keine Teilnehmenden in diesem zeitlichen Korridor.

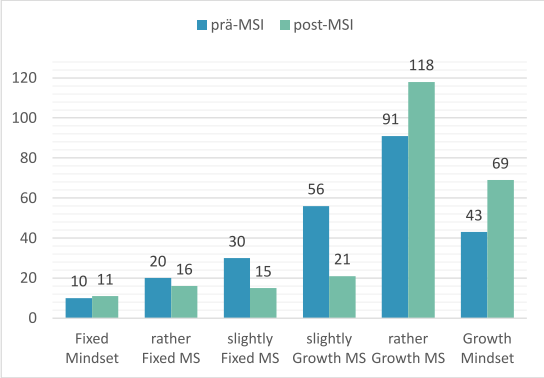
Gruppen unterschieden sich zu Beginn nicht signifikant ihrer Begabungsüberzeugung voneinander:

$\bar{x}_{high} = 3{,}82$; $\bar{x}_{low} = 3{,}82$; $B_\Delta = 0{,}003$; $t(49) = -0,01$; $p = 0{,}49$ (einseitig).

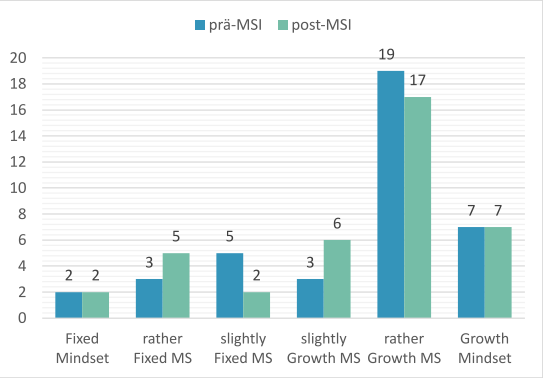
B_Δ beschreibt hierbei die Differenz zwischen der Prä- und Post-Test-Messung der Begabungsüberzeugung. Es zeichnet sich hier bereits eine höhere Verschiebung in der high-exposure-Gruppe ab. Eine tiefergehende Betrachtung des Effektes erfolgt im Abschnitt »Nettoeffekt – Verschiebung in lernförderliche Richtung«, S. 298.

Intelligenzüberzeugung

Für die high-exposure-Gruppe zeigt sich eine deutliche Verschiebung in die lernförderliche Richtung, während sich optisch eine eher gegenläufige Entwicklung für die low-exposure-Gruppe abzeichnet (vgl. Abbildung 10.9). Die Berechnung mit Hilfe des gepaarten t-Tests bestätigt diesen Eindruck.



(a) High-exposure-Gruppe



(b) Low-Exposure-Gruppe

Abbildung 10.9.: Prä-/Post-Vergleich Intelligenzüberzeugung

High-exposure-Gruppe:
$\bar{x}_{T1} = 4{,}31$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}7$; $H_\Delta = 0{,}4$; $t(249) = -4,45$; $p < 0{,}001$ (einseitig)
Low-Exposure-Gruppe:
$\bar{x}_{T1} = 4{,}41$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}33$; $L_\Delta = -0,08$; $t(38) = 0{,}23$; $p = 0{,}41$ (einseitig).

H_Δ und L_Δ beschreiben hierbei die Differenz zwischen den beiden Gruppen (high-exposure- und low-exposure-Gruppe) in der Prä- und Post-Test-Messung. Die beiden Gruppen unterschieden sich zu Beginn nicht signifikant in ihrer Intelligenzüberzeugung voneinander:

$\bar{x}_{high} = 4{,}41$; $\bar{x}_{low} = 4{,}308$; $I_\Delta = -0,1$; $t(49) = 0{,}42$; $p = 0{,}34$ (einseitig).

I_Δ beschreibt hierbei die Differenz zwischen der Prä- und Post-Test-Messung der Intelligenzüberzeugung. Für die high-exposure-Gruppe zeigt sich damit ebenfalls auch statistisch haltbar eine Verschiebung in die lernförderliche Richtung (vgl. Abbildung 10.9). Währenddessen kann eine niedrigere Entwicklung für die low-exposure-Gruppe statistisch durch einen gepaarten t-Test nicht als signifikant bestätigt werden.

Nettoeffekt – Verschiebung in lernförderliche Richtung

Um die Effektstärke einer Intervention zu berechnen, ist es entscheidend, nicht nur die Verschiebung der Treatmentgruppe zu betrachten, sondern mit der Entwicklung einer Kontrollgruppe zu vergleichen. Auf diese Weise werden mögliche Verzerrungen durch andere Einflussfaktoren *herausgerechnet* (vgl. Abschnitt »Nettoeffekt«, S. 101 ff.).

Auch wenn im vorliegenden Fall keine echte Kontrollgruppe vorliegt, so gilt die Grundannahme: wenn die Videos die Überzeugungen in lernförderlicher Richtung beeinflussen, dann werden die, die wenig oder kein Videomaterial anschauen auch weniger stark beeinflusst. In den beiden vorangegangen Abschnitten wurde dieser Zusammenhang bereits mit den entsprechenden Kennwerten für die Begabungs- und die Intelligenzüberzeugung belegt. Im Folgenden wird der Nettoeffekt zwischen den beiden Gruppen – high-exposure analog der Treatmentgruppe und low-exposure analog der Kontrollgruppe – gebildet: $N_\Delta = H_\Delta$ - L_Δ. Die Berechnung der Nettoeffektstärke erfolgt über standardisierten Mittelwertsunterschied[20] nach Morris (2008):

$$d_{ppc} = c_p \cdot \frac{\Delta\mu_T - \Delta\mu_K}{\sigma_{prä}} \tag{10.1}$$

Begabungsüberzeugung:
$N_{\Delta B} = 0{,}35$; $\sigma_{prä} = 1{,}373$; $d_{ppc} = 0{,}254$
Intelligenzüberzeugung:
$N_{\Delta I} = 0{,}473$; $\sigma_{prä} = 1{,}334$; $d_{ppc} = 0{,}354$

Damit befinden sich die Effektstärken des standardisierten Mittelwertsunterschiedes d_{ppc} in dem zu erwartenden Bereich einer niedrigen Effektstärke um 0,2 bis 0,3 (vgl. Dweck und Yeager, 2019, S. 488). Gegebenenfalls liegen die Werte etwas darüber, da sich die Befragung unmittelbar an den Inputteil anschloss.

[20] Vgl. hierzu auch die Fußnote im Abschnitt »Nettoeffektstärke«, S. 102.

Fehlerkorrektur

Werden mehr als zwei t-Tests gerechnet, so empfiehlt sich eine Fehlerkorrektur[21] durchzuführen (vgl. Abschnitt »Fehler-Inflation und Korrekturmöglichkeiten«, S. 105). Hierfür wurden in Tabelle alle p-Werte der vorangegangenen[22] Messungen, ihrer Größe nach sortiert, eingetragen. Hierbei wird ein Signifikanzniveau von $\alpha = 0{,}05$ gewählt und Fehlerkorrekturen für eine Gesamtzahl von acht Messungen ($m = 8$) durchgeführt. Sowohl die konservative Bonferroni- als auch die Holmes-Korrektur kommen zu dem selben Ergebnis: bei beiden Korrekturberechnungen unterschreiten die Vergleichswerte der unteren vier Messungen der Tabelle 10.5 die berechneteten Schwellenwerte von α' für den jeweiligen p-Wert. Damit unterstreichen diese Ergebnisse zum einen, dass sich die Gruppen zu Beginn nicht signifikant voneinander unterscheiden, zum anderen zeigen sie auf, dass die Verschiebungen in den beiden low-exposure-Gruppen nicht als signifikant anzunehmen sind.

	n	p	α'-Wert nach Holmes	α'-Wert nach Bonferroni
Gesamt – Begabungsübrzg.	1	0,000	0,006	0,006
high-exp. – Begabungsübrzg.	2	0,000	0,007	0,006
high-exp. – Intelligenzübrzg.	3	0,000	0,006	0,008
Gesamt – Intelligenzübrzg.	4	0,000	0,010	0,006
low-exp. – Begabungsübrzg.	5	0,024	*0,013*	*0,006*
Beginn – Begabungsübrzg.	6	0,336	*0,017*	*0,006*
low-exp. – Intelligenzübrzg.	7	0,409	*0,025*	*0,006*
Beginn – Intelligenzübrzg.	8	0,494	*0,050*	*0,006*

***Gesamt**: Vergleich der Gesamtgruppen (als Kombination aus der high-exposure-Gruppe und low-exposure-Gruppe) zwischen der Prä- und Post-Test-Messung*
***Beginn**: Vergleich der high-exposure-Gruppe und low-exposure-Gruppe der Prä-Test-Messung*
***high-exp.**: Vergleich der high-exposure-Gruppen zwischen der Prä- und Post-Test-Messung*
***low-exp.**: Vergleich der low-exposure-Gruppen zwischen der Prä- und Post-Test-Messung*

Tabelle 10.5.: Fehlerkorrektur nach Bonferroni und Holmes

Hieraus ergibt sich ein deutlicher Hinweis darauf, dass die Videos einen Einfluss auf Überzeugungen der Studierenden in lernförderlicher Richtung haben. Damit ist

[21] Vgl. auch Bortz und Schuster, 2010, S. 232: Bonferroni: $\alpha' = \alpha/m$ und Holmes: $\alpha' = \alpha/(m-(n-1))$; mit $m \mathrel{\hat{=}}$ Anzahl der Messungen und $n \mathrel{\hat{=}}$ Anzahl des Schritts nach Sortierung.
[22] Vgl. Abschnitt »Einteilung in Gruppen nach Betrachtungsdauern«, S. 295

nach Hecht und Kolleg:innen (2021) die erste Stufe für den erfolgreichen Aufbau einer Mindset-Intervention genommen.

Dennoch steht nun einerseits aus, auch eine längerfristige Erhebung durchzuführen, um eventuelle Effekte auch über Wochen bzw. Monate zu zeigen. Dies wird als vorläufige Erhebung im Abschnitt »Intervention – Pilotstudie mit großem Fragebogen«, S. 305 noch einmal aufgegriffen. Andererseits sollten lernförderliche Interventionen ebenso zeigen, dass sie insbesondere auch Lernende sogenannter Risikogruppen adressieren. Dies betrifft Erste-Generationsstudierende, Studierende mit Migrationshintergrund und im Kontext des Physikstudiums auch weibliche Studierende – die in vielen MINT-Studiengängen noch die Minderheit darstellen (vgl. Abschnitt »Forschungsstand zu gelungenen Interventionen«, S. 218). Im nachfolgenden Abschnitt soll daher gerade für diese drei Gruppen untersucht werden, inwiefern diese durch die Intervention ggf. benachteiligt werden.

10.3.2 Untersuchung von Teilgruppen

Um zu prüfen, ob sich die Mittelwerte bei den Teilgruppen signifikant bzw. nicht signifikant voneinander unterscheiden, wären an dieser Stelle wieder gepaarte t-Tests denkbar, da es sich immer jeweils um eine Prä-Interventionsmessung und eine Post-Interventionsmessung handelt. Gleichzeitig ist hierbei zu beachten, dass ungewollt eine Art p-Hacking[23] stattfinden könnte – bei der hohen Anzahl an dafür durchzuführenden Tests. Um unnötig viele Fehlerkorrekturen zu vermeiden, empfehlen Bortz und Lienert (2008) multivariate Methoden einzusetzen (Bortz und Lienert, 2008, S. 39). Eine ANOVA mit Messwiederholung stellt ein solches Verfahren dar.

Im vorliegenden Fall soll die jeweilige Testung angestrebterweise ein nicht signifikantes Ergebnis aufweisen. Das würde bedeuten, dass sich in den beschriebenen Teilgruppen keine davon signifikant im Mittelwert von der anderen unterscheidet. Somit würde dieses Ergebnis die Interpretation unterstützen, dass keine Teilgruppe durch den Interventionsworkshop benachteiligt bzw. bevorzugt wurde.

Für Varianzanalysen von abhängigen Stichproben mit Messwiederholung – wie im vorliegenden Fall – wird in der Regel der Mauchly-Test „für die Prüfung auf Sphärizität" durchgeführt (Kuhlmei, 2020, S. 40). Dieser dient als „indirekte Prüfung auf Varianzhomogenität [...] für die verschiedenen Messzeitpunkte" (Kuhlmei, 2020, S. 10). Dabei ist zu beachten, dass ϵ bei zwei Stufen immer eins wird und die Sphärizität damit automatisch gegeben ist. Mit dem Levene-Test wird die Homogenität der

[23] Vgl. Abschnitt »Fehler-Inflation und Korrekturmöglichkeiten«, S. 105.

Fehlervarianzen zwischen allen Gruppen bestätigt, sofern die Levene-Statistik nicht signifikant wird ($p > 0{,}05$ – Janssen und Laatz, 2017, S. 244). Schließlich ist es noch üblich mit dem Box-M-Test die Gleichheit der Varianz-Kovarianzen-Matrizen der Gruppen zu überprüfen (Wentura und Pospeschill, 2015, S. 127). Auf eine Prüfung der Normalverteilung wird dagegen in der Forschungspraxis häufig verzichtet (Burde, 2018, S. 194), da die F-Statistik als robust gegenüber Verletzung dieser gilt – sofern mehr als 30 Versuchspersonen pro Gruppe vorhanden sind (Backhaus et al., 2021, S. 220; Rasch et al., 2021a, S. 76).

Nachdem die Aufteilung der Video-Exponierung signifikante Effekte für die high-exposure-Gruppe aufzeigen konnte, werden nur noch diese für die weiteren Untersuchungen verwendet. N_{high} besitzt damit maximal 250 Proband:innen. Diese wurden jedoch in keiner Untersuchung erreicht, da nicht für alle Datensätze die entsprechenden Antworten vorlagen. Die Teilgruppengrößen n werden somit immer für den Anteil der high-exposure-Gruppe angegeben.

Migrationshintergrund

Kaum eine Gruppe ist stärker bedroht von Stereotypen („stereotype-threat") als Menschen mit Migrationshintergrund (Nolen-Hoeksema et al., 2009, S. 655 ff.). Allein durch die somit möglicherweise ausgelösten Selbstzweifel und Gedankenschleifen über ein mangelndes Zugehörigkeitsgefühl („social-belonging") zeigt sich wiederholt, wie negativ sich diese mentale Belastung („mental load") auf die Leistungen der Personen auswirken können (ebd.). Daher profitieren Studierende mit Migrationshintergrund in verschiedenen Studien – und besonders in den MINT-Disziplinen – von sozialpsychologischen Interventionen (LaCosse et al., 2020, S. 7).

Für die Analyse des Migrationshintergrundes wurden die Workshop-Teilnehmenden nach der Herkunftssprache[24] ihrer Eltern bzw. Hauptbezugspersonen als Kind gefragt: »Meine Eltern bzw. Hauptbezugspersonen für mich als Kind sprechen statt / außer Deutsch noch eine andere Herkunftssprache.« Diese Aussage konnte mit drei verschiedenen Möglichkeiten beantwortet werden: 1. »keine:r« (n = 186) 2. »eine:r« (n = 36) 3. »alle« (n = 22).

Damit verfügt die Gruppe deren Hauptbezugspersonen alle eine weitere bzw. alternative Herkunftssprache zu Deutsch sprechen über eine zu geringe Anzahl, um einzeln statistisch untersucht werden zu können (vgl. vorangegangener Abschnitt).

[24] Der Begriff der Muttersprache wird inzwischen i.d.R. durch den Begriff der Herkunftssprache ersetzt. Im Originalwortlaut der Intervention wurde jedoch noch der Begriff der Muttersprache verwendet.

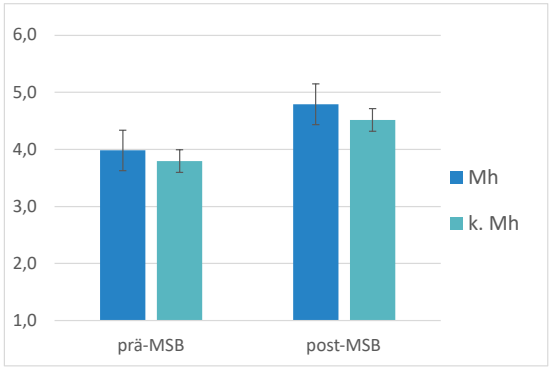
Es wird daher eine kombinierte Gruppe für den Migrationshintergrund gebildet aus 2. eine:r und 3. alle mit $n = 58$ Proband:innen. Gruppe 1. »keine:r« verbleibt bei $n = 186$.

Die Ergebnisse der ANOVA[25] zeigen, dass bei beiden Skalen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Untersuchungsgruppen belegt werden können:

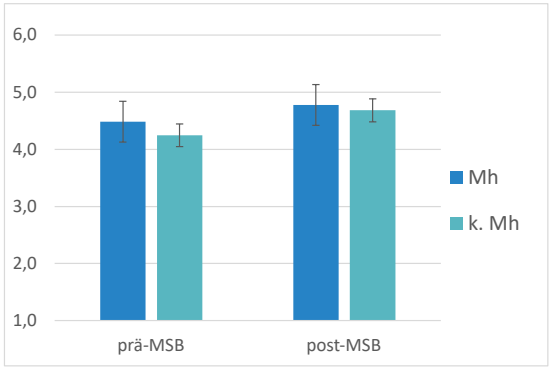
Begabungsüberzeugung: $F(1, 242) = 1{,}636$; $p = 0{,}202$; partielles $\eta^2 = 0{,}007$

Intelligenzüberzeugung: $F(1, 242) = 2{,}386$; $p = 0{,}342$; partielles $\eta^2 = 0{,}004$

Die Abbildung 10.10 zeigt die Entwicklung zwischen der Prä-Interentions-Testung und der Post-Interventions-Testung als Balkendiagramme (a und b) zur besseren Einordnung im Bereich der möglichen Likert-Skala von eins (Fixed Mindset) hin zur sechs (Growth Mindset). Die Fehlerbalken repräsentieren jeweils das Konfidenzintervall (CI=95 %).



(a) Begabungsüberzeugung nach Migrationshintergund



(b) Intelligenzüberzeugung nach Migrationshintergund

Legende : **Mh** $\hat{=}$ *mitMigrationshintergrund*, **k.Mh** $\hat{=}$ *ohneMigrationshintergrund*

Abbildung 10.10.: Prä-/Post-Vergleich nach Migrationshintergrund der Eltern bzw. Hauptbezugspersonen

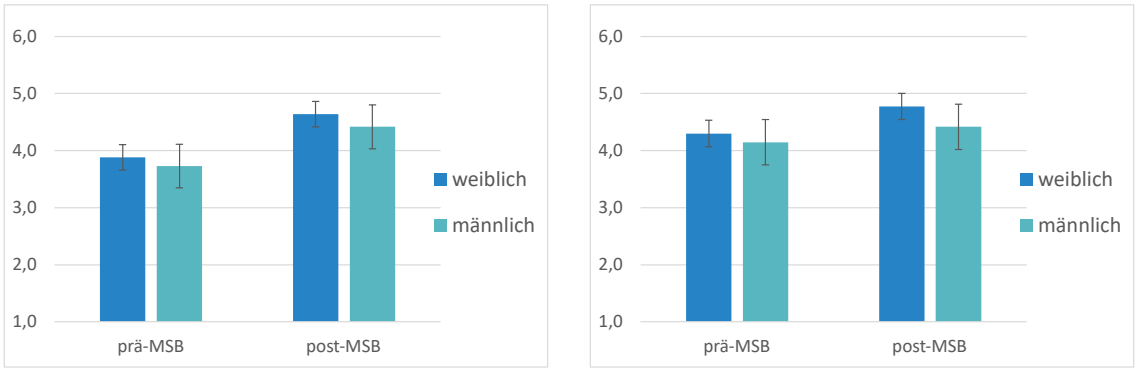
Weibliche Studierende

In den MINT-Disziplinen, darunter jedoch besonders im Bereich der Physik, stellen weibliche Studierende immer noch einen deutlich geringen Anteil der Studieren-

[25] Die Voraussetzungen für Varianzanalysen sind erfüllt: Bezüglich der Normalverteilung verfügen alle Gruppen über ausreichend hohe Fallzahlen. Da die Innersubjektfaktoren genau zwei Stufen haben, beträgt ϵ somit eins und die Sphärizität ist damit anzunehmen. Der Levene-Test zwischen den Gruppen bestätigt die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den beiden Gruppen – dieser wird für keine Variable signifikant ($p > 0{,}05$). Der Box-M-Test liefert ein nicht signifikantes Ergebnis für beide Items ($p_{MSB} = 0{,}14$; $p_{MSI} = 0{,}54$).

den. So waren in der Erhebung der DPG aus dem Jahr 2018 weniger als 20 % der Masterstudierenden (Fachstudiengang Physik) weiblich (Düchs und Ingold, 2018, S. 33). Je nach Hochschulstandort und Fachrichtung ändert sich dieser Anteil. Dennoch sind damit weibliche Studierende stärker von Zweifeln an ihrer Zugehörigkeit (academic-/„social-belonging") betroffen als ihre männlichen Kommilitonen (Lin-Siegler et al., 2016, S. 296). Wie für andere Minderheitengruppen ergeben sich hier stärkere Bedrohungen durch Stereotype und Impostersyndrom (Jansen, 2023).

Im Fragebogen des Workshops wurde nicht erneut nach dem Geschlecht der Teilnehmenden gefragt, weil dies bereits vorher im großen Fragebogen geschehen war. Dies führte jedoch dazu, dass von den 250 zur Verfügung stehenden Datensätze lediglich 189 gematcht werden konnten (weiblich: $n = 141$; männlich: $n = 48$). In der Abfrage war es möglich, neben weiblich und männlich auch divers anzuwählen. Insgesamt wurde in der kompletten Datenbasis ($N = 1119$) nur dreizehnmal divers ausgewählt. Da es keinen Sinn ergeben würde, hier eine Zusammenlegung vorzunehmen, musste diese Kategorie leider von der weiteren statistischen Betrachtung ausgeschlossen werden.



(a) Begabungsüberzeugung nach Geschlecht

(b) Intelligenzüberzeugung nach Geschlecht

Abbildung 10.11.: Prä-/Post-Vergleich nach Zuordnung zum Geschlecht

Die Ergebnisse der ANOVA[26] zeigen ebenfalls, dass bei beiden Skalen keine statistisch signifikanten Unterschiede zwischen den Geschlechtern belegt werden können:

[26] Die Voraussetzungen für Varianzanalysen sind ebenfalls erfüllt. Bezüglich der Normalverteilung verfügen alle Gruppen über ausreichend hohe Fallzahlen. Da die Innersubjektfaktoren genau zwei Stufen haben, beträgt ϵ somit eins und die Sphärizität ist damit anzunehmen. Der Levene-Test zwischen den Gruppen bestätigt die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den beiden Gruppen – dieser wird für keine Variable signifikant ($p > 0{,}05$). Der Box-M-Test liefert ein nicht signifikantes Ergebnis für beide Items ($p_{MSB} = 0{,}21$; $p_{MSI} = 0{,}14$).

Begabungsüberzeugung: F(1, 187) = 2,476; p = 0,358; partielles η^2 = 0,005

Intelligenzüberzeugung: F(1, 187) = 1,685; p = 0,196; partielles η^2 = 0,009

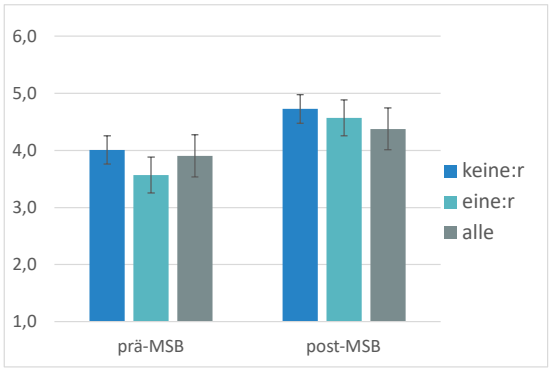
Abbildung 10.11 zeigt die Entwicklung zwischen der Prä-Interentions-Testung und der Post-Interventions-Testung als Balkendiagramme (a und b) zur besseren Einordnung im Bereich der möglichen Likert-Skala von eins (Fixed Mindset) hin zur sechs (Growth Mindset). Die Fehlerbalken repräsentieren jeweils das Konfidenzintervall (CI=95 %).

Erste-Generationsstudierende

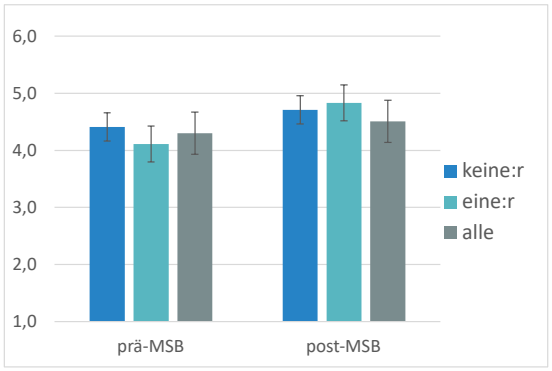
Studierende, die als erste ihrer Familie ein Hochschulstudium aufnehmen, werden als Erste-Generationsstudierende („First-Gen“ / First Generation Students – vgl. Hecht et al., 2021, S. 182) bezeichnet. Als solche können diese Studierenden häufig nicht auf den gleichen Rückhalt ihrer Familie bauen, wie solche aus *Akademikerfamilien*. So berichten diese, weniger Unterstützung zu erhalten und mehr Stress in Bezug auf ihr Studium zu erfahren (Zysberg et al., 2021, S. 1562). Diesen Studierenden fehlt somit oft nicht nur eine finanzielle Unterstützung; häufig decken sich ein niedriger sozio-ökonomischer Status der Herkunftsfamilie mit dem Erste-Generations-Status der Studierenden, auch wenn in Deutschland die Möglichkeiten für eine finanzielle Förderung[27] der Studierenden besteht, weisen die Studierenden weniger Wissen in Bezug auf die akademische Ausbildung und die zugehörigen Strukturen auf (ebd.). Häufig fehlen hierfür Rollenmodelle und zudem Ermutigungen in Richtung einer Normalisierung von Herausforderungen zum Studienbeginn – sogenanntes soziales Kapital („social capital” – Dost und Mazzoli Smith, 2023, S. 839). Umso entscheidender ist es, dass eine Mindset-Intervention gerade diese Gruppe von Studierenden genauso begünstigt bzw. auf keinen Fall benachteiligen darf.

Um den Status der Studierenden zu erheben, wurde die Frage nach dem Abschluss der Eltern gestellt: »Meine Eltern bzw. Hauptbezugspersonen für mich als Kind haben einen Hochschulabschluss.« Diese Aussage konnte mit drei verschiedenen Möglichkeiten beantwortet werden: 1. »keine:r« (n = 117) 2. »eine:r« (n = 72) 3. »alle« (n = 53). Die Reihenfolge wurde gemäß der Tendenz zur sozialen Erwünschtheit geordnet, so dass durch die Erstnennung eine soziale Akzeptanz der aufrichtigen Antwort begünstigt wird (vgl. Abschnitt »Augenscheinvalidität und soziale Erwünschtheit«, S. 117).

[27] So besteht die Möglichkeit Fördergelder gemäß dem BaFöG (Gesetz, das die Förderung von bedürftigen Studierenden regelt zu beantragen.).



(a) Begabungsüberzeugung bei Erste-Generationsstudierenden



(b) Intelligenzüberzeugung bei Erste-Generationsstudierenden

Abbildung 10.12.: Prä-/Post-Vergleich nach Hochschulschulabschluss der Eltern bzw. Hauptbezugspersonen

Abbildung 10.12 zeigt die Entwicklung zwischen der Prä-Interentions-Testung und der Post-Interventions-Testung als Balkendiagramme (a und b) zur besseren Einordnung im Bereich der möglichen Likert-Skala von eins (Fixed Mindset) hin zur sechs (Growth Mindset). Die Fehlerbalken repräsentieren jeweils das Konfidenzintervall (CI=95 %).

Die Voraussetzungen für Varianzanalysen sind auch hier erfüllt.[28] Als Ergebnis der ANOVA können ebenfalls keine statistisch signifikanten Unterschiede – zwischen den beiden Skalen und den Untersuchungsgruppen belegt werden:

Begabungsüberzeugung: $F(1, 239) = 1{,}585$; $p = 0{,}207$; partielles $\eta^2 = 0{,}013$

Intelligenzüberzeugung: $F(1, 239) = 0{,}358$; $p = 0{,}358$; partielles $\eta^2 = 0{,}003$

10.4 Intervention – Pilotstudie mit großem Fragebogen

Wie in den vorangegangenen Abschnitten besprochen, stellt sich bei Messungen, die direkt im Anschluss an eine Intervention durchgeführt werden, die Frage nach der Nachhaltigkeit der Wirkung. Zu diesem Zwecke wurde der entwickelte Fragebogen[29] vor der Ausgabe der Zugänge zum Interventionsworkshop von den Studierenden an

[28] Bezüglich der Normalverteilung verfügen alle Gruppen über ausreichend hohe Fallzahlen. Die Sphärizität kann angenommen werden. Der Levene-Test zwischen den Gruppen bestätigt die Homogenität der Fehlervarianzen zwischen den Gruppen – dieser wird für keine Variable signifikant ($p > 0{,}05$). Der Box-M-Test liefert ein nicht signifikantes Ergebnis für beide Items ($p_{MSB} = 0{,}29$; $p_{MSI} = 0{,}46$).

[29] Vgl. Abschnitt »Aufbau und Validierung des Testinstrumentes«, S. 123, Kapitel 8.

den verschiedenen Hochschulstandorten zu Beginn des ersten Fachsemesters bearbeitet und ein weiteres Mal mit einem zeitlichen Abstand von ca. sechs bis acht Wochen nach der Intervention. Hierbei wurden drei Mindset-Skalen eingesetzt: das originale Intelligenzmindset nach Dweck und die beiden physikspezifischen Skalen (Anstrengungsüberzeugung und Begabungsüberzeugung), die für diese Arbeit entwickelt wurden (vgl. Abschnitt »Aufbau und Validierung des Testinstrumentes«, S. 123 ff.).

Der anonyme und selbstgewählte Code der Studierenden wurde anschließend zu allen drei Zeitpunkten (Fragebogen T1 – Interventionsworkshop – Fragebogen T2) gematched. Dabei konnte für den Standort Tübingen festgestellt werden, dass keine Studierenden der dortigen Hochschule an der Intervention teilgenommen haben. Es kann damit ausgeschlossen werden, dass sich Teilnehmende mit nicht Teilnehmenden über den Inhalt ausgetauscht haben könnten. Dies kann für keinen weiteren Hochschulstandort sichergestellt werden. Diese Gruppe von Erstsemesterstudierenden ($n = 39$) dient somit als Kontrollgruppe für die weitere Betrachtung. Von den am Workshop teilgenommenen Studierenden konnten insgesamt $n = 43$ ($N = 1119$) über alle drei Messzeitpunkte eindeutig über ihren Code gematched werden. Diese dienen als Treatmentgruppe in der weiteren Betrachtung.

Im Vorfeld der Berechnungen wurde aufgrund der stark *zusammengeschmolzenen* Anzahl an verbliebenen Datensätzen mit Hilfe der Software ›G*Power‹ Teststärkeanalysen durchgeführt (vgl. Abschnitt »Teststärke«, S. 103). Dabei wurde den Konventionen mit $\alpha = 0{,}05$ und $\beta = 0{,}8$ gefolgt. Für die Berechnung der benötigten Stichprobengröße wurde literaturkonform eine Effektstärke von Cohens d zwischen 0,2 und 0,3 zugrunde gelegt (vgl. Abschnitt »Nettoeffekt – Verschiebung in lernförderliche Richtung«, S. 298 ff.). Der minimal geforderte Stichprobenumfang, um für eine ANOVA mit zwei Messwiederholungen eine ausreichende Teststärke zu erhalten, liegt somit bei $n = 52$ für $d = 0{,}2$ und $n = 24$ für $d = 0{,}3$. Umgekehrt lässt sich für die vorliegende Studie mit 39 Proband:innen in der Kontrollgruppe erst für ein Cohens $d \geqslant 0{,}23$ genug Teststärke feststellen, um eine haltbare Aussage zu treffen.

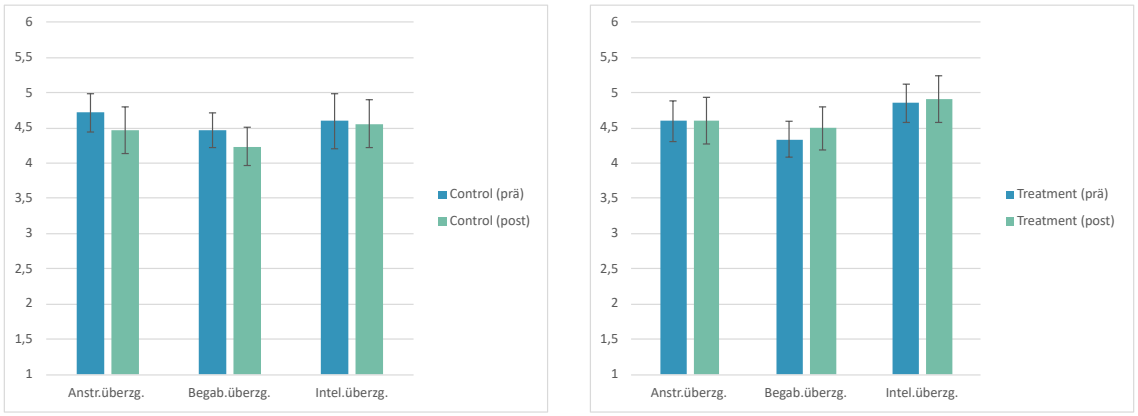
Wie die Ergebnisse zeigen, wird der Schwellenwert für die Effektstärke sowohl für die Skala der Anstrengungs- als auch für die Begabungsüberzeugung überschritten.[30] Damit kann für die Anstrengungsbereitschaft ein nicht signifikante Ergebnis für den Unterschied zwischen den Prä- und Post-Werten angenommen werden, während für die Begabungsüberzeugnug ein signifikanter Unterschied sichtbar wird. Für die Intelligenzüberzeugung kann dagegen keine Aussage über den Effekt gemacht werden,

[30] Für die Umrechnung von η^2 zu Cohens d vgl. Abschnitt »Effektgrößen« Formel 7.3, S. 100.

da hier die benötigte Effektstärke deutlich unterschritten wird. Die Ergebnisse der ANOVA sind:

Anstrengungsüberzeugung:
$F(1, 80) = 1{,}754$; $p = 0{,}189$; partielles $\eta^2 = 0{,}021$; $d = 0{,}29$
Begabungsüberzeugung:
$F(1, 80) = 4{,}909$; $p = 0{,}03$; partielles $\eta^2 = 0{,}058$; $d = 0{,}5$
Intelligenzüberzeugung:
$F(1, 80) = 0{,}209$; $p = 0{,}649$; partielles $\eta^2 = 0{,}003$; $d = 0{,}11$

Für die Begabungsüberzeugung zeigt sich bereits bei der Betrachtung der Diagramme (Abbildung 10.13, S. 307) ein deutlicheres Bild: während sich die Kontrollgruppe zum zweiten Messzeitpunkt um $K_\Delta = -0,23$ verändert, verbessert sich die Treatmentgruppe bei der Post-Messung nach der Intervention um $T_\Delta = 0,16$. Hieraus ergibt sich eine Nettodifferenz von $N_\Delta = 0{,}39$. Umgerechnet ergibt sich somit unter Einbezug der gepoolten[31] Standardabweichung $\sigma_{prä} = 0{,}788$ der Prä-Messung eine Nettoeffektstärke von $d_{pcc} = 0{,}49$.[32]



(a) Kontrollgruppe (b) Treatmentgruppe

Abbildung 10.13.: Prä-/Post-Vergleich der Treatment- und Kontrollgruppe mit dem großen Fragebogen

In einer nachträglich durchgeführten Untersuchung mit gepaarten t-Tests erweist sich die Kontrollgruppe als ursächlich für den signifikanten Effekt. Für die Treatmentgruppe kann somit kein signifikanter Effekt zwischen Pre- und Posttestung belegt werden. Wird jedoch die Kontrollgruppe betrachtet, kann hier umgekehrt ein signifikanter Abfall in eine lernhinderliche Richtung gezeigt werden.

Kontrollgruppe (Begabungsüberzeugung):

[31] Vgl. Field, 2013, S. 152.
[32] Vgl. auch Abschnitt »Nettoeffekt«, S. 101 ff.

$\bar{x}_{T1} = 4{,}47$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}24$; $K_\Delta =$ - 0,23; t(38) = 2,139; $p = 0{,}019$ (einseitig)
Treatmentgruppe (Begabungsüberzeugung):
$\bar{x}_{T1} = 4{,}33$; $\bar{x}_{T2} = 4{,}49$; $T_\Delta = 0{,}16$; $t(42) = -1,167$; $p = 0{,}125$ (einseitig).

Auch in anderen Studien konnte beobachtet werden, dass sich das Mindset wie auch andere motivationalen Faktoren, im Verlauf des ersten Studiensemesters verschlechtern (Dresel und Grassinger, 2013, S. 165; Diederich, 2023, S. 9 ff.). Die Untersuchung gibt daher einen ersten Hinweis darauf, dass der Interventionsworkshop möglicherweise eine Schutzwirkung über die ersten Wochen entfaltet oder zumindest stabilisierend auf die Begabungsüberzeugung der Studienbeginnenden wirken könnte. Allerdings ist dieses Ergebnis – nicht zuletzt aufgrund der geringen Anzahl an Datensätzen – bloß als vorläufig zu betrachten und sollte in weiteren Studien genauer untersucht werden.

10.5 Zusammenfassung der Interventionsstudie und Ausblick

Die Leitfragen für die Untersuchung des Interventionsworkshops lauten:

Kann ein erster deutschsprachiger Prototyp einer Online-Mindset-Intervention die Überzeugungen der Studienbeginnenden (Physik) in eine lernförderliche Richtung verschieben?

Entwicklung der Intervention

Die Entwicklung eines Interventionsworkshops ist eine komplexe Aufgabe. Um dennoch einen ersten deutschsprachigen Prototyp aufzubauen, wurde das Prinzip eines MVPs (Minimum Viable Product) aufgegriffen.[33] Der Stufenplan nach Hecht und Kolleg:innen (2021) wurde hierfür als Orientierung genommen, um den Workshop an den Grundanforderungen auszurichten. Das Kernziel bestand darin, eine Verschiebung des Mindsets in lernförderlicher Richtung herbeizuführen (Stufe 1). Beim Aufbau des Workshops wurde bereits ein großes Augenmerk darauf gelegt, diesen so zu gestalten, dass Minderheiten bzw. sogenannten Risikogruppen durch diesen mindestens in gleichem Maß gefordert werden (Stufe 2).

Abschluss- bzw. Abbruchraten spielen für die Betrachtung von Interventionswirkungen eine entscheidende Rolle – insbesondere, wenn Interventionen freiwillig und unbelohnt angeboten werden. Umgekehrt können Verbleiberaten und Abbruchzeitpunkte wertvolle Hinweise für die Akzeptanz des aufgebauten Interventionsworkshops darstellen. Allerdings könnte theoretisch bei ausreichend hoher Fallzahl selbst bei *sehr hohen* Abbruchraten noch statistisch signifikant gezeigt werden, dass eine positive Wirkung vorliegt. In diesem Fall müsste die Eignung des Workshops für die Zielgruppe dennoch in Frage gestellt werden. Daher wurde die Frage nach der Akzeptanz zunächst in den Vordergrund der Betrachtung gestellt.

Um die Akzeptanz seitens der Studierenden in Perspektive zu setzen, wurden die beobachteten Abbruch- bzw. Abschlussraten in Relation zu bestehenden Interventionen gestellt, die sich in den Grundkriterien als vergleichbar darstellen (vgl. Abschnitt »Vergleichbarkeit der Akzeptanz«, S. 291). Während unbelohnte Feldstudien im Durchschnitt zwischen 34 % und 37 % Abschlussraten aufweisen, zeigt der aufgebaute Interventionsworkshop, dass 58 % der Studierenden die Inhalte offenbar

[33] Ein MVP ist die erste minimal funktionsfähige Entwicklung eines Produkts, die dazu dient, zügig aus Nutzerfeedback lernen zu können und so Fehlentwicklungen an den Anforderungen der Nutzenden vorbei zu verhindern. Vgl. auch Abschnitt »Minimum Viable Product«, S. 229.

als relevant für sich einschätzten und die Videos bis zum Ende betrachteten. Der aufgebaute Interventionsworkshop weist eine Abschlussrrate von rund 86 % bzgl. des Ausfüllens der letzten Seite auf. Dies deckt sich gut mit den Vergleichswerten von 82 bis 88 %, wenn das Maß von Yeager und Kolleg:innen (2022) angesetzt wird. Dies ist insbesondere der Fall, da die Intervention von den Studierenden vollständig selbstgesteuert durchgeführt wurde und nicht nur unbeobachtet in Untersuchungsräumen der Universität (vgl. Fußnote Nr. 15, S. 293).

Die Untersuchung der Videobetrachtungsdauern und den Ausstiegszeitpunkten währenddessen offenbarte ein gleichmäßiges Bild: ein Teil der Studierenden beendet das jeweilige Video direkt zu Beginn und dann der Großteil wieder zum Ende hin (vgl. Abschnitt »Betrachtungsdauern – Videos einzeln«, S. 288). Es lassen sich hieraus keine Schlüsse über mögliche – von den Studierenden als ungeeignet empfundene – Stellen zur Änderung ziehen. Wie erwartet sinkt die anteilige Betrachtungsdauer jedoch mit dem Verlauf des Workshops.

Damit erweist sich der aufgebaute Interventionsworkshop als geeignet hinsichtlich der Akzeptanz seitens der Studierenden.[34] Dies spiegelte sich auch wider in den überwiegend positiv formulierten Rückmeldungen, die auf der Seite »Feedback«[35] freiwillig abgegeben werden konnten. Da hier ein doppelter positiver Selektionseffekt vorlag, wurden diese nur als Hinweise im Hinblick auf die Akzeptanz gewertet. 76 Studierende hinterließen ein positives Feedback, vier ein kritisches und neun ein neutrales Feedback. Die hohe Akzeptanz könnte auch als Bestätigung über den Zeitpunkt des Einsatzes direkt zum Studienbeginn interpretiert werden, was sich in Form zweier Rückmeldungen widerspiegelt, die den Zugangslink offenbar erst später erhielten: „*Ich habe den Link zu dem Kurs erst so in der 2. bis 3. Woche meines Studiums erhalten. Damit habe ich schon 3 Wochen studiert ohne mir richtig Gedanken über das Lernen zu machen. Ich hätte es schön gefunden, wenn ich diesen Kurs bereits vor dem Studium (Beispielsweise im Rahmen eines Vorkurses) erhalten hätte.*“ und „*Positiv: Direkt das Angebot am Anfang des Studiums Nichts zu bemängeln*“.[36]

Dennoch können diese Feedback-Aussagen nur als Indizien gewertet werden. Daher wäre eine mögliche zukünftige Vorgehensweise für die Weiterentwicklung und Anpassung des Workshops, Interview-Studien mit Studierenden durchzuführen. Gerade

[34] Vgl. dritte Forschungsfrage: Wie ist die Akzeptanz der Studierenden für die Intervention?

[35] Die Studierenden konnten nach dem folgenden Text noch in ein Freitextfeld eintragen: »Wir freuen uns über Deine Rückmeldung zu dem Kurs, damit wir die guten Dinge fortführen und die anderen weiterentwickeln können. Was fandest Du gut, was sollen wir in Zukunft anders machen und warum?« Vgl. auch Anhang »Feedback der Teilnehmenden«, S. 387.

[36] Anmerkung: alle Rückmeldungen wurden im Original übernommen und weder im Satzbau noch in der Rechtschreibung angepasst.

für die inhaltliche Betrachtung der einzelnen Videos könnten hier Methoden wie das Laute Denken (vgl. Sandmann, 2014, S. 179 ff.; „thinking aloud“ – Johnstone et al., 2008) geeignet sein, um mögliche *irritierende* Inhalte sowie besonders relevante Passagen zu identifizieren.

Auswertung der Intervention

Mit der als geeignet zu erachtenden Akzeptanz seitens der Kursteilnehmenden soll nun der Blick auf die vierte Forschungsfrage gelenkt werden: Welchen Einfluss hat die Teilnahme an der Online-Intervention auf das Mindset der Studierenden?

Um die mögliche Veränderung der lernförderlichen Überzeugungen zu erfassen, kamen zwei verschiedene Prä-/Post-Erhebungen zum Einsatz: erstens zwei Ein-Item-Skalen direkt zu Beginn und zum Abschluss des Interventionsworkshops; zweitens das für diese Arbeit weiterentwickelte Testinstrument (großer Fragebogen). Für das ursprüngliche Studiendesign zur Evaluation des Interventionsworkshops wurden eine Reihe Hochschulstandorte in Deutschland und Österreich angefragt, von denen insgesamt dreizehn zusagten teilzunehmen. Der erhebliche Aufwand wurde zunächst belohnt mit weit über tausend beantworteten Fragebögen (N =1119), so dass sich zu diesem Zeitpunkt eine sehr gute Realisierbarkeit einer Prä- und Posttestung mit Hilfe des großen Fragebogens abzeichnete. Der Abfall der Teilnehmenden auf 338 für den Interventionsworkshop lag bereits etwas unter der Erwartung bzw. Hoffnung. Ein Match von 43 Studierenden über alle drei Messzeitpunkte erzwang jedoch schließlich eine Verschiebung des Schwerpunkts auf die Auswertung der zwei Ein-Item-Skalen.

Da diese ursprünglich ohne Kontrollgruppe geplant wurde, wurden die Workshop-Teilnehmenden daher in zwei Gruppen aufgeteilt, um den Einfluss der Input-Videos besser einschätzen zu können. Die low-exposure Gruppe diente somit als eine Art Kontrollgruppe, da die Teilnehmenden weniger als die Hälfte des Videomaterials bzw. weniger als die Hälfte des Neuroplastizitätsvideos betrachtet hatten. Letzteres vermittelte die Mindset-Botschaft nach dem klassischen Prinzip der letzten zwei Jahrzehnte über die Darstellung wissenschaftlicher Informationen zur Neuroplastizität (vgl. Abschnitt »Forschungsstand zu gelungenen Interventionen«, S. 218). Die high-exposure-Gruppe diente dagegen als eine Art Treatmentgruppe, da diese Personen z.T. das gesamte Videomaterial betrachteten. Die Annahme, die diesem Ansatz zugrunde liegt, lautet: sofern der Inhalt der Inputvideos für die Verschiebung des Mindsets verantwortlich ist, sollte mit erhöhter Exposition zu diesem Inhalt auch eine erhöhte Verschiebung einhergehen. Genau dieses Ergebnis konnte bei der vergleichenden Betrachtung der Begabungs- und Intelligenzüberzeugung beobachtet werden.

Für die Begabungsüberzeugung ergibt sich eine Nettodifferenz von $\Delta = 0{,}35$.[37] Daraus resultiert eine Netto-Effektstärke von $d_{ppc} = 0{,}25$. Für die Intelligenzüberzeugung ergibt sich eine Nettodifferenz von $\Delta = 0{,}47$. Daraus resultiert eine Netto-Effektstärke von $d_{ppc} = 0{,}35$. Da die Vergleichsgruppe (low-exposure) ebenfalls an Teilen der Intervention teilgenommen hat, ist die Effektstärke gegenüber einer Kontrollgruppe als etwas höher einzuschätzen. Dies stellt jedoch eine Spekulation dar, welche es in weiteren Untersuchungen zu überprüfen gilt. Die Effektstärke liegt damit etwas über den Vergleichswerten der Literatur. Dies ist vermutlich der unmittelbar anschließenden Testung geschuldet. In zukünftigen Studien sollte daher in vergleichbaren Testzeiträumen gemessen werden.

Bereits für diese Arbeit wurde der Interventionsworkshop in einem Prä-/Postdesign mit sechs bis acht Wochen Abstand erhoben ($n_{Treatment} = 43, n_{Kontrolle} = 39$). Hier zeigte sich eine Nettodifferenz in vergleichbarer Größenordnung von $\Delta = 0{,}39$ und damit einer Netto-Effektstärke von $d_{ppc} = 0{,}49$. Dieser kommt jedoch bei dem Vergleich der betrachteten Gruppen dieses Mal nicht durch eine Verbesserung des Mindsets bei den Workshopteilnehmenden zustande. Vielmehr fällt die Begabungsüberzeugung für die Kontrollgruppe, die nicht am Workshop teilgenommen hat, ab. Auf der einen Seite ist hierbei zu beachten, dass die Kontrollgruppe sich ausschließlich aus einem Hochschulstandort rekrutiert, während die Treatmentgruppe aus Teilnehmenden von acht verschiedenen Hochschulen besteht (zwei aus Österreich, sechs aus Deutschland). Somit könnten für die Kontrollgruppe lokale Effekte wirken, die nicht erhoben wurden, die Begabungsüberzeugung jedoch negativ beeinflussen. Auf der anderen Seite deckt sich dieser Befund mit weiteren Studien, in denen ebenfalls ein Abfall während der ersten Wochen des Studienbeginns beobachtet wurde (Diederich und Spatz, 2022, S. 130). Um generalisierbar von einer Schutzwirkung der Intervention zu sprechen, ist allerdings weitere Forschung notwendig, insbesondere um lokale und Selbstselektions-Effekte auszuschließen.

Die vollständig neu entwickelte, deutschsprachige Mindset-Intervention stellt damit im SSI-Onlineformat[38] einen vielversprechenden Prototyp dar. Als MVP[39] im Sinne des Design Thinkings konnte der Interventionsworkshop gute Werte in Bezug auf die Akzeptanz aufzeigen und zugleich das Mindset der Teilnehmenden in erwartungskonformer Größenordnung in lernförderlicherweise beeinflussen. Darüber hinaus konnte

[37] Vgl. auch für diesen Abschnitt »Nettoeffektstärke«, S. 102.
[38] SSI – Single-Session-Intervention, zu Deutsch: Einzelsitzungsintervention.
[39] MVP – minimum viable product, zu Deutsch: minimal funktionsfähiges Produkt.

belegt werden, dass auch sogenannte Risiko-Studierende von der Intervention in gleichem Maße profitieren und nicht benachteiligt werden.

Hinweise und Ideen für eine Weiterentwicklung

Für den nächsten Iterationszyklus gemäß dem Design-Based-Research bieten sich einige Anknüpfungspunkte. Zwar war das Feedback insgesamt sehr positiv, dennoch ließen sich in einigen wenigen Fällen ($2 < n < 8$) konkrete Wünsche ableiten, die als Empfehlungen für die Weiterarbeit aufgefasst werden können:

(1) **Information zum Nachlesen**: Entweder wurde nach einem zusammenfassenden Dokument am Ende oder nach Video-Inhaltsangaben gefragt.
Das Hand-Out zum Workshop wurde den Studierenden als angedachtes Incentiv für ein zweites Ausfüllen des großen Fragebogens zur Verfügung gestellt. Hier könnte darüber nachgedacht werden, dies entweder bereits während des Workshops zu kommunizieren oder sogar bereits für diesen bereitzustellen. Ergänzend wären hier auch kurze Zusammenfassungen der wichtigsten Punkte der Videos denkbar. Dennoch sollte hierbei abgewogen werden, inwieweit die Möglichkeit zum Nachlesen, wieder zu stärkerer Passivität der Teilnehmenden einlädt (siehe auch (3) »Mehr Aktivitäten für Studierende«).

(2) **Konkrete Beispiele**: Es wurde um eine konkretere Betrachtung von Lerninhalten und Beispielen für den Einsatz der Lernstrategien und auch der Lern-App gebeten.
Die konkrete Behandlung von Lernstrategien an Aufgaben oder gar Tutorials zu einzelnen Apps war in der Planung eines Interventionsworkshops mit *überschaubarer* Länge (< 1 Stunde) nicht vorgesehen. An dieser Stelle würde daher der Pfad zur Erforschung der positiven Beeinflussung des Mindsets selbst aus synergistischer Perspektive verlassen werden. Dennoch würde es sicherlich für einige Studierende hilfreich sein, noch konkreter erklärt zu bekommen, wie sie die vorgestellten Strategien umsetzen können. Denkbar wären hier, in der Minimalversion weiterführende Links zu bereits vielfältig vorhandenen Tutorien anzugeben. Alternativ wäre auch ein modularer Aufbau denkbar, bei dem zunächst wie bisher linear die Grundmodule zum Mindset und den Lernstrategien angeboten werden. Im Weiteren könnten die Studierenden dann für sich aus Zusatzmodulen wie Zeitmanagement u.ä. konkrete Beispiele oder Apps je nach Bedarf für die Umsetzung wählen.

(3) **Mehr Aktivitäten für Studierende**: Es wurde vorgeschlagen, dass mehr Aktivitäten in Form von Zwischenfragen oder Quizzes die passiven Video-Inputs ergänzen sollen.

Hier muss sich die Autorin dieser Arbeit der Gretchenfrage stellen. Auf der einen Seite *predigen* die Videos unablässig, wie wichtig es ist, sich die Lerninhalte **aktiv** zu erschließen.[40] Auf der anderen Seite wurden zugunsten eines kürzeren Kurses insgesamt nur drei Quiz- und Schreibaktivitäten angeboten. Die beiden vorangegangenen Punkte aufgreifend wird daher für die mögliche Weiterarbeit vorgeschlagen, einen linearen *Pflichtteil* und einen modularen *Kürteil* aufzubauen. Der erste Teil sollte dabei in der Bearbeitung nach wie vor bezüglich der Dauer im Bereich von 30 bis 60 Minuten liegen. Hierbei sollten bestätigt durch bspw. Interviews mit Studierenden ggf. Kürzungen im ›Einstiegs-‹ und ›Neuroplastizitätsvideo‹ vorgenommen werden, um mehr Zeiträume für interaktive Elemente zu schaffen. Bereits die Videos ›Feynman-Technik‹ und ›Best Practices‹ könnten zudem in den modularen Teil für Anwendungen und Beispiele verschoben werden. Kurzzusammenfassungen und Quiz-Aufgaben der Videos könnten wiederum helfen, das Verständnis zu überprüfen.

[40] Vgl. Abschnitt »Gute und schlechte Lernstrategien«, S. 240.

Teil IV.

Schlussteil

11. Zusammenfassung

„The message was not that all human attributes could or should be changed, or that anyone could necessarily be or do anything. The message was about the benefits of understanding that we are all capable of meaningful growth, that people can further develop their abilities through sustained effort, good strategies, and lots of input and guidance from others.“

Carol Dweck[1]

Die neue Generation von Hochschulabsolvent:innen wird mit weitreichenden Herausforderungen konfrontiert: Klimawandel, nachhaltige Energieerzeugung und deren Speicherung zusammen mit einer zukunftsfähigen Nutzung und Wiederherstellung von Ressourcen stellen Kernthemen des 21. Jahrhunderts dar. Demgegenüber zeichnen Erhebungen von Studienabbruchquoten im Bereich der Physik einen Trend in die *falsche* Richtung. Auch in den kommenden Jahren werden die Einschreibezahlen als stagnierend erwartet, während Abbruchquoten als steigend prognostiziert werden. Ausgerechnet Studierende der MINT-Fächer, die am ehesten das Potential haben, diese Probleme anzugehen, weisen gleichzeitig die höchsten Abbruchquoten von bis zu 50 % auf. Selbst wenn diese Quoten bereinigt werden, führen 30 % der Studienbeginnenden im Fach Physik ihren Studiengang nicht fort.[2]

Angesichts dieser globalen Herausforderungen kann ein Studienabbruch nicht länger nur als persönliches Schicksal verstanden werden, sondern erhält „gesellschaftspolitische“[3] Bedeutung. Diesen Anteil an jungen motivierten Menschen in den ersten Semestern zu verlieren, wirkt vor diesem Hintergrund geradezu tragisch. Trotz vielfältiger und verstärkter Bemühungen in den letzten Jahren seitens von Hochschulen z.B. in Form von Förder- und Brückenkursen steigen Abbruchquoten weiter. Auch wenn diese Maßnahmen auf der fachlichen Ebene durchaus notwendig sind, so sind sie offenkundig nicht hinreichend, um das Problem vollständig zu adressieren. Vielmehr zeigt ein Blick auf psychologische Faktoren, dass 84 % der Studienabbrechenden

[1] Dweck (2019, S. 22).
[2] Vgl. zu diesem Abschnitt »Relevanz des Themas« S. 21
[3] Vgl. Heublein und Wolter, März/April 2011, S. 215.

bzw. -wechselnden im MINT-Bereich von *wahrgenommenen* Leistungsproblemen sprechen. Wahrgenommen – da sich der Großteil der Studienbeginnenden mit den schulischen Vornoten als sehr wohl geeignet erweisen. So lässt die Auswertung eines mathematischen Vorwissenstest erkennen, dass die Studienbeginnenden in ihren Erhebungen im Schnitt in den Fächern Mathematik und Physik gute bis sehr gute Vorleistungen in der Oberstufe erbracht hatten (vgl. Abschnitt 9.1.2, S. 214).

Eine mögliche Erklärung besteht im Umgang der Studienbeginnenden mit Schwierigkeiten und Rückschlägen zu Beginn des Studiums, mit denen sie in diesem Umfang offenbar noch nicht während ihrer Schulzeit konfrontiert waren. Die Studien zu lernförderlichen Überzeugungen – der Mindset-Theorie, die von Dweck und Kolleg:innen in über 50 Jahren Forschung aufgebaut wurde – zeigen hier vielversprechende Ansätze auf, da ihr Dreh- und Angelpunkt die Interpretation von Herausforderungen und Rückschlägen durch Lernende ist. Diese Mindset-Theorie („Theories of Intelligence“) erklärt dabei, dass jede Person eine naive Überzeugung bzw. Laientheorie darüber besitzt, ob Intelligenz und andere persönliche Eigenschaften angeboren und somit unveränderbar sind (Fixed Mindset) oder ob diese erworben und somit immer weiter ausbaufähig sind (Growth Mindset). Unabhängig, ob diese Theorien zutreffend sind oder nicht, haben sie – ähnlich wie Fehlvorstellungen in der Physik – einen z.T. weitreichenden Einfluss auf die Interpretation von Ereignissen in der Realität.[4]

Die beiden Mindsets beschreiben hierbei die Enden eines kontinuierlichen Spektrums: An dem einen Ende dieses Spektrums kann eine statische Überzeugung von Intelligenz, ein – Fixed Mindset – dazu führen, Rückschläge als mangelnde Begabung einzuschätzen. In der inhärenten Logik dieser Person wäre Begabung für ein Fach unveränderlich, was nach sich zieht, dass *es nicht viel bringen würde, viel Zeit und/oder Mühe darauf zu verschwenden*, um besser zu werden. Personen an diesem Pol stimmen der Aussage zu: „You can learn new things, but you can't really change how intelligent you are“ (Molden und Dweck, 2006, S. 12). Sie würden sich also bei freier Wahl nur Aufgaben und Themen aussuchen, für die sie sich begabt halten. Bei *subjektiv* empfundenen Schwierigkeiten zeigt sich daher auch eher eine Neigung zum Wechseln oder Aufgeben.

Am anderen Ende des Spektrums glauben Personen mit einem Growth Mindset hingegen, dass eigene Fähigkeiten immer wenigstens noch ein kleines Stück weiter ausgebaut werden können. Lernende mit dieser Überzeugung sind somit auch eher bereit, *dranzubleiben* und mehr Zeit und Aufwand angesichts von herausfordernden Umständen aufzubringen. Werden diese Personen mit Rückschlägen konfrontiert,

[4]Vgl. zu diesem Abschnitt »Mindset – Theorien zur Intelligenz« S. 29.

nutzen sie diese als Signal, mehr in die nächste Vorbereitung zu investieren bzw. die Strategien anzupassen. Schwierigkeiten bedeuten, etwas ***noch*** nicht zu können. Dies zeigt sich in der Zustimmung zu Items wie: „No matter how much intelligence you have, you can always change it quite a bit“ (Molden und Dweck, 2006, S. 12). Wiederholt zeigen Studien einen Zusammenhang zwischen den Mindsets und der Wahl von herausfordernden Mathematikaufgaben und sogar Noten (vgl. Abschnitt 4.3.3, S. 54).

Somit stellen die Mindsets ein Erklärungsmodell dar, warum Studienbeginnende trotz *geeignetem* schulischen Vorwissen abbrechen oder den Studiengang wechseln, da sie die folgende Frage je nach Verortung auf dem Spektrum ganz unterschiedlich beantworten: Handelt es sich bei einem Rückschlag um *Versagen* oder um eine Rückmeldung, etwas *noch nicht* genug zu können?

Zentral für die vorliegende Arbeit stellt sich jedoch eine weitere Erkenntnis aus der Mindset-Forschung dar: das Mindset selbst ist auf der persönlichen Ebene veränderbar durch geschickt aufgebaute Interventionen zum richtigen Zeitpunkt. Gerade der letzte Aspekt erweist sich als entscheidend, da sich insbesondere Transitphasen des Lebens – wie der Beginn eines Studiums – als geeignet herausgestellt haben, um diese naiven Überzeugungen überhaupt ändern zu können (vgl. Abschnitt 4.1.4, S. 40).

Die vorliegende Arbeit geht daher im Wesentlichen zwei Leitfragen nach. Im Folgenden sollen die daraus abgeleiteten Forschungsfragen für die vorliegenden Arbeit zusammenfassend beantwortet werden. Die erste Leitfrage lautet:

I. Wie lässt sich ein Physik-domänenspezifisches Mindset erfassen?

Die erste Forschungsfrage lautet: **1. Inwieweit sind die – für und mit Schüler:innen entwickelten – Items des domänenspezifischen Mindsets auch auf Studierende im Fach Physik übertragbar?**

In die Pilotierung gingen 35 Items eines bestehenden Darmstädter Fragebogens zum Physik-domänenspezifischen Mindset nach Gros (2017) ein (vgl. Abschnitt 5.5, S. 86). Dieser wurde auf Grundlage von Interview- und Fragebogenstudien mit Schüler:innen erstellt. Ursprünglich gingen fünf Skalen in die vorliegenden Untersuchungen ein. In explorativen Faktorenanalysen[5] zeigte sich jedoch, dass Studienbeginnende ein zu Schüler:innen abweichendes Antwortverhalten an den Tag legen. So können zwar je nach Rotationsverfahren[6] sechs bis sieben Skalen identifiziert werden, jedoch laden

[5]Vgl. hierzu Abschnitt »Explorative Faktorenanalyse« S. 137.
[6]Vgl. hierzu Abschnitt »Rotationsverfahren« S. 149.

die ursprünglichen Items gemischt auf die Faktoren, so dass – mit Ausnahme der Items für „Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen“ – die ursprünglichen Skalen nicht wiedergefunden werden können (vgl. Abschnitt 8.4.5, S. 152 ff.). Die Skala mit den Items zur „Vorliebe für Herausforderung“ kann allerdings inhaltlich nicht zum physikspezifischen Mindset zugeordnet werden, wie in der Beantwortung der nachfolgenden Frage weiter dargelegt wird.

Dagegen heben sich zwei neue physikspezifische Skalen hervor, die bereits indirekt in zwei der bestehenden Skalen als Konzept benannt waren: Es kann zum einen eine Skala zur „Anstrengungsüberzeugung“ mit vier Items gefunden werden mit einer internen Konsistenz von $\alpha_c = 0,85$. Zum anderen kann eine Skala zur „Begabungsüberzeugung“ mit fünf Items bestätigt werden bei einem $\alpha_c = 0,83$. Beide Werte der Cronbachs α können als gut interpretiert werden, angesichts der niedrigen Anzahl an Items.

Auch theoretisch lässt sich der Befund gut stützen: Einerseits waren drei der fünf Skalen als „Reaktion auf...“ benannt und sind inhaltlich somit im affektiv bewertenden Bereich des Mindset-Meaning-Systems zu verorten.[7] Daher verwundert es nicht, dass diese nicht als physikspezifisches Mindset zu identifizieren sind. Andererseits zeigten die beiden anderen Skalen bereits in der Benennung eine Dialektik zwischen Anstrengung (Übung) und Begabung (vgl. Abschnitt 8.7, S. 184). Damit greifen diese die Idee der beiden Mindset-Pole auf – zwischen Erlernbarkeit und Unveränderbarkeit von persönlichen Eigenschaften wie Intelligenz. In der Psychologie wird dieser Kontrast zwischen Anstrengung („effort“) und Begabung („ability“) als „Kompensationsschema“ bezeichnet (Heckhausen und Heckhausen, 2018a, S. 517).[8] Ein Teil der Personen versteht Begabung („ability“) dabei als unveränderbar, während der andere Teil dies durchaus als weiterentwickelbar interpretiert. Daher zeigen die beiden Skalen zwar erwartungsgemäß eine hohe Rang-Korrelation ($\rho \approx 0,6$), aber sind eben doch trennbar, wie auch die konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigt (vgl. Abschnitt 8.6, S. 179).

Wie sich das Mindset der Studierenden im Verlauf der ersten Semester verhält, konnte unter den Einschränkungen der CoVid19-Pandemie während des Messzeitraums nur unter Vorbehalt erhoben werden.[9] Es deutet sich an, dass sich die Begabungsüberzeugung für die Verbleibenden in lernförderlicher Richtung entwickelt mit einem Unterschied von $\Delta = 0,3$ für die sechsstufige Likertskala. Die Skala „Vorliebe für Herausforderung“ zeigt hingegen einen gegenläufigen Effekt mit $\Delta = -0,3$. Für die

[7] Vgl. hierzu Abschnitt »Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens« S. 64.
[8] Vgl. hierzu Abschnitt »Exkurs: Anstrengung und Begabung« S. 184.
[9] Vgl. Abschnitt »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, S. 93; Fußnote Nr. 48, S. 182.

Anstrengungsüberzeugung ist die positive Verschiebung von $\Delta = 0,1$ jedoch nicht signifikant. Es bedarf somit weiterer Forschung, um die Reproduzierbarkeit dieser Effekte sicherzustellen.

2. Inwieweit lassen sich die domänenspezifischen Items durch den Vergleich mit ähnlichen Konstrukten validieren?

Neben den Items aus dem bestehenden Darmstädter Fragebogen wurden vier weitere Konstrukte (Fachspezifische Resilienz, (Miss-)Erfolgs-Attribution nach Schneewind, Achievement Motive Scale und Grit) mit insgesamt 56 Items eingebracht (vgl. Abschnitt 8.2, S. 127). Die Zielsetzung bestand darin, mit Hilfe dieser inhaltlich verwandten Skalen, die sich allesamt im Bereich von Leistungserbringung im Kontext des Lernens und deren persönlicher Bewertung befinden, die Messungen divergent bzw. konvergent zu validieren.[10] So zeigte sich bereits bei der Auswahl dieser Konstrukte eine starke Ähnlichkeit für einen Teil der Items. Dennoch war es möglich, die bereits beschriebenen beiden physikspezifischen Mindsetskalen der Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung als eigenständig zu identifizieren. Beide Skalen wiesen nur geringe Rangkorrelationen zu den anderen Konstrukten von $\rho \leq 0,2$ auf (vgl. Abschnitt 8.5, S. 172).

Sowohl in der explorativen Faktorenanalyse als auch in der Untersuchung der Inter-Item- bzw. Inter-Skalen-Korrelation[11] zeigt sich ein ausgeprägter Zusammenhang zwischen den ursprünglichen Herausforderungs-Items zu den Items aller anderen Konstrukte (vgl. Abschnitt 8.4.5, S. 161). Dagegen besteht nur eine nicht signifikante Rangkorrelation von unter 0,1 zu den beiden neugebildeten physikspezifischen Mindsetskalen. Daher wird diese als „Vorliebe für Herausforderung“ benannt, aber als vom physikspezifischen Mindset unabhängige Skala identifiziert.

Dagegen kann eine konvergente Validität für die erste Erhebung im Längsschnitt (Wintersemester 2019/20) zwischen den beiden neugebildeten physikspezifischen Skalen und einer Kurzskala zum originalen Intelligenz-Mindset nach Dweck („Theories of Intelligence – ToI”) bestätigt werden (vgl. Kapitel 8, S. 123 ff.). Erwartungsgemäß zeigen die beiden physikspezifischen Skalen eine hohe Rangkorrelation von $\rho \approx 0,7$ auf. Zur Mindsetskala weisen sie jedoch nur jeweils einen mittleren Zusammenhang von $\rho \approx 0,3$ auf. Damit zeigen sich die beiden neu gebildeten im ausreichenden Maß als *verwandt* mit dem Intelligenz-Mindset, aber doch *eigenständig*

[10] Vgl. Abschnitt »Validität« S. 115 in Kapitel »Grundlagen und Methoden«.
[11] Vgl. Abschnitt »Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset« S. 172.

genug, um berechtigterweise zusätzlich gemessen zu werden und somit zu einem weiteren Aufklärungsbeitrag zu leisten (vgl. Abschnitt 8.5.1, S. 176).

Es kann in der clusteranalytischen[12] Betrachtung – neben den drei Gruppen, die auch in der Literatur beschrieben werden (Growth Mindset, Mixed Mindset und Fixed Mindset) – noch ein viertes Cluster gefunden werden: ein Crossed Mindset. Personen in diesem Cluster zeigen ein *überkreuztes* Antwortverhalten: so liegt ihr Mittelwert des Intelligenz-Mindsets noch einmal deutlich ($\Delta_\sigma \approx 0,4$) unter dem des Fixed Mindsets. Demgegenüber liegen die Mittelwerte für die domänenspezifischen Mindset-Skalen zwischen dem Mixed und Growth Mindset. Wie sich das Verhalten dieser Gruppe erklären lässt, liegt aktuell noch im Bereich der Spekulation und weitere Untersuchungen, dieser scheinbar widersprüchlichen Angaben wären daher wünschenswert.

Die zweite Leitfrage dieser Arbeit lautet: **II. Wie lässt sich ein Physik-domänenspezifisches Mindset verändern?**

Die vorliegende Arbeit eröffnet mit der bedenklichen Entwicklung stagnierender und teilweise rückläufiger Einschreibungen in das Physikstudium bei gleichzeitigem Anstieg der Wechsel- und Abbruchquoten. Die seit 20 Jahren bestehende Mindset-Interventionsforschung stellt hier einen möglichen Ansatz dar, diese Problematik anzugehen. Dabei zeigt sich, dass dennoch Zurückhaltung bei allem Optimismus angemessen ist, da nur unter Einhaltung bestimmter Grundsätze und Voraussetzungen wirkungsvolle Interventionen aufgebaut werden können. Die Intervention wurde daher nach dem Stufenmodell von Hecht et al. (2021) aufgebaut und als quasi-experimentellen Untersuchung in einem Prä-/Post-Design durchgeführt.[13] Zur zweiten Leitfrage wurden drei Forschungsfragen formuliert (3. bis 5.).

3. Wie ist die Akzeptanz der Studierenden für die Intervention?

In der Erstellung der Intervention wurde viel Wert daraufgelegt, dass die Inhalte des Workshops von den Teilnehmenden als gewinnbringend empfunden werden können. Die Einbringung von Lernstrategien als zentrales Element fungierte dabei auf

[12] Vgl. Abschnitt »Clusteranalyse« S. 188.

[13] Eine quasi-experimentelle Studie beschreibt eine Zuordnung von Testsubjekten in natürliche, nicht-randomisierte Gruppen (Döring und Bortz, 2016, S. 193).
Ein Prä-/Post-Design ist ein Messverfahren bei dem vor und nach der Durchführung einer Maßnahme, hier Intervention, Variablen erhoben werden, um durch den Vergleich die Wirksamkeit dieser zu erheben (Döring und Bortz, 2016, S. 209).

zwei Ebenen. Einerseits sind Lernstrategien kaum Inhalt des schulischen Diskurses.[14] Zudem ist gerade den Studienbeginnenden in Physik zu unterstellen, dass sie diese Lernstrategien gerade nicht in *ihren* Fächern Mathematik und Physik *nötig hatten* – wie auch die Vornoten belegen. Andererseits stellen die ausgewählten[15] Lernstrategien eine Art grobes Gewebe dar, in das die Mindset-Botschaft organisch eingeflochten werden konnte. Der letzte Punkt entspricht dabei einem der Grundsätze gelungenen psychologischen Interventionen (vgl. Abschnitt 9.2.3, S. 221), da gerade Adoleszente, zu denen auch die Studienbeginnenden im weitesten Sinne noch gezählt werden können, am ehesten Widerstände gegen äußere Manipulationen entwickeln, wenn diese bspw. konfrontativ gestaltet werden (ebd.). Eine Intervention ist immer auch eine Form von *Manipulation mit guter Absicht*. Daher stellt die erste Gelingensbedingung zuvorderst eine maßgeschneiderte Anpassung an die Zielgruppe dar. Der Erfolg wurde darum über die Akzeptanz der Physik-Studienbeginnenden anhand der Videobetrachtungsdauern operationalisiert (vgl. Abschnitt 10.2, S. 285).

An dem ca. 45-minütigen Interventions-Workshop nahmen N = 334 Studierende aktiv[16] teil. Von diesen begannen noch 280 das letzte der fünf Videos; 195 schauten es bis zum Ende. Analog zur Literatur über freie Kursangebote, wie MOOC („Massive Open Online Courses“), ist ein relativ kontinuierlicher Abfall über die Zeit zu beobachten. Werden die Abbruchraten ausgewertet und für vergleichbare nicht-incentivierte[17] Interventionen betrachtet, zeigt sich, dass die Inhalte der vorliegende Intervention offenbar von den Teilnehmenden als für sich relevant eingeschätzt wurden. So liegen die Vergleichswerte im Bereich von 34 bis 37 % , während der Interventions-Workshop dieser Arbeit durchschnittlich eine Komplettierungsrate von ca. 59 % aufweist. Knapp zwei Drittel der Teilnehmenden haben also vollständig an der Intervention teilgenommen.[18] Die einzelnen Videos zeigen darüber hinaus keine Ausstiegszeitpunkte, d.h. Stellen, bei denen eine erhöhte Anzahl an Beendigungen des Videos zu beobachten wären. Somit weist der aufgebaute Prototyp einer Einzelsitzungs-Online-Intervention eine zufriedenstellende Akzeptanz seitens der Studienbeginnenden im Fach Physik dar.

[14] Und wenn doch, dann eher gerade nicht für das Lernen von abstrakten Inhalten, sondern eher in Form Mnemo-Techniken zum Erlernen von Faktenwissen in Form von sogenannten Eselsbrücken.

[15] Die Auswahl der Lerntechniken erfolgte nach Auswertung der aktuellen Literatur und zentralen Metastudien der Lernpsychologie, welche die Effektivität der verschiedenen Strategien gegenüberstellen. Vgl. Abschnitt »Lernstrategien«, S. 237.

[16] Vgl. Fußnote 16, S. 294.

[17] Incentivierung wird häufig verstanden im Sinne eines Bonus in Form von finanzieller Entlohnung, zusätzlichen Creditpoints oder der Teilnahme an Gewinnspielen u.ä.

[18] Vgl. Abschnitt »Vergleichbarkeit der Akzeptanz« S. 291.

4. Welchen Einfluss hat die Teilnahme an der Online-Intervention auf das Mindset der Studierenden?

Die Zielsetzung des Interventions-Workshops bestand darin, das Mindset der Teilnehmenden in eine lernförderliche Richtung zu beeinflussen. Gemäß den Grundsätzen für gelungene Interventionen[19] muss hierfür im ersten Schritt gezeigt werden, dass dies durch die Intervention verursacht wurde. Daher wurde zu Beginn und zum Ende der Intervention mit Hilfe von zwei Einzel-Item-Skalen jeweils die Begabungsüberzeugung und die Intelligenzüberzeugung der Teilnehmenden erhoben (vgl. Abschnitt 10.1.1, S. 282). Um einen Netto-Treatement-Effekt[20] zu approximieren, wurden die Teilnehmenden in zwei Gruppen eingeteilt. Die erste Gruppe ($n_L = 39$) betrachtete weniger als die Hälfte des Videomaterials bzw. weniger als die Hälfte des ersten Videos (Neuroplastizität und Mindset-Botschaft) und wurde daher als ›low-exposure‹-Gruppe bezeichnet. Die zweite Gruppe ($n_H = 250$) wurde umgekehrt definiert und schaute mindestens jeweils die Hälfte und wurde daher als ›high-exposure‹-Gruppe bezeichnet. Für beide Einzel-Item-Skalen[21] zeigen sich jeweils zu Beginn keine signifikanten Unterschiede zwischen den low- und high-exposure-Gruppen. Auch können keine statistisch signifikanten Effekte für die low-exposure-Gruppe im Prä-/ Post-Test-Vergleich für beide Skalen gefunden werden. Jedoch zeigen sich für beide Skalen höchstsignifikante Verschiebungen in lernförderliche Richtungen bei der Betrachtung der high-exposure-Gruppe. Die berechnete gepoolte Netto-Effektstärke für Verschiebung der Begabungsüberzeugung liegt bei $d_{ppc} = 0,25$ und die der Intelligenzüberzeugung bei $d_{ppc} = 0,35$ (vgl. Abschnitt 10.3.1, S. 298).

In einem Prä-Post-Design (s.o.) mit Hilfe der weiterentwickelten Skalen der vorliegenden Arbeit wurden darüber hinaus eine kleinere Stichprobe mit Kontrollgruppe ($n_K = 39$) und Treatmentgruppe ($n_T = 43$) untersucht.[22] Die Prä-Untersuchung fand dabei ca. eine bis zwei Wochen vor der Intervention statt; die Post-Untersuchung ca. sechs bis acht Wochen nach der Teilnahme. Es zeigt sich für die Kontrollgruppe, dass sich die Begabungsüberzeugung in diesem Zeitraum leicht, allerdings signifikant verschlechtert, während sich die Begabungsüberzeugung in der Treatmentgruppe leicht, jedoch nicht signifikant verbessert. Damit ergibt sich für die Nettodifferenz

[19] „well-crafted interventions“ – vgl. Dweck und Yeager, 2019, S. 1277.
[20] Vgl. Abschnitt »Nettoeffekt« S. 101.
[21] Vgl. Abschnitt »Kurzfragebogen« S. 282.
[22] Während die Treatmentgruppe aus Studierenden verschiedener Hochschulstandorte bestand, die an der Intervention teilnahmen, wurde die Kontrollgruppe ausschließlich aus Studierenden eines Hochschulstandortes gebildet. Keine Person dieser Hochschule hatte an der Intervention teilgenommen.

von $N_\Delta = 0{,}39$ eine gepoolte Netto-Effektstärke von $d_{ppc} = 0,49$. Dies gibt einen ersten Hinweis darauf, dass die Intervention eine Art Schutzwirkung gegenüber dem auch in anderen Studien beobachteten Abfall des (physikspezifischen) Mindsets im ersten Studiensemester entfaltet (vgl. Abschnitt 10.4, S. 305).

Obwohl die Ergebnisse im Hinblick auf die Problemstellung vielversprechend wirken, soll dennoch auf die Notwendigkeit weiterer Forschung hingewiesen werden. Insbesondere stellt sich die Frage nach der Verallgemeinerbarkeit unter den gegebenen Post-CoVid19-Umständen während der Messungen.[9] Auch erscheinen größere Stichprobengrößen als erstrebenswert, gerade um zu prüfen, inwieweit die Ergebnisse von der Heterogenität der Gruppe abhängen.

5. Welche Unterschiede gibt es bei Berücksichtigung von unterrepräsentierten Gruppen im Studienfach Physik (weibliche Studierende, Erste-Generationsstudierende und Studierende mit Migrationshintergrund)?

Selbst kritische Analysen der Wirkung von Mindset-Interventionen kommen zumeist zu dem Schluss, dass diese das Potential besitzen, sogenannte Risikogruppen zu fördern. Hiermit sind zum einen allgemein schwächere Lernende gemeint. Zum anderen greift die Literatur jedoch auch immer wieder in diesem Zusammenhang Lernende marginalisierter und unterrepräsentierter Gruppen auf. Hecht und Kolleg:innen 2021 greifen in ihrem Stufenplan daher nach der obligatorischen Stufe – dass eine Intervention überhaupt eine Wirkung zeitigen soll – direkt in der zweiten Stufe auf, dass sie diese Wirkung eben auch bei jenen Lernenden entfalten muss (vgl. Abschnitt 9.2, S. 218).

Für das Physikstudium sind daher in diesem Kontext drei Gruppen von besonderem Interesse, für die jeweils gezeigt werden muss, dass der Workshop diese nicht benachteiligt: Erste-Generationsstudierende, Studierende mit Migrationshintergrund und – da sie in diesem Studiengang (B.-/M.Sc.) eine Minderheit darstellen – auch weibliche Studierende.

Um zu überprüfen, inwiefern (keine) signifikanten Unterschiede zwischen den Gruppen bestehen, wurden ANOVAs mit Messwiederholung für die jeweiligen Gruppen mit den beiden Einzel-Item-Skalen (s.o.) der Begabungsüberzeugung und Intelligenzüberzeugung durchgeführt (vgl. Abschnitt 10.3.2, S. 300). Für diese Untersuchung wurden ausschließlich die Datensätze der high-exposure-Gruppe (s.o.) verwendet. Es können in keinem Fall statistisch signifikante Unterschiede der beiden Skalen und den Untersuchungsgruppen belegt werden. Damit können keine Unterschiede für die beschriebenen unterrepräsentierten Gruppen im Studienfach Physik gefunden

werden. Der Workshop bevorzugt somit keine Personen der erhobenen Gruppen – noch benachteiligt er diese.

12. Diskussion und Ausblick

12.1 Weiterentwickelter Fragebogen

Das weiterentwickelte Testinstrument dieser Arbeit baut auf dem Darmstädter Fragebogen nach Gros (2017) auf. Es zeigt sich, dass die Zuordnung der Items zu den Skalen von den Studierenden abweichend zu den bisherigen Befragungen von Schüler:innen stattfindet, mit denen der Fragebogen ursprünglich in Interview- und Fragebogenstudien aufgebaut wurde. Dennoch lassen sich die neu aufgebauten Skalen nicht nur divergent zu verwandten Skalen in verschiedenen Testungen validieren. Auch können nachträgliche Analysen aufzeigen, wie sich die empirischen Befunde mit dem sozialpsychologischen Theoriegerüst in Einklang bringen lassen. Darüber hinaus lassen sich die beiden neuen Skalen zur Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung durch Betrachtung von korrelativen Zusammenhängen und konfirmatorischer Faktorenanalysen für mehrere Erhebungen konvergent zum ursprünglichen Mindset validieren. Damit stellt das weiterentwickelte Testinstrument eine gute Ausgangsbasis für weitere Forschung dar. Jedoch bleiben eine Reihe an Fragen offen bzw. sind im Zuge dieser Arbeit neu entstanden:

- Die beiden neuen Skalen zur Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung lassen sich für fast alle durchgeführten Erhebungen mit Hilfe der konfirmatorischen Faktorenanalyse als getrennte Skalen bestätigen. Jedoch wird die Skala zur Begabungsüberzeugung aus fünf ausschließlich invers-formulierten Items gebildet. Dagegen besitzt die Skala zur Anstrengungsüberzeugung nur ein invers-formuliertes Item, welches auch in der explorativen Faktorenanalyse bei fast allen Rotationsverfahren deutliche Neben- oder sogar Hauptladungen auf der Skala zur Begabungsüberzeugung aufweist. Moosbrugger und Kelava (2020) weisen darauf hin, dass die Verwendung von invers- gemeinsam mit nicht-invers-formulierten Items zu artifiziellen Faktoren- bzw. Skalenbildung führen kann.[1] Somit stellt sich die Frage, inwieweit die Trennung der beiden Skalen *echt* ist oder eben auf jenem Effekt beruht. Es wird vorgeschlagen in der Weiterarbeit zu untersuchen,

[1] Vgl. Moosbrugger und Kelava, 2020, S. 319.

ob sich z.B. durchgängig invers-formulierte Items weiterhin trennen lassen könnten. Hierbei wird empfohlen, die Items weiter in randomisierter Reihenfolge zu belassen, um somit das Ergebnis nicht mit einem Reihungseffekt zu überlagern.

- In den längsschnittlichen Messungen zeigt sich eine Verbesserung der Begabungsüberzeugung in lernförderliche Richtung. Gleichzeitig deutet die konfirmatorische Faktorenanalyse für die Erhebung im vierten Semester an, dass das Modell in dem die Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung als getrennte Skalen beschrieben werden, nicht mehr länger dem Modell überlegen ist, welches beide gemeinsam als physikspezifisches Mindset zusammenfasst. Hieraus ergeben sich zwei Fragen:
  1. Zwei der drei Längsschnittmessungen fanden unter den Einschränkungen durch die CoVid19-Pandemie statt. Wie verallgemeinerbar ist daher die Entwicklung in lernförderliche Richtung? Es wird daher vorgeschlagen, die Längsschnittstudie unter *normalen* Bedingungen zu wiederholen. Idealerweise würden hierbei auch die Studienfachwechselnden und Abbrecher:innen weiter erhoben, um ggf. Unterschiede zwischen den verbleibenden und den anderen Studierenden ermitteln zu können.
  2. Die Literatur gibt immer wieder an, dass die Konzepte bzw. Begriffe „Intelligenz“ und „Begabung“ zum einen unterschiedlich von Person zu Person interpretiert werden. Zum anderen ändert sich aber die Interpretation dieser Konzepte auch intrapersonell.[2] Die beobachtete Entwicklung könnte also zwar sehr wohl verallgemeinerbar sein, aber in der Ursache auf einer Entwicklung der Konzepte von „Intelligenz“ und „Begabung“ im Verlauf der ersten Semester des Studiums zurückzuführen sein. Hier wäre es daher entscheidend zu untersuchen, inwieweit eine *Evolution* der Begriffe bei den Studierenden stattfindet und welcher Zusammenhang sich zur Entwicklung des Mindsets im Längsschnitt ergibt.
- In der Untersuchung der Daten mit Hilfe der Clusteranalyse konnte neben den drei bekannten Mindset-Clustern noch ein viertes identifiziert werden: das Crossed Mindset. Bei diesem liegen die beiden domänenspezifischen Überzeugung im Mittel zwischen dem Growth- und dem Mixed Mindset. Die originale Mindset-Skala zur Intelligenzüberzeugung liegt durchschnittlich dagegen noch niedriger (lernhinderlichere Überzeugung) als beim Cluster des Fixed Mindsets. Es stellt sich hier die Frage, wie Studierende Begabungs- und Intelligenzbegriffe in Einklang bringen. Es wäre daher wünschenswert zunächst Studierende mit Hilfe des

[2] Eine Person könnte also zunächst interpretieren, dass intelligent ist, wer viel weiß und drei Jahre später sagen, dass Intelligenz nicht am Wissen hängt, sondern wie schnell jemand Knobelaufgaben lösen kann, da sich das Konzept über die Jahre angepasst hat.

Fragebogens zu identifizieren und in gestuften Interviewstudien zu untersuchen, welche Erklärungsmuster diesen scheinbar widersprüchlichen Überzeugungen zugrunde liegen.

12.2 Prototyp einer deutschsprachigen physikspezifischen Mindset-Intervention

Mit der vorliegenden Arbeit wurde die erste deutschsprachige und physikspezifische Mindset-Intervention aufgebaut und ausgewertet. Die Entwicklung orientierte sich an den Leitlinien für die Erstellung von wirksamen sozialpsychologischen Interventionen, die durch die „Design and Research"-Forschung der letzten zwei Jahrzehnte herausgearbeitet wurden (Romero et al., 2016; vgl. auch Hecht et al., 2021). Wie dargestellt konnte im Sinne des Design Thinkings ein erfolgreicher Prototyp aufgebaut werden, der die folgenden Ansprüche erfüllt: hohe Akzeptanz seitens der Teilnehmenden, kurzfristige Verschiebung des Mindsets in lernförderliche Richtung mit mittlerer Effektstärke ($d \approx 0,3$) und keine Benachteiligung marginalisierter Gruppen. Damit stellt der Prototyp eine gute Grundlage für die Weiterarbeit in zukünftigen Zyklen bzw. Epochen gemäß einem Design-Based-Research dar. Wie dargelegt, können viele Effekte nur kurzfristig bzw. als vorläufige Hinweise verstanden werden. Es stellen sich für Folgestudien daher eine Reihe von Fragen:

- In zwei kleineren Stichproben konnten im Prä-/Post-Design Hinweise gesammelt werden, dass die Intervention den kurzfristig positiven Effekt verliert; allerdings offenbar eine Art Schutzwirkung gegenüber dem *natürlichen* Abfall des Mindsets in lernhinderliche Richtung im Verlauf des ersten Semesters entfaltet. Hier stellt sich die Frage, inwieweit diese Funde verallgemeinerbar sind. Dafür sollte dieses Untersuchungsdesign in einer deutlich größeren und im Idealfall auch in wesentlich heterogenen Gruppen durchgeführt werden. Zudem schließen sich direkt zwei weitere offene Punkte an.
  1. Der erste Punkt betrifft den Studienabbruch. Aufgrund der Studienlage ist anzunehmen, dass sich eine Veränderung des Mindsets in eine lernförderliche Richtung auch positiv auf mögliche Abbruchsintentionen auswirken sollte. Daher wäre es erstrebenswert zu überprüfen, inwieweit sich eine Wirkung der Intervention in Folge auch auf den Studienabbruch oder Verbleib auswirkt.
  2. Der zweite Punkt betrifft die Leistungen der Studierenden. In verschiedenen Studien konnten sich Mindset-Interventionen vorteilhaft auf die Entwicklung der Leistungen von schwächeren Lernenden bzw. auf Lernende aus margi-

nalisierten Gruppen auswirken. Weitere Untersuchen könnten überprüfen, inwiefern diese Befunde auch auf Physikstudierende übertragbar sind.

- In vielen Studien stellt Selbstselektion einen nicht zu vernachlässigenden Faktor dar; so auch in der vorliegenden. Erhobene Daten haben damit immer die Färbung, dass es die (Selbst-)Angaben von denen sind, die eben bereit waren teilzunehmen oder auch einfach noch bzw. zufällig da waren. Möglichkeiten bestünden bspw. darin, die Teilnahme an der Intervention verpflichtend (in einer Lehrveranstaltung) zu machen oder sie zu incentivieren.
- Die Intervention zeigt insgesamt gute Akzeptanz bzw. Abschlussraten. Dies liefert einen Hinweis darauf, dass die Studierenden offenbar Zeitpunkt und Inhalt des Interventions-Workshops als geeignet für sich wahrgenommen hatten. Dennoch lagen der Erstellung viele Spekulationen zugrunde. Die freiwilligen Kommentare am Ende des Workshops ließen hier erste Einblicke zu. Es wäre daher von Interesse, weiteres und strukturiertes Feedback durch Studienbeginnende in z.B. Interviews darüber zu erhalten, welche Teile sie als wertvoll oder ggf. als überflüssig empfunden haben und welche Inhalte sie sich zusätzlich wünschen würden. Ein solcher Optimierungsprozess muss mit Vorsicht geschehen und dabei in neuen Schleifen kritisch hinterfragt werden, ob die Anpassungen auch wirklich eine Verbesserung im Hinblick auf die Zielsetzung darstellen.
  Ein möglicher Anknüpfungspunkt wäre, die Studierenden aktiver in den Kurs mit mehr Übungen einzubinden. Wie bereits in Abschnitt »Zusammenfassung der Interventionsstudie und Ausblick«, S. 309 besprochen, wäre eine Aufteilung in einen kürzeren Pflichtteil mit der Mindset-Botschaft denkbar, an den sich fakultative Kursteile anschließen, die modular aufgebaut sind und (somit) freiwillig in Menge und Reihenfolge gewählt werden können.

Die vorliegende Arbeit ergänzt die bestehende Mindset-Forschung der letzten Jahrzehnte um einen ersten tiefergehenden Blick in den deutschsprachigen und physikspezifischen Kontext. Die gewonnenen Erkenntnisse geben Grund zu einem gehaltenen Optimismus, dass weiterentwickelte Interventionen vielleicht wirklich bald zweifelnde Studierende vom Abbruch abhalten könnten, weil diese dadurch realisieren, es eben ggf. ***noch*** nicht zu können. Bereits jetzt zeigen aktuelle Entwicklungen in diese Richtung: so wurde der Workshop und die Videos von Malte Diederich (TU Darmstadt) überarbeitet und im Rahmen eines BMBF-Projektes erfolgreich bei Studierenden der MINT-Disziplinen eingesetzt (vgl. Diederich et al. (2023). Hierfür wurde dem Kurs vom HessenHub im Jahr 2023 der OER-Preis verliehen.[3]

[3]https://www.hessenhub.de/oer-material/oer-preis_2023/.

13. Summary

"The message was not that all human attributes could or should be changed, or that anyone could necessarily be or do anything. The message was about the benefits of understanding that we are all capable of meaningful growth, that people can further develop their abilities through sustained effort, good strategies, and lots of input and guidance from others."

Carol Dweck[1]

The new generation of university graduates is confronted with far-reaching challenges: climate change, sustainable energy production and its storage, together with the sustainable use and restoration of resources, are the core issues of the 21st century. On the other hand, surveys of university-drop-out rates in the field of physics show a trend in the *wrong* direction: Enrolment rates are expected to stagnate in the coming years, while drop-out rates are forecasted to rise. In particular STEM students who are most likely to have the potential to address these problems also have the highest dropout rates of up to 50 %. Even if these rates are adjusted, 30 % of those starting in physics do not continue their studies.[2]

From the vantage point of the growing challenges posed to the new generation of graduates, dropping out of university can no longer be understood only as a personal fate, but takes on ›socio-political‹[3] significance. Against this background, losing this proportion of young, motivated people in the first semesters seems downright tragic. Dropout rates continue to rise, despite diverse and intensified efforts by universities in recent years, e.g. in the form of remedial and bridging courses. Although these measures are necessary they are clearly not sufficient to fully address the problem. A look at psychological factors shows that 84 % of those dropping out or changing studies in the STEM field speak of *perceived* performance problems. Perceived – since the majority of first-year students prove to be very suitable with their school preliminary grades: For example, the evaluation of a mathematical prior knowledge

[1] Dweck (2019, S. 22).
[2] On this section, cf. »Relevanz des Themas« p. 21.
[3] Cf. „gesellschaftspolitische" Bedeutung Heublein und Wolter, März/April 2011, p. 215.

test shows that first-year students had, on average, achieved good to particularly good preliminary performance in the subjects of mathematics and physics in the upper school (cf. section 9.1.2, p. 214).

One possible explanation is the way in which first-year students cope with difficulties and setbacks at the beginning of their studies – challenges they apparently did not have to deal with to this extent during their school years. The studies of the mindset theory – a learning-promoting belief – built up by Dweck and colleagues over 50 years of research show promising approaches here, as its linchpin is the interpretation of challenges and setbacks by learners. This mindset theory ("Theories of Intelligence") explains that every person has a naïve conviction or lay theory about whether intelligence and other personal characteristics are innate and thus unchangeable (fixed mindset) or whether they are acquired and thus always expandable (growth mindset). Regardless of whether these theories are correct or not, they have an influence on the interpretation of events in reality, much like misconceptions of physics' concepts.[4]

The two mindsets describe the ends of a continuous spectrum: At one end of this spectrum there is a static belief in intelligence, a so called fixed mindset, which can lead to the perception of setbacks as a sign of lack of talent. The inherent reasoning of individuals with this mindset is, that aptitude for a subject would be immutable, which implies that *it would not do much good to waste a lot of time and/or effort on becoming better*. People at this end of the spectrum agree with the statement: "You can learn new things, but you can't really change how intelligent you are" (Molden und Dweck, 2006, p. 12). Consequently, given the freedom of choice, they would only opt for tasks and topics for which they consider themselves naturally gifted. In scenarios where they encounter *subjectively perceived* difficulties, there is therefore a tendency to switch subjects or abandon the task altogether. In contrast, at the opposite end of the spectrum, individuals possessing what is termed a 'growth mindset' believe that their own skills can always be developed at least a little further. Learners at this pole are also more willing to *stick with it* and spend more time and effort in the face of challenges and obstacles. If people with these beliefs are confronted with setbacks, they use them as a signal to invest more in the next preparation or to change strategies. Difficulties mean not being able to do something yet. This can be seen in the agreement with items such as: "No matter how much intelligence you have, you can always change it quite a bit" (Molden und Dweck, 2006, p. 12). Studies have repeatedly shown a correlation between mindsets and the

[4]On this section, cf. »Mindset – Theorien zur Intelligenz« S. 29.

choice of challenging math tasks and even grades (cf. section 4.3.3, p. 54). Thus, the mindsets represent an explanatory model for why first-year students drop out or change courses of study despite having adequate previous school knowledge, as they answer the following question very differently depending on their location on the spectrum: Is a setback a *failure* or feedback that they are **not yet** able to do something well enough?

Central to the present work, however, is another finding from mindset research: the mindset itself can be changed on a personal level through cleverly structured interventions at the right time. Especially the latter aspect proves to be crucial, since in particular transitional phases of life – such as the beginning of university studies – have proven to be suitable for being able to change these naïve convictions (cf. section 4.1.4, S. 40). Therefore, the present thesis essentially pursues two guiding questions. In what follows, the research questions derived from this will be answered in summary for the present work.

The first guiding question is: **I. How can a physics domain-specific mindset be captured?** The first research question is:

1. To what extent can the items of the domain-specific mindset questionnaire be transferred to first-year students in physics? 35 items from an existing Darmstadt questionnaire on the physics domain-specific mindset according to Gros (2017) were included in the pilot (cf. section 5.5, p. 86). This was created on the basis of interview and questionnaire studies with (high-)school students. Originally, five scales were included in the present studies. However, exploratory factor analyses[5] showed that school students exhibit a different response behavior from that of university students.

Thus, depending on the rotation[6] method, six to seven scales can be identified, but the original items are mixed with the factors, so that – with the exception of the items for ›responding to challenges and efforts‹ („Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengungen“) – the original scales cannot be found again (cf. section 8.4.5, S. 152 ff.). However, the scale with the items on the ›preference for challenge‹ („Vorliebe für Herausforderungen“) cannot be assigned to the physics-specific mindset in terms of content, as will be further explained in the answer to the following question. Furthermore two new physics-specific scales stand out, which were already indirectly named as concepts in two of the existing scales: First, a scale for ›effort beliefs‹

[5]Cf. section »Explorative Faktorenanalyse« p. 137.
[6]Cf. section »Rotationsverfahren« p. 149.

(„Anstrengungsüberzeugung“) with four items with an internal consistency of $\alpha_c = 0.85$ can be found. Additionally, a scale for ›talent beliefs‹ („Begabungsüberzeugung“) can be confirmed with five items with an $\alpha_c = 0.83$. Both values of the Cronbach's α can be interpreted as good, given the small number of items.

The finding can also be well supported theoretically: On the one hand, three of the five scales were classified as a “reaction to...“ and are thus to be located in the affectively evaluative area of the mindset meaning system. Therefore, it is not surprising that these are not identifiable as a physics-specific mindset.[7] On the other hand, the other two scales already showed a dialectic between effort and ability (cf. section 8.7, p. 184). In doing so, they take up the idea of the two mindset poles – between the adaptability and immutability of personal characteristics such as intelligence. In psychology, this contrast between effort and ability is referred to as the ›compensatory causal schemata‹ („Kompensationsschema“ – Heckhausen und Heckhausen, 2018b, S. 706).[8] Some people understand ›ability‹ as unchangeable, while others interpret it as something that can be further developed. Therefore, as expected, the two scales show a high rank correlation ($\rho \approx 0,6$), but are still separable, as affirmed by the confirmatory factor analysis (cf. Section 8.6, S. 179).

When looking at the development of the scales over a period from the first to the fourth semester, there are indications that the ›talent beliefs‹ scale („Begabungsüberzeugung“) - for those who remain - is developing in a direction that is conducive to learning, with a difference of $\Delta = 0.3$ for the six-point Likert scale. In contrast, the ›preference for challenge‹ („Vorliebe für Herausforderungen“) scale shows the opposite effect with Δ = -0.3. A slight positive shift of $\Delta = 0.1$ can be observed for ›effort beliefs‹ („Anstrengungsüberzeugung“), albeit this shift lacks statistical significance. Given the constraints imposed by the CoVid-19 pandemic, the interpretation of these results over the initial semesters during the measurement period is possible only to a limited extent (cf. section 8.11, p. 206). Further research is therefore required to ensure the reproducibility of these effects.

2. To what extent can the domain-specific items be validated by comparison with similar constructs?

In addition to the items from the existing ›Darmstadt questionnaire‹, four other constructs (Fachspezifische Resilienz, (Miss-)Erfolgs-Attribution nach Schneewind, Achievement Motive Scale and Grit) were introduced with a total of 56 items (cf.

[7] Cf. section »Dritte Erkenntnisstufe – Induktion meisternden Verhaltens« p. 64.
[8] Cf. section »Exkurs: Anstrengung und Begabung« p. 184.

section 8.2, p. 127). The objective was to validate the measurements divergently or convergently using these thematically related scales, all of which are in the area of performance in the context of academic learning and their personal evaluation.[9]

A strong similarity for a part of the items was already apparent when selecting these constructs. Nonetheless, it was possible to identify the two physics-specific mindset scales of effort and talent beliefs as independent. Both scales showed only low rank correlations to the other constructs of $\rho \leq 0.2$ (cf. section 8.5, p. 172).

Both, in the exploratory factor analysis and in the examination of the inter-item or inter-scale correlation[10], there is a pronounced correlation between the original ›challenge items‹ („Reaktion auf Herausforderungen“) and the items of all other constructs (cf. section 8.4.5, p. 161). In contrast, there is only a non-significant rank correlation of less than 0.1 to the two newly formed physics-specific mindset scales. Therefore, this is named as ›preference for challenge‹ („Vorliebe für Herausforderung“), but identified as a scale, independent of the physics-specific mindset.

In contrast, a convergent validity for the first longitudinal survey (winter semester 2019/20) can be confirmed between the two newly formed physics-specific scales and a short scale for the original intelligence mindset according to Dweck (“Theories of Intelligence – ToI“) (cf. chapter 8, p. 123 ff.). As expected, the two physics-specific scales show a high rank correlation of $\rho \approx 0.7$. However, they each only have a lox-medium correlation of $\rho \approx 0.3$ with the mindset scale. Thus, the two newly formed scales show themselves to be sufficiently *related* to the intelligence mindset, but still *independent* enough to be legitimately measured additionally and hence contribute to further differentiation (cf. section 8.5.1, p. 176).

In the cluster-analytical[11] view – in addition to the three groups that are already described in the literature (Growth Mindset, Mixed Mindset and Fixed Mindset) – a fourth cluster can be found: a Crossed Mindset. People within this cluster exhibit a *crossed* response pattern: their mean value of the intelligence mindset lies significantly ($\Delta_\sigma \approx 0.4$) below that of the Fixed Mindset. In contrast, the mean values for the domain-specific mindset scales are located between the Mixed and Growth Mindset. How the behavior of this group can be explained is currently still in the realm of speculation and further investigations of these seemingly contradictory statements therefore seem desirable.

[9] Cf. section »Validität« p. 115 in chapter »Grundlagen und Methoden«.
[10] Cf. section »Korrelationen der Konstrukte zum domänenspezifischen Mindset« p. 172.
[11] Cf. section »Clusteranalyse« p. 188.

The second guiding question of this work is:

II. How can a physics-domain-specific mindset be changed?

This thesis opens with the concerning trend of stagnating and partially declining enrollments in physics studies, coupled with a simultaneous increase in transfer and dropout rates. The mindset intervention research, which has been in existence for over 20 years, presents a possible approach to addressing these issues. However, effective interventions can only be built up by adhering to certain principles and prerequisites. The intervention was therefore constructed according to the stage model of Hecht et al. (2021) and conducted as a quasi-experimental study in a pre-/post-design.[12] Three research questions were formulated for the second guiding question (3rd to 5th).

3. What is the acceptance of the intervention by the students?

In the creation process of the intervention, great importance was placed on the participants being able to perceive the contents of the workshop as beneficial. The introduction of learning strategies as a central element operates on two levels. On the one hand, learning strategies are seldom the subject of school discourse.[13] In addition, it can be assumed that students beginning their studies in physics did not *need* these learning strategies in school for *their* subjects of mathematics and physics - as the preliminary grades also prove. On the other hand, the selected[14] learning strategies represent a kind of coarse fabric into which the mindset message could be organically woven. The last point corresponds to the principle of "Wise-Interventions" (cf. section 9.2.3, p. 221), as adolescents, respectively first-year students at the beginning of their studies, are most likely to develop resistance against external manipulations, if these are designed confrontationally (ibid.). An intervention is always a form of *manipulation with good intention*. Therefore, the first prerequisite for success is primarily a tailor-made adaptation to the target group. A successful intervention was therefore operationalized via the acceptance of the first-year physics students based on the video viewing durations (cf. section 10.2, p. 285).

[12] A quasi-experimental study describes an assignment of test subjects to natural, non-randomized groups (Döring und Bortz, 2016, S. 193).
A pre-/post-design is a measurement method in which variables are collected before and after the implementation of a measure, here intervention, to determine its effectiveness by comparison (Döring und Bortz, 2016, S. 209).

[13] And if they are, then not for learning abstract content, but rather as memo techniques for learning factual knowledge in the form of so-called mnemonic devices.

[14] The selection of learning techniques was made after evaluating the current literature and central meta-studies of learning psychology, which compare the effectiveness of the various strategies. Cf. section »Lernstrategien«, p. 237.

A total of N = 334 students actively participated in the intervention workshop, which lasted approximately 45 minutes (cf. p. 294). Of these, 280 even started the last of the five videos, 195 watched it to the end. Analogous to the literature on free course offerings, such as MOOCs ("Massive Open Online Courses"), a relatively continuous drop over time can be observed. When the dropout rates of the constructed intervention are evaluated and considered for comparable non-incentivized[15] interventions, it seems that the contents of the present intervention were apparently assessed by the participants as relevant for their studies. The comparative values are in the range of 34 to 37 %, while the intervention workshop of this work has an average completion rate of approximately 59 %. Just under two-thirds of the participants thus fully participated in the intervention.[16] In addition, the individual videos do not show any special exit points, i.e., places where an increased number of video terminations would be observable. Hence, the constructed prototype of a single-session online intervention demonstrates satisfactory acceptance by the first-year physics students.

4. What influence does participation in the online intervention have on the students' mindset?

The objective of the intervention workshop was to influence the mindset of the participants in a learning-promoting direction. According to the principles for successful interventions[17], it must first be shown that this was caused by the intervention. Therefore, at the beginning and end of the intervention, the ›talent beliefs‹ and the ›theories of intelligence‹ of the participants were captured using two single-item scales (cf. section 10.1.1, p. 282). To approximate a net treatment effect[18], the participants were divided into two groups. The first group ($N_L = 39$) viewed less than half of the video material or less than half of the first video (neuroplasticity and mindset message) and was therefore referred to as the "low-exposure" group. The second group ($N_H = 250$) was defined conversely and watched at least half of each and was therefore referred to as the "high-exposure" group. For both single-item scales[19], no significant differences can be seen at the beginning between the low- and high-exposure groups. Additionally, no statistically significant effects can be found for the low-exposure group in the pre-/post-test comparison for both scales. However,

[15] Incentivization is often understood in the sense of a bonus in the form of financial remuneration, additional credit points, or participation in sweepstakes, etc.
[16] Cf. section »Vergleichbarkeit der Akzeptanz« p. 291.
[17] "well-crafted interventions" – cf. Dweck und Yeager, 2019, S. 1277.
[18] Cf. section »Nettoeffekt« p. 101.
[19] Cf. section »Kurzfragebogen« p. 282.

highly significant shifts in learning-promoting directions can be seen for both scales when looking at the high-exposure group. The calculated pooled net effect size for shifting the ›talent beliefs‹ is $d_{ppc} = 0.25$ and that of the ›theories of intelligence‹ is $d_{ppc} = 0.35$ (cf. section 7.3.1, p. 101). In addition, the individual videos do not show any exit points, i.e., places where an increased number of video terminations would be observable. Thus, the constructed prototype of a single-session online intervention demonstrates satisfactory acceptance by the beginning physics students.

The further developed scales of this work were also examined in a pre-post design (see above) in a small sample with a control group ($n_K = 39$) and treatment group ($n_T = 43$).[20] The pre-examination took place about one to two weeks before the intervention; the post-examination about six to eight weeks after participation in the workshop. The control group showed a slight but significant decline in ›talent beliefs‹ during this period, while the treatment group improved slightly, but not significantly. This results in a net difference of $N_\Delta = 0.39$ with a pooled net effect size of $d_{ppc} = 0.49$. This can be interpreted as a first indication that the intervention has a sort of protective effect against the decline of the (physics-specific) mindset observed in other studies in the first semester of study (see section 10.4, p. 305).

Although the results appear promising, it is necessary to point out the need for further research. In particular, the question arises as to the generalizability under the given (post-)CoVid19 circumstances during the data collection phase.[21] Therefore, it seems desirable to consider larger sample sizes to ascertain the degree to which the results are influenced by the heterogeneity of the group.

5. What differences are there when considering underrepresented groups in the field of physics (female students, first-generation students, and students with a migration background)?

Even critical analyses of the impact of mindset interventions usually conclude that they have the potential to promote so-called risk groups. This refers to generally weaker learners. The literature repeatedly addresses learners from marginalized and underrepresented groups in this context, too. Hecht and colleagues 2021 therefore propose in their systematic approach that, subsequent to the mandatory step – an intervention should exhibit an effect in a learning promoting direction – the immediate second step should ensure that this effect is also manifested among these

[20] While the treatment group consisted of students from various university locations who participated in the intervention, the control group was formed exclusively from students of one university location. No student from this university had participated in the intervention.

[21] Cf. section »Einschränkungen durch die CoVid-19-Pandemie«, p. 93.

learners (cf. section 9.2, p. 218). In the context of physics studies, three groups are of particular interest, for which it must be demonstrated that the workshop does not disadvantage them: first-generation students, students with a migration background, and – as they represent a minority in this degree program (B.-/M.Sc.) – also female physics students.

To ascertain to what extent there are (no) significant differences between these groups, repeated measures ANOVAs were conducted for the respective groups with the two single-item scales of ›talent beliefs‹ (“Begabungsüberzeugung“) and ›theories of intelligence‹ (“Intelligenzüberzeugung“) (cf. section 10.3.2, p. 300). For this investigation, only the data sets of the high-exposure group were used: No statistically significant interactions of the two scales and the study groups can be demonstrated. Hence, no differences for the described underrepresented groups in the field of physics can be found. Therefore, the workshop neither favors any individuals of the surveyed groups nor does it disadvantage any.

In conclusion, present work complements the existing mindset research of the past decades providing a first in-depth look into the German-speaking and physics-specific context. The insights gained give reason for a held optimism that further developed interventions might indeed soon be able to prevent doubting students from dropping out, since they realize that they might ***not yet*** being able to do it. Current developments are already pointing in this direction: the workshop and videos were revised by Malte Diederich (TU Darmstadt) and successfully used among STEM students within the framework of a BMBF project (cf. Diederich et al., 2023). For this, the course was awarded the OER Prize by HessenHub in 2023.[22]

[22]https://www.hessenhub.de/oer-material/oer-preis_2023/.

14. Danksagung

„Wer mit Weisen umgeht, wird weise.“

Lutherbibel 2017 – aus dem Buch der Sprüche 13:20.

Auch wenn das Zitat noch nicht auf mich zutrifft, hoffe ich, dass doch etwas daran ist, da ich das unsagbare Glück hatte, mit Thomas Wilhelm einen derart guten Betreuer zu haben. Seine Rückmeldungen waren immer außergewöhnlich konstruktiv, zugewandt und unmittelbar. Diese Art ist in vielerlei Hinsicht nicht selbstverständlich. Seine stetige Bereitschaft meine Fragen zu beantworten und dabei viel seiner wertvollen Zeit zu investieren, war von unschätzbarem Wert.

Eine Promotion scheint für die meisten eine Herausforderung zu sein; so war es jedenfalls für mich. Aber ich hätte unter den erhöhten Schwierigkeiten der letzten Jahre mit Pandemie etc. mehrfach das sprichwörtliche Handtuch geschmissen, wenn ich in Prof. Dr. Wilhelm nicht einen ausnehmend engagierten Doktorvater gehabt hätte, der trotz seiner weitreichenden Expertise immer auf Augenhöhe mit seinen Mitmenschen kommuniziert. Mein tiefster Dank geht daher an ihn.

Ein ganz besonderer Dank geht auch an meine Familie. Die letzten Jahre haben uns viel abverlangt: Home-Schooling und Long-Covid, berufliche Chancen und Herausforderungen... Ohne die unfassbare Unterstützung meines Mannes Payam Djouiai wäre das nicht gelungen. Ich danke ihm von ganzem Herzen.

Zudem möchte ich Malte Diederich für die vielen guten und *viel zu langen* Gespräche danken, die immer wieder neue Impulse gegeben haben. Ebenfalls möchte ich mich bei Prof.^{in} Dr. Verena Spatz und Laura Goldhorn zu bedanken für den fachlichen und zwischenmenschlichen Austausch.

Darüber hinaus möchte ich mich bei einer Reihe von Personen bedanken, die mich in verschiedenen Hinsichten in diesem Prozess unterstützt haben: Doris und Natascha Rehberg, Angelika Djouiai, Nicole Hieronimus, Thomas Weatherby, Fabian Bernstein, Robert Hahn, Prof. Dr. Jan-Philipp Burde, Prof. Dr. Michael Huth und Dr. Svenja Hümmer.

Mein Dank gilt an dieser Stelle auch den vielen Studierenden die über die Jahre meinen Fragebogen gewissenhaft und wiederholt ausgefüllt haben – plus manche sogar noch einen Mathetest. Natürlich möchte ich mich gleichzeitig bei den Professor:innen und wissenschaftlichen Mitarbeitenden bedanken, die dies möglich gemacht haben.

Und schließlich möchte ich mich bei den Mitgliedern des Instituts bedanken. Obwohl ich nicht so regelmäßig da sein konnte, wie ich das gerne gewollt hätte, wurde ich immer mit Freundlichkeit und Offenheit empfangen. Vielen Dank für die angenehme Arbeitsatmosphäre und die interessanten Gespräche.

Teil V.

Anhang

15. Fragebogen-Skalen

15.1 Items – fachspezifisches Mindset

Darmstädter Fragebogen nach Gros (2017).

Allgemeines, Physik durch Begabung oder Übung

A1. Wenn man keine Begabung für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern.

A2. Es gibt keine geborene Physikerin und keinen geborenen Physiker, jeder muss hart arbeiten, um in Physik etwas zu erreichen.

A3. Physikerinnen und Physiker zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.

A4. Ehrlich gesagt, glaube ich nicht, dass man viel daran ändern kann, wie gut man in Physik ist.

A5. Egal wie begabt ich zunächst in Physik bin, ich kann meine Leistungen immer deutlich steigern.

A6. Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben.

A7. Wenn man das will und sich anstrengt, kann meiner Meinung nach jeder später Physik studieren.

A8. Berühmte Physikerinnen und Physiker waren nicht wegen ihrer Begabung erfolgreich, sondern vor allem deshalb, weil sie jahrelang sehr hart gearbeitet haben.

A9. Man kann zwar neue Dinge lernen, aber man wird nie eine gute Physikerin oder ein guter Physiker, wenn man nicht eine bestimmte Begabung dafür geerbt hat.

A10. Ich glaube manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie viel sie üben.

Skala: Reaktion auf Herausforderungen und Anstrengung

H1. In Physik sind solche Aufgaben die besten, an denen ich wirklich tüfteln muss.

H2. Je kniffeliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.
H3. Ich mag solche Aufgaben in Physik am liebsten, die eine Herausforderung für mich sind.
H4. In Physik mag ich leichte Aufgaben mehr als schwierige Aufgaben.
H5. Wenn ich mich bei der Bearbeitung einer Physikaufgabe wirklich anstrengen muss, macht mir das Spaß.

Skala: Reaktion auf Fehler und Beanstandungen

F1. Wenn ich im Physikunterricht etwas nicht gekonnt habe, teile ich das der Lehrkraft mit.
F2. Wenn ich die Hausaufgaben in Physik nicht gekonnt habe, teile ich dies der Lehrkraft unaufgefordert mit.
F3. Bevor ich mich an die Lehrkraft wende, wenn ich in Physik die Hausaufgaben nicht lösen kann, versuche ich zunächst eine Lösung im Internet zu finden.
F4. Es wirkt auf mich motivierend, wenn ich bei einer Physikaufgabe prüfen kann, was genau falsch ist, weil die Lehrkraft mir erklärt, wo mein Fehler ist.
F5. Ich zweifle an mir selbst, wenn mich die Lehrkraft in Physik auf Fehler hinweist und ich prüfen soll, was genau falsch ist.
F6. Wenn meine Physikarbeit schlechter ist als erwartet, suche ich mir Hilfe bei anderen, um meine Fehler zu beheben.
F7. Wenn meine Physikarbeit schlechter ist als erwartet, habe ich keine Lust, alles nochmal durchzugehen.

Skala: Reaktion auf Konkurrenz

K1. Wenn ein anderer in Physik besser wird, dann motiviert mich das, auch besser zu werden.
K2. Es deprimiert mich, wenn andere in Physik besser werden, während ich keine Fortschritte mache.
K3. Wenn ein anderer in Physik immer besser wird, habe ich Angst, dass meine eigene Leistung nicht mehr so wertgeschätzt wird.
K4. Wenn ein anderer in Physik besser wird, interessiert es mich, wie er das macht, damit ich auch besser werden kann.
K5. Wenn jemand anderes in Physik besser wird, liegt das wahrscheinlich nur daran, dass er/sie mit dem aktuellen Thema besser zurecht kommt.

K6. Wenn jemand anderes in Physik besser wird, liegt das wahrscheinlich daran, dass er/sie motivierter ist, mehr für eine gute Note zu tun.

Skala: Erlernbarkeit von physikalischem Verständnis

V1. Entweder man versteht Physik oder man versteht es nicht.
V2. Jede*r kann Physik verstehen, man muss nur genug dafür tun.
V3. Gerade in Physik bringt es nichts, wenn ich einzelne Aufgaben kann, denn dann habe ich es noch lange nicht verstanden.
V4. In Physik gibt es ein Verständnis, das man von Geburt an mitgegeben bekommt.
V5. Wenn man sich in Physik von Anfang an anstrengt, kann jeder Physik verstehen.
V6. In Physik muss man Zusammenhänge verstehen, nicht nur lernen.
V7. In Physik bringt es wenig, mehr zu lernen, denn es hängt nur vom Verständnis ab.

15.2 Items – Attribution nach Schneewind

1. Wenn ich in einer Physikklausur schlecht abschneide, dann liegt das daran, ...
   ... dass ich von Natur aus nicht so pyhsikalisch / mathematisch begabt bin.
   ... dass ich mich nicht voll eingesetzt habe.
   ... dass es zu wenig Unterstützungsangebote für mich gibt.
   ... dass mir etwas Unvorhersehbares zugestoßen ist.

2. Wenn ich in der Bearbeitung von Physikaufgaben erfolgreich bin, dann liegt das daran, ...
   ... dass ich eine gute Unterstützung (Tutor/in / Kommilitonen) habe.
   ... dass die Aufgaben besonders einfach sind.
   ... dass ich mich besonders reingekniet habe.
   ... dass mir physikalisch-mathematisches Arbeiten liegt.

3. Wenn ich in einer Physikvorlesung nichts verstehe, dann liegt das daran, ...
   ... dass an diesem Tag ein schlechtes Thema dran ist.
   ... dass ich mich im Vorfeld schlecht / gar nicht darauf vorbereitet habe.
   ... dass ich recht unbegabt für physikalisch-mathematisches Denken bin.
   ... dass ich eine/n schlechte/n Dozent/in habe.

4. Wenn ich im Physikstudium gut mitkomme, dann liegt das daran, ...
   ... dass ich mir sehr viel Mühe gebe.
   ... dass mir physikalisch-mathematisches Denken genau mein Ding ist.
   ... dass ich Glück mit meinen Dozenten und Tutoren habe.
   ... dass ich gut unterstützt werde.

15.3 Items – Physik-Fachspezifische Resilienz

1. Selbst wenn ich bei einer schwierigen Physikaufgabe nach mehreren Anläufen keine Lösungsidee habe, versuche ich es immer wieder.
2. Komplizierte physikalische Probleme, für die man selbst im Team mehrere Arbeitssitzungen braucht, würde ich am liebsten gar nicht erst anfangen.
3. Auch wenn ich an schweren Übungsaufgaben immer wieder scheitere, werde ich am Physikstudium dranbleiben.
4. Wenig interessante physikalische Probleme lege ich schnell beiseite, wenn ich keine Lösungsidee finde.
5. Wenn mir das Lernziel bei schwierigen Physik-Übungsaufgaben nicht klar ist, dann breche ich nach 1 bis 2 Lösungsversuchen einfach ab.
6. Physikalische Probleme, bei denen man allein für die Lösungsidee Stunden braucht, sind nichts für mich.
7. Ich bleibe auch nach mehreren erfolglosen Lösungsansätzen selbst dann noch an einer Physikaufgabe dran, wenn ich sie nicht so spannend finde.
8. Wenn ich bei einem physikalischen Problem nach spätestens drei Versuchen nicht irgendwie weitergekommen bin, gebe ich lieber auf.
9. Wenn ich immer wieder daran scheitere, kompliziertere Physikaufgaben zu lösen, werde ich mit dem Physikstudium aufhören.
10. Ich bleibe hartnäckig an einer Physikaufgabe dran, auch wenn ich sie nicht besonders sinnvoll finde.
11. Wenn ich eine komplexe Physikaufgabe lösen muss, macht es mir nichts aus, einen ganzen Nachmittag oder sogar noch länger daran zu knobeln.

15.4 Items – AMS

15.4.1 Skala – Hoffnung auf Erfolg

Subkala: Vorliebe für herausfordernde Aufgaben (Schwierigkeitsapsekt)

1. Mir gefallen Probleme, von denen ich noch nicht genau weiß, ob ich sie auch schaffe. (01)
2. Es macht mir Spaß, an Problemen zu arbeiten, die für mich ein bisschen schwierig sind. (04)
3. Probleme, die schwierig zu lösen sind, reizen mich. (06)
4. Bei dem, was ich mache, will ich erfolgreich sein, auch wenn niemand es zur Kenntnis nimmt. (15)

Subskala: Bevorzugung von Rückmeldung über die eigenen Fähigkeiten (Fähigkeitsaspekt)

5. Ich mag Situationen, in denen ich feststellen kann, wie gut ich bin. (05)
6. Mich reizen Situationen, in denen ich meine Fähigkeiten testen kann. (10)
7. Ich will Aufgaben, die ich mir selbst zutraue, auch tatsächlich schaffen. (12-mod)

15.4.2 Skala – Furcht vor Misserfolg

Subskala: Unsicherheit wird als unangenehm erlebt wird

8. Wenn ich unsicher darüber bin, ob ich etwas gut kann, finde ich es unangenehm, es trotzdem tun zu müssen. (21-mod)
9. Situationen, die schwierig für mich sind, setzen mich unter Druck. (25-mod)
10. Wenn ich ein Problem nicht auf Anhieb verstehe, fühle ich mich unsicher. (28-mod)
11. Ich fühle mich unwohl, an etwas zu arbeiten, wenn ich unsicher bin, ob ich es auch schaffen kann. (30-modR)

Skala: Angst vor Versagen im Bezug auf die eigenen Fähigkeiten

13. Auch bei Aufgaben, von denen ich glaube, dass ich sie kann, habe ich Angst zu versagen. (24)

14. Ich hoffe, schwierige Aufgaben nicht machen zu müssen, weil ich Angst habe, sie nicht (gut genug) zu schaffen. (27-mod)

15.5 Items – Grit

1. Neue Ideen und Projekte lenken mich teilweise von den vorhergehenden ab.
2. Meine Interessen ändern sich von Jahr zu Jahr.
3. Rückschläge entmutigen mich.
4. Ich kann zuerst Feuer und Flamme für etwas sein, verfolge es aber dann nicht bis zum Ende.
5. Auch wenn etwas gerade keinen Spaß macht, bleibe ich dran und arbeite hart.
6. Ich setze mir erst ein Ziel, verfolge aber später ein anderes.
7. Dauert eine Sache zu lange, verliere ich die Motivation weiterzumachen.
8. Was ich angefangen habe, beende ich auch immer.
9. Ich bin einem Interesse (Sport, Hobby oder Ähnlichem) seit Jahren treu.
10. Alle paar Monate entwickle ich neue Interessen.
11. Ich bin eine fleißige Person.
12. Ich verliere die Motivation für Projekte, in denen ich keine erkennbaren Fortschritte mache.

15.6 Finale Items – großer Fragebogen

15.6.1 Items – Mindset nach Dweck (TOI[1])

I1. Man kann seine Intelligenz immer noch ein Stück weit ausbauen.
I2. Intelligenz ist eine Grundeigenschaft, die sich nicht verändern lässt.
I3. Intelligenz bleibt gleich, auch wenn jemand viel lernt und übt.
I4. Man kann ändern, wie intelligent man ist.

15.6.2 Items – Überzeugung zur Anstrengung

A1. Ich glaube, manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie viel sie dafür üben.
A2. Meiner Meinung nach kann jede/r, die / der das will, erfolgreich Physik studieren, wenn sie / er das will und sich anstrengt.
A3. Wer sich wirklich Mühe gibt, wird auch in Physik erfolgreich sein.
A4. Jede/r kann Physik verstehen. Man muss nur genug dafür tun.
A5. Wenn man sich in Physik anstrengt, kann jede/r Physik verstehen.

15.6.3 Items – Überzeugung zur Begabung

B1. Wenn man keine Begabung für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern.
B2. Physiker/innen zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.
B3. Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben.
B4. Man kann zwar neue Dinge lernen, aber man wird nie eine gute Physikerin/ ein guter Physiker, wenn man nicht eine bestimmte Begabung dafür geerbt hat.
B5. Entweder man versteht die Physik oder man versteht sie nicht.

[1]TOI: „Theories of Intelligence“ – Dweck, 1999;
übersetzt aus dem Englischen ins Deutsche nach: Dweck, 2008a, S. 12

16. Anhang – Daten

16.1 Tabellen

Pilot: Schiefe und Kurtosis

Item	Schiefe	Kurtosis	Item	Schiefe	Kurtosis
A1.02	-1,15	1,15	amsF.21	-0,06	-0,72
A10.09	-0,84	0,02	amsF.24	-0,03	-1,36
A2.08	-0,54	-0,51	amsF.25	0,32	-0,66
A3.14	-0,44	-0,57	amsF.27	-0,43	-0,76
A4.17	-1,02	0,81	amsF.28	0,09	-0,78
A5.19	-1,12	1,36	amsF.30	-0,07	-0,97
A6.20	-0,07	-0,89	amsH.01	-0,15	-0,40
A7.23	-0,95	0,52	amsH.04	-0,78	1,00
A8.27	0,19	-0,20	amsH.05	-0,92	0,54
A9.30	-0,49	-0,46	amsH.06	-0,42	0,07
ES1	-1,18	0,93	amsH.10	-0,90	0,82
ES10	-0,83	0,06	**amsH.12**	**-2,17**	4,95
ES11	-1,09	0,76	amsH.15	-1,46	2,47
ES12	-0,21	-0,84	grit.01	-0,28	-0,91
ES13	-1,12	1,66	grit.02	0,44	-0,43
ES14	-0,79	0,85	grit.03	-0,77	-0,30
ES15	-0,91	1,35	grit.04	-0,02	-0,68
ES16	-0,88	0,76	grit.05	-0,53	-0,51
ES2	-1,10	0,52	grit.06	-0,59	0,15
ES3	-0,56	-0,48	grit.07	-0,39	-0,59
ES4	-0,03	-1,17	grit.08	-0,06	-0,46
ES5	-1,01	0,63	grit.09	-0,44	-0,59
ES6	-0,63	-0,35	grit.10	-1,19	0,31

ES7	-0,83	0,18	grit.11	-0,72	-0,34
ES8	-0,80	0,44	grit.12	-0,21	-1,12
ES9	0,04	-0,88	grit.13	0,18	-0,39
F1.01	-0,53	-0,67	mabp.01	-0,07	-0,63
F2.16	0,70	-0,60	mabp.02R	-0,82	0,01
F4.11	-1,03	0,94	mabp.03	-0,95	0,70
F6.21	-0,44	-0,55	mabp.04R	-0,16	-0,66
H1.04	-0,41	0,03	mabp.05R	-0,22	-0,95
H2.12	-0,10	-0,63	mabp.06R	-0,21	-0,74
H3.13	-0,32	-0,22	mabp.07	-0,28	-0,57
H4.32	0,06	-0,85	mabp.08R	-0,42	-0,38
K1.05	-0,47	-0,84	mabp.09R	-0,46	-0,70
K4.31	-1,16	1,48	mabp.10	-0,27	-0,34
Q	-0,48	-0,62	mabp.11	-0,28	-0,88
Q1	-1,23	2,57	V1.03	-0,89	0,13
Q_A	0,06	-0,98	V2.06	-0,59	-0,77
res.01	-0,23	-0,63	V4.22	-0,38	-0,99
res.02	-1,11	1,80	V5.24	-0,67	-0,21
emo.01	-0,26	-1,00	V7.34	-0,25	-0,95
emo.02	0,02	-0,64	ESII1	-1,55	4,01
emo.03	-0,42	-0,73	ESII2	-0,66	-0,31
emo.04	-0,41	-1,07	ESII3	-0,51	-0,07
emo.05	-0,87	0,08			

Tabelle 16.1.: Werte Schiefe und Kurtosis – 91 Items Pilotierung

Pilot: HKA – Varimax

Komponente	1	2	3	4	5	6	7
A1.02	**0,720**		0,352				
A9.30	**0,708**		0,322				
A3.14	0,700				0,301		
A6.20	0,697				0,378		
V1.03	0,601			0,310			
K1.05	0,552						
H3.13		0,892					
H1.04		0,873					
H2.12		0,856					
H4.32		0,791					
V5.24			0,852				
A7.23			0,833				
V2.06			0,812				
A10.09	**0,564**		0,498				
K4.31				0,769			
F4.11				0,633			
A5.19				0,514			
F6.21				**0,463**		0,438	-0,459
A8.27					0,708		
A2.08					0,665		
V4.22	0,459				**0,480**		
F2.16						0,760	
F1.01						0,596	0,445
V7.34							0,801

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung.

Rotierte Komponentenmatrix: die Rotation ist in 7 Iterationen konvergiert.

Tabelle 16.2.: Originale Items physikfachspez. Mindset – Rotationsmethode: Varimax
Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt

Pilot: HKA – Quartimax

Komponente	1	2	3	4	5	6	7
A1.02	0,765						
A9.30	0,763						
A6.20	0,751				0,303		
A3.14	0,726						
V1.03	0,635						
K1.05	0,531						
V4.22	0,521				0,429		
H3.13		0,895					
H1.04		0,876					
H2.12		0,856					
H4.32		0,789					
V5.24	0,372		**0,812**				
A7.23	0,307		**0,802**				
V2.06	0,326		**0,778**				
A10.09	**0,636**		0,419				
K4.31				0,771			
F4.11				0,631			
A5.19				0,505			
A8.27					0,694		
A2.08					0,643		
F2.16						0,751	
F1.01						**0,609**	0,414
V7.34							0,794
F6.21				**0,457**		0,423	-0,480

Extraktionsmethode: Hauptkomponentenanalyse.

Rotationsmethode: Quartimax mit Kaiser-Normalisierung.

Rotierte Komponentenmatrix: die Rotation ist in 6 Iterationen konvergiert.

Tabelle 16.3.: Originale Items physikfachspez. Mindset – Rotationsmethode: Quartimax
Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt

Pilot: Korrelation Konstrukte

Skala			**MS_H**	**Hf**	**Unsicher**	**FsR**	**Grit**	**MS_A**
Hf	ρ		,942**					
	p†		0,000					
	n		269					
	Bootstrapc	Verzerrung	-0,001					
	Standardfehler		0,009					
	95% KI	Unterer	0,922					
		Oberer	0,955					
Unsicher	ρ		,374**	,341**				
	p†		0,000	0,000				
	n		269	269				
	Bootstrapc	Verzerrung	-0,002	-0,002				
	Standardfehler		0,057	0,059				
	95% KI	Unterer	0,253	0,217				
		Oberer	0,483	0,454				
FsR	ρ		,671**	,667**	,436**			
	p†		0,000	0,000	0,000			

	n		269	269	269		
	Bootstrapc	Verzerrung	-0,002	-0,002	-0,001		
	Standardfehler		0,041	0,041	0,055		
	95% KI	Unterer	0,582	0,576	0,319		
		Oberer	0,745	0,739	0,539		
Grit	ρ		0,085	,123*	,291**	,303**	
	$p^{\dagger}$		0,163	0,044	0,000	0,000	
	n		269	269	269	269	
	Bootstrapc	Verzerrung	0,000	0,001	0,000	0,000	
	Standardfehler		0,068	0,067	0,060	0,065	
	95% KI	Unterer	-0,052	-0,009	0,171	0,181	
		Oberer	0,219	0,254	0,406	0,431	
MS_A	ρ		0,073	0,114	0,087	0,053	,124*
	$p^{\dagger}$		0,235	0,061	0,155	0,385	0,042
	n		269	269	269	269	269
	Bootstrapc	Verzerrung	-0,001	0,000	0,000	0,000	0,001
	Standardfehler		0,060	0,060	0,064	0,064	0,065
	95% KI	Unterer	-0,049	-0,004	-0,038	-0,072	-0,004

		Oberer	0,192	0,231	0,213	0,177	0,254	
MS_B	ρ		0,097	0,113	,244**	,122*	,144*	,638**
	p†		0,112	0,064	0,000	0,046	0,019	0,000
	n		269	269	269	269	269	269
	Bootstrapc	Verzerrung	-0,002	-0,001	-0,002	-0,001	0,000	-0,002
	Standardfehler		0,061	0,061	0,059	0,062	0,064	0,040
	95% KI	Unterer	-0,025	-0,007	0,121	0,001	0,019	0,557
		Oberer	0,214	0,233	0,356	0,240	0,274	0,711

Tabelle 16.4.: Pearson-Korrelationen Konstrukte Pilotierung

16.1.1 Item-Item-Korrelation der ursprünglichen Konstrukte

Pilot: Item-Item-Korrelationen – domänenspezifisches Mindset – Teil 1

	F6.21	**H1.04**	**H2.12**	**H3.13**	**H4.32**	**K1.05**	**K4.31**	**V1.03**	**V2.06**	**V4.22**	**V5.24**	**V7.34**
A1.02	0,646	0,313	0,526	0,626	0,336	0,566	0,436	0,173	0,627	0,218	-0,060	0,165
A10.09		0,292	0,433	0,553	0,266	0,522	0,467	0,153	0,544	0,173	0,002	0,076
A2.08			0,238	0,325	0,224	0,311	0,271	0,284	0,368	0,063	0,029	0,059
A3.14				0,366	0,179	0,638	0,315	0,192	0,518	0,081	-0,120	0,057
A4.17					0,364	0,432	0,390	0,144	0,435	0,149	-0,101	0,128
A5.19						0,230	0,266	0,102	0,240	0,129	0,003	0,215
A6.20							0,403	0,310	0,600	0,149	-0,006	0,067
A7.23								0,256	0,446	0,090	0,024	0,048
A8.27									0,206	0,032	0,057	-0,001
A9.30										0,208	0,021	0,047
F1.01											0,227	0,260
F2.16												0,130

Tabelle 16.5.: Bivariate Spearman-Korrelationen domänenspezifisches Mindset Pilotierung – Teil 1

Pilot: Item-Item-Korrelationen – domänenspezifisches Mindset – Teil 2

	F6.21	H1.04	H2.12	H3.13	H4.32	K1.05	K4.31	V1.03	V2.06	V4.22	V5.24	V7.34
A1.02	0,050	0,097	0,080	0,128	0,127	0,355	0,159	0,536	0,507	0,439	0,535	0,278
A10.09	0,082	0,167	0,092	0,191	0,158	0,206	0,157	0,487	0,534	0,422	0,578	0,251
A2.08	0,081	0,179	0,048	0,121	0,056	0,146	0,074	0,372	0,332	0,362	0,320	0,211
A3.14	0,033	0,015	-0,032	-0,001	-0,015	0,191	0,017	0,427	0,340	0,410	0,403	0,183
A4.17	0,081	0,177	0,129	0,202	0,168	0,239	0,159	0,495	0,428	0,395	0,464	0,317
A5.19	0,173	0,206	0,182	0,290	0,171	0,170	0,221	0,309	0,224	0,195	0,263	0,196
A6.20	0,077	0,076	0,037	0,068	0,115	0,293	0,006	0,445	0,453	0,476	0,489	0,113
A7.23	0,040	0,010	-0,029	0,037	-0,081	0,167	0,149	0,319	0,641	0,310	0,735	0,093
A8.27	0,082	0,071	0,062	0,073	0,004	0,073	-0,020	0,155	0,220	0,268	0,221	0,065
A9.30	0,106	0,188	0,139	0,185	0,207	0,342	0,042	0,474	0,473	0,443	0,493	0,206
F1.01	0,150	0,231	0,143	0,301	0,332	0,255	0,112	0,225	0,084	0,107	0,150	0,300
F2.16	0,235	0,225	0,248	0,169	0,135	-0,001	0,031	-0,011	0,049	0,027	0,026	-0,073
F4.11	0,157	0,197	0,139	0,172	0,157	0,003	0,241	0,069	0,113	0,012	0,052	0,054
F6.21		0,163	0,074	0,112	0,043	0,123	0,252	0,090	0,057	-0,009	0,010	-0,100

Tabelle 16.6.: Bivariate Spearman-Korrelationen domänenspezifisches Mindset Pilotierung – Teil 2

Pilot: Item-Item-Korrelationen – domänenspezifisches Mindset – Teil 3

	F6.21	**H1.04**	**H2.12**	**H3.13**	**H4.32**	**K1.05**	**K4.31**	**V1.03**	**V2.06**	**V4.22**	**V5.24**	**V7.34**
H1.04			0,660	0,814	0,589	0,071	0,104	0,133	0,040	0,112	0,115	0,125
H2.12				0,685	0,596	0,008	0,006	0,075	0,076	0,062	0,083	0,014
H3.13					0,624	0,058	0,096	0,165	0,088	0,113	0,155	0,119
H4.32						0,061	-0,065	0,140	0,019	0,078	0,067	0,143
K1.05							-0,047	0,260	0,163	0,208	0,177	0,080
K4.31								0,219	0,182	0,010	0,089	0,010
V1.03									0,385	0,362	0,404	0,217
V2.06										0,325	0,707	0,101
V4.22											0,346	0,278
V5.24												0,130

Tabelle 16.7.: Bivariate Spearman-Korrelationen domänenspezifisches Mindset Pilotierung – Teil 3

Pilot: Item-Item-Korrelationen – Grit-Items

	grit.02	grit.03	grit.04	grit.05	grit.06	grit.07	grit.08	grit.09	grit.10	grit.11	grit.12	grit.13
grit.01	0,046	0,078	0,106	0,155	0,201	0,079	0,246	0,246	0,096	0,027	0,300	0,245
grit.02		0,231	0,135	0,280	0,082	0,193	0,167	0,256	-0,007	0,257	0,191	0,255
grit.03			0,074	0,444	0,237	0,246	0,269	0,175	0,250	0,676	0,204	0,158
grit.04				0,195	0,225	0,166	0,244	0,140	0,070	0,013	0,080	0,387
grit.05					0,177	0,463	0,318	0,411	0,150	0,449	0,278	0,192
grit.06						0,210	0,222	0,310	0,090	0,155	0,473	0,170
grit.07							0,244	0,352	0,106	0,283	0,376	0,218
grit.08								0,317	0,088	0,174	0,304	0,442
grit.09									0,081	0,182	0,458	0,269
grit.10										0,163	0,124	0,104
grit.11											0,206	0,078
grit.12												0,218

Tabelle 16.8.: Bivariate Spearman-Korrelationen Grit Pilotierung

Pilot: Item-Item-Korrelationen – Fachspezifische Resilienz

mabp-	**-.02R**	**-.03**	**-.04R**	**-.05R**	**-.06R**	**-.07**	**-.08R**	**-.09R**	**-.10**	**-.11**
mabp.01	0,459	0,336	0,427	0,544	0,570	0,553	0,591	0,334	0,527	0,622
mabp.02R		0,342	0,380	0,318	0,614	0,414	0,467	0,326	0,275	0,461
mabp.03			0,202	0,237	0,238	0,302	0,389	0,647	0,287	0,315
mabp.04R				0,413	0,427	0,447	0,377	0,242	0,381	0,398
mabp.05R					0,410	0,470	0,620	0,276	0,411	0,423
mabp.06R						0,501	0,507	0,306	0,369	0,570
mabp.07							0,488	0,304	0,582	0,513
mabp.08R								0,407	0,417	0,496
mabp.09R									0,228	0,238
mabp.10										0,503

Tabelle 16.9.: Bivariate Spearman-Korrelationen – Fachspezifische Resilienz

Pilot: Item-Item-Korrelationen – Achievement Motive Scale

ams-	-F.24	-F.25	-F.27	-F.28	-F.30	-H.01	-H.04	-H.05	-H.06	-H.10	-H.12	-H.15
amsF.21	0,340	0,347	0,424	0,436	0,447	0,165	0,112	0,126	0,167	0,172	0,072	0,134
amsF.24		0,434	0,370	0,527	0,391	0,035	0,142	0,147	0,138	0,111	-0,010	-0,064
amsF.25			0,374	0,433	0,377	0,160	0,134	0,105	0,083	0,119	-0,053	0,022
amsF.27				0,497	0,451	0,273	0,321	0,174	0,435	0,305	0,133	0,214
amsF.28					0,444	0,200	0,140	0,121	0,178	0,129	-0,067	0,059
amsF.30						0,278	0,181	0,180	0,254	0,225	0,109	0,166
amsH.01							0,451	0,232	0,511	0,412	0,168	0,069
amsH.04								0,367	0,633	0,471	0,350	0,195
amsH.05									0,268	0,464	0,312	0,244
amsH.06										0,548	0,273	0,145
amsH.10											0,411	0,202
amsH.12												0,209

Tabelle 16.10.: Bivariate Spearman-Korrelationen – Achievement Motive Scale

	MS-A	MS-B	MS-H	Herausf.	Unsicher.	FsR
MS-B	0,602**					
MS-H	0,100	0,113				
Herausf.	*0,130**	*0,119**	0,946**			
Unsicher.	0,066	0,235**	0,322**	0,283**		
FsR	0,085	*0,144**	0,704**	0,709**	0,429**	
Grit	*0,126**	*0,132**	0,076	0,090	0,267**	0,283**

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

**. Die Korrelation ist auf dem Niveau von .05 (2-seitig) signifikant.*

Tabelle 16.11.: Pearson-Korrelationen Konstrukte Pilotierung

16.1.2 Clusteranalyse

Verlauf bzw. Verteilung der Clusterverteilung

	1. Sem WS 2019/20	2. Sem SoSe 2020	4. Sem SoSe 2021	1. Sem WS 2020/21	1. Sem WS 2021/22
Crossed MS	20,0%	16,9%	15,8%	26,0%	17,0%
Fixed MS	14,4%	17,4%	16,7%	7,0%	12,1%
Growth MS	35,0%	40,5%	45,6%	42,2%	40,8%
Mixed MS	30,5%	25,1%	21,9%	24,7%	30,2%

Tabelle 16.12.: Verlauf bzw. Verteilung der Clusterverteilung – in Prozent

Diskriminanzanalyse – xml-Datei-Text

```
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8" ?>
<spss-ml
version="1.0"
xmlns="http://xml.spss.com/spss/spss-ml"
xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
xsi:schemaLocation="http://xml.spss.com/spss/spss-ml spss-ml-1.0.xsd">
<dictionary
version="1.0">
<variable
name="QCL_4"
label="Clusternummer des Falls"
measurement-level="NOMINAL"
storage-type="NUMERIC">
<format-spec  format="5"  width="8"  decimals="0" />
</variable>
<variable
name="MSA"
measurement-level="CONTINUOUS"
storage-type="NUMERIC">
<format-spec  format="5"  width="8"  decimals="2" />
<var-stats  mean="4.37750911712646" />
</variable>
<variable
name="MSB"
measurement-level="CONTINUOUS"
storage-type="NUMERIC">
<format-spec  format="5"  width="8"  decimals="2" />
<var-stats  mean="3.97918224334717" />
</variable>
<variable
name="Int"
measurement-level="CONTINUOUS"
storage-type="NUMERIC">
<format-spec  format="5"  width="8"  decimals="2" />
<var-stats  mean="4.54724264144897" />
</variable>
</dictionary>
<model
unique-id=""
verbose-model-specification="">
<discriminant-model
```

```
target-variable-name="QCL_4"
number-functions="3">
<function-coefficients >
<cell  row="MSA"  column="1"  value="0.906513593729913" />
<cell  row="MSA"  column="2"  value="0.698611449589728" />
<cell  row="MSA"  column="3"  value="-1.19978662127838" />
<cell  row="MSB"  column="1"  value="0.753461609726558" />
<cell  row="MSB"  column="2"  value="0.580029965829908" />
<cell  row="MSB"  column="3"  value="1.36879615642403" />
<cell  row="Int"  column="1"  value="1.11785221262385" />
<cell  row="Int"  column="2"  value="-1.1605395625573" />
<cell  row="Int"  column="3"  value="-0.0789039499310997" />
<cell  column="1"  value="-12.0495781831397" />
<cell  column="2"  value="-0.08896774648926" />
<cell  column="3"  value="0.164183268173648" />
</function-coefficients>
<fgc-matrix >
<cell  row="1"  column="1"  value="-3.32255035369515" />
<cell  row="1"  column="2"  value="0.0480496644971069" />
<cell  row="1"  column="3"  value="0.0861904103451399" />
<cell  row="2"  column="1"  value="-0.607779849417319" />
<cell  row="2"  column="2"  value="-1.1653963983245" />
<cell  row="2"  column="3"  value="-0.0480678013041292" />
<cell  row="3"  column="1"  value="2.21012269841015" />
<cell  row="3"  column="2"  value="-0.000835807129890398" />
<cell  row="3"  column="3"  value="0.0348546160170944" />
<cell  row="4"  column="1"  value="-0.550797657002544" />
<cell  row="4"  column="2"  value="1.72564543188582" />
<cell  row="4"  column="3"  value="-0.0506974335331389" />
</fgc-matrix>
<prior-vector >
<prior-value  target-category="1"  value="0.25" />
<prior-value  target-category="2"  value="0.25" />
<prior-value  target-category="3"  value="0.25" />
<prior-value  target-category="4"  value="0.25" />
</prior-vector>
</discriminant-model>
</model>
</spss-ml>
```

16.2 Transkripte der Videos

16.2.1 Video Einstieg

00:00:08

Hi und willkommen im Studium.

00:00:10

Die Schule ist erfolgreich geschafft und du hast dich für ein Studium in einem der spannendsten Bereiche überhaupt entschieden.

00:00:18

Vermutlich bist du schon aufgeregt oder auch etwas unsicher, was auf dich zukommt. Deine Zweifel sind ein wenig berechtigt: Denn wusstest du, dass über 80 % der Studierenden mit den falschen Lerntechniken starten. Nur was ist an den falschen Lerntechniken eigentlich so schlimm?

00:00:34

Naja, im schlechtesten Fall verbringst du viel Zeit mit Lernen statt mit Freizeit und heimst trotzdem schlechte Noten ein.

00:00:42

Aber vermutlich waren Naturwissenschaften und besonders Physik in der Schule doch genau dein Ding, sonst würdest du wohl kaum hier sitzen.

00:00:49

Es kann bloß sein, dass du dir gerade deshalb bis jetzt noch nie echte Lernstrategien aneignen musstest. Es lief ja auch so prima.

00:00:57

Es zeigt sich, dass genau hierin ein möglicher Grund dafür liegt, dass viele Studierende Schwierigkeiten haben, sich an das hohe Tempo und den großen Stoffumfang an der Uni anzupassen.

00:01:08

Dafür wurde dieser Kurs entwickelt, um dir mehr Frust als nötig zu ersparen und dich bereits zum Studienstart mit den richtigen Werkzeugen auszustatten;

00:01:18

damit du direkt zu Beginn erfährst, worauf es ankommt, um deine Lernzeit optimal zu nutzen.

00:01:25

Für diesen Workshop wurden gezielt die Methoden herausgesucht, die sich besonders für das Lernen von abstrakten Inhalten bewährt haben und die Grundlage für Verständnis und Transfer darstellen.

00:01:36

Sie basieren dabei nicht nur auf Erfahrungswerten, sondern konnten allesamt auch in wissenschaftlichen Studien als sinnvoll und wirksam belegt werden.

00:01:44

Der Kurs besteht aus drei Hauptvideoteilen. Im ersten Teil werden die grundlegenden Vorgänge beleuchtet, die die Basis für erfolgreiches Lernen darstellen, im zweiten Teil werden die besten wissenschaftsbasierten Lerntechniken für ein MINT-Studium beschrieben und schließlich werden diese im dritten Teil an Beispielen für den Studienalltag verdeutlicht. Als Bonus Video hierzu wird die Feynman-Technik vorgestellt.

00:02:08

Um die Lerntechniken während des Kurses in Aktion zu bringen, gibt es neben den Input Teilen auch ein paar kurze Quiz- und Schreibaufgaben.

00:02:16

Also Ärmel hoch und los geht's.

16.2.2 Video Neuroplastizität

00:00:06

In diesem Kursvideo werden die grundlegenden Vorgänge beleuchtet, die die Basis für erfolgreiches Lernen darstellen.

00:00:13

Von allen Strukturen, die wir im Universum kennen, ist die komplexeste und komplizierteste das Gehirn.

00:00:20

Ein Gehirn besteht aus etwa [86 000 000 000][1] Nervenzellen. Da jede Nervenzelle Tausende neue Verbindungspunkte erzeugen kann, sogenannte Synapsen, hast du die Möglichkeit, für 100 Billionen verschiedene Verbindungsmöglichkeiten, das ist eine 1 mit vielen, vielen Nullen.

00:00:37

[1] Diese Zahl wurde korrigiert, da im ursprünglichen Video fälschlicherweise von 30 000 000 die Rede war.

Jedes Mal, wenn du denkst oder etwas Neues lernst, feuern kleine elektrische Impulse entlang deiner Neuronen. Zwischen ihnen werden kleine chemische Signale an den Synapsen weitergegeben. Je besser du etwas gelernt hast, umso schneller wird das zugehörige Muster ausgeführt.

00:00:53

Man denkt also in gewisser Weise wirklich schneller. Aber schauen wir uns doch mal das Gehirn einer Person an, die wohl einen der bekanntesten Namen in der Physik.

00:01:01

Ich rede von keinem Geringeren als Albert Einstein.

00:01:04

Wir wissen übrigens nur deshalb etwas über sein Gehirn, weil es vom zuständigen Pathologen einfach gegen seinen letzten Willen gestohlen wurde. Er präparierte das Gehirn und schnitt es in dünne Scheiben. Legenden erzählen, dass er es dann in leere Mayonnaise Gläsern durch die USA versendet haben soll.

00:01:21

Man musste meinen, dass das Gehirn eines Menschen, der so viel zu der Physik seiner Zeit beigetragen hat, in irgendeiner Form.

00:01:27

Ist es wurde festgestellt, dass sein Gehirn tatsächlich etwas leichter als normal und unterdurchschnittlich groß war. Allerdings zeigt sich, dass Gehirnbereiche, die für Logik und räumliches Vorstellungsvermögen verantwortlich sind, besonders stark ausgeprägt und überdurchschnittlich stark vernetzt waren.

00:01:44

Jetzt stellt sich jedoch die Frage.

00:01:47

War Einstein deshalb so gut in Physik, weil seine Gehirnbereiche so ausgeprägt waren? Oder wurden diese Teile so stark vernetzt, weil es sich intensiv mit naturwissenschaftlichen Themen auseinandergesetzt hat?

00:01:59

Die Fähigkeit, schnell und abstrakt zu denken wird im Allgemeinen unter dem Begriff Intelligenz oder kurz IQ für Intelligenzquotient zusammengefasst.

00:02:08

Experten diskutieren bis zum heutigen Tag, was genau darunter zu verstehen ist. Manche argumentieren, dass sie etwas Angeborenes und Unveränderbares ist wie Augenfarbe. Andere halten Intelligenz für etwas Aufbau- und Trainierbares wie Muskelkraft. Auch wenn es nicht abschließend geklärt ist, so spricht doch vieles dafür, dass Intelligenz etwas Veränderbares ist.

00:02:28

Beispielsweise wäre da der sogenannte Flynn Effekt, der belegt, dass der IQ in Industrienationen viel schneller gestiegen ist, als es sich nur durch erbliche Einflüsse erklären ließe.

00:02:39

Als Ursachen hierfür werden eine bessere Nahrungsversorgung, der Ausbau der frühkindlichen Förderung und eine intensivere schulische Ausbildung angeführt.

00:02:49

Schauen wir im Bereich der Bildung genauer hin, sehen wir auch hier, dass der IQ steigt, je länger eine Person zur Schule geht.

00:02:58

Uns interessiert aber natürlich besonders, wie es mit dem Abstraktionsvermögen bestellt ist. Kein Schulfach steht hier für repräsentative als Mathematik.

00:03:06

In einer deutschen Studie sagte die Intelligenz überraschenderweise, gerade in höheren Klassen die Mathe Note nur wenig voraus. Je älter die Schüler innen waren, desto wichtiger wurde dagegen die Kombination aus Motivation und den richtigen Strategien.

00:03:23

Einstein hatte auch diese Erkenntnis bereits vor fast 100 Jahren. Er sagte über sich selbst: „Es ist nicht, dass ich so schlau wäre, nur beschäftige ich mich mit den Problemen länger.“

00:03:35

Und wie ist das mit dem räumlichen Vorstellungsvermögen? Falls du die Straßenkarte von London schon einmal gesehen hast, ist dir aufgefallen, dass hier ein offenbar wirres Labyrinth aufgebaut wurde.

00:03:47

Wenn du also von A nach „Big Ben“ möchtest, ist es das Beste, sich eines der bekannten schwarzen Taxis zu holen.

00:03:55

Wird man Taxifahrerin, weil man sich ebenso gut orientieren kann? Oder wird das Gehirn immer besser in der Orientierung, weil man sich so stark mit Plänen im Straßengewehr auseinandersetzt?

00:04:07

Um solchen Fragen auf den Grund zu gehen, nimmt man für Studien am besten große Gruppen, gemischte, aber an sich vergleichbare Personen. Hier waren es Kinder.

00:04:16

Die eine Hälfte hat ein Instrument gelernt, die andere Hälfte nicht als sogenannte Kontrollgruppe.

00:04:21

Geige und Klavier sind Instrumente mit viel Fingereinsatz.

00:04:25

Wenn man sich nun die Gehirnscans der beiden Gruppen anschaut, dann stellt man fest, dass der Bereich, der für die Steuerung der Fingerbewegung verantwortlich ist, bei den jungen Musikern viel besser vernetzt war als bei den Nichtmusikern der Kontrollgruppe.

00:04:38

In dieser und vielen anderen Studien konnte also klar gezeigt werden, dass lernen üben zur Verstärkung der dafür notwendigen Gehirnareale führt.

00:04:47

Was passiert nun beim Lernen im Gehirn?

00:04:52

Verantwortlich für unser Denken sind unsere Nervenzellen und Neuronen. Lernen wir etwas Neues, bilden sich neue Verbindungen zwischen den Nervenzellen, diese sind jedoch zunächst nur vorläufig. Jeder kennt die Erfahrung, wie schnell etwas Neues wieder vergessen sein kann.

00:05:05

Wird das neue jedoch geübt, bilden sich bereits stabilere Verbindungen aus. Auch nach längerer Zeit können wir eine Information wieder abrufen und schließlich gibt es auch noch die Art Verbindung, die so fest ist, dass die Information nahezu unerschütterlich gespeichert wird, wie dein eigener Name die Lösung für zwei Mal drei, oder wie man Schuhe bindet.

00:05:23

Werden neue Verbindungen jedoch nicht durch weiteres Lernen und Üben verstärkt, gehen sie mit der Zeit wieder verloren.

00:05:29

Wir zu lernen und vergessen.

00:05:31

Wird ein Hirnbereich dagegen besonders stark beansprucht, entstehen sogar ganz neue Nervenzellen und der Prozess, in dem neue Verbindungen entstehen, beginnt von vorne.

00:05:42

Dein Gehirn ist natürlich nicht wirklich ein Muskel, aber durch seine erstaunliche Fähigkeit zur Anpassung kann es immer weiter in den unterschiedlichsten Bereichen trainiert und vernetzt werden. Wie weit hast du selbst in der Hand?

16.2.3 Video Lernstrategien AGIL

00:00:04

In diesem Kursvideo beschäftigen wir uns mit den besten Lerntechniken. Für abstrakte Inhalte solltest du dir nur einen Satz aus dieser ganzen Schulung merken, dann folgenden.

00:00:14

Du kannst dein Wissen, deine Intelligenz und deine Fähigkeiten immer dann ausbauen, wenn du dich aktiv beim Lernen anstrengst.

00:00:22

Die Lerntechniken, die ich dir vorstellen möchte, basieren dabei nicht nur auf Erfahrungswerten, sondern wurden allesamt auch in wissenschaftlichen Studien als sinnvoll und wirksam belegt.

00:00:32

Die ausführliche Beschreibung davon könnte ganze Bücher füllen und das tut sie auch am Ende der Schulung habe ich daher neben Quellen auch Bücher aufgelistet, die das Thema in der Tiefe behandeln für diesen Workshop habe ich bewusst die Methoden herausgesucht, die sich besonders für das Lernen von abstrakten Inhalten bewährt haben und die Grundlage für Verständnis und Transfer darstellen sie lassen sich mit dem Akronym agil zusammenfassen und sind insbesondere in Kombination erfolgreich.

00:00:58

Bereich A steht für Abruf, Strategie und bildet das Herzstück für alles weitere. G steht für gemischt und bedeutet, dass du den Lernstoff Abwechselst I und L stehen schließlich für Intervall-Lernen, was bedeutet, dass du den Stoff in bestimmten Zeitintervallen wiederholst. Fangen wir mit der Abrufstrategie an.

00:01:16

A könnte auch für Aktivität oder Anstrengung stehen, denn es ist so, je mehr sich dein Gehirn anstrengen muss, um eine Information wieder abzurufen, umso besser wird diese anschließend vernetzt. Wie du inzwischen weißt, baust du beim Lernen neue Verbindungen in deinem Kopf auf, das braucht erstens Zeit, weil es ein echter biologischer Wachstumsprozess ist.

00:01:34

Zum anderen ist es wie beim Muskel, um einen Aufbau zu forcieren, muss immer wieder ein neuer Trainings- bzw. Lernreiz gesetzt werden.

00:01:42

Unsere Körper wurden durch Jahrmillionen der Evolution auf Energiesparmodus und Effizienz programmiert. Stell dir nur mal vor, jedes Mal, wenn du etwas nur einmal anschaust, würde dein Gehirn direkt langfristig umgebaut. Das wäre erstens furchtbare Ressourcenverschwendung und zweitens würde man vermutlich irgendwann verrückt werden.

00:02:00

Stattdessen macht dir dein Gehirn gewissermaßen folgende Ansage. Alles klar, ich baue mich für dich um.

00:02:05

Aber beweise du mir erst einmal, dass du das auch wirklich ernst meinst

00:02:11

Diesen Beweis kannst du nur durch wiederholte Anstrengung erbringen. Schauen wir uns diesen Aspekt noch einmal genauer an.

00:02:19

Fast jedem ist völlig einsichtig, dass wir einen Muskel über seiner Komfortzone belasten müssen, um ihn aufzubauen.

00:02:26

Wenn es allerdings ums Lernen geht, zeigt die Forschung, dass die intuitiv immer die Lerntechniken auswählen, die uns ein Gefühl der Mühelosigkeit geben.

00:02:34

Andere Studien zeigen wiederholt, wie schlecht Menschen einschätzen können, ob eine Methode für sie selbst gut funktioniert.

00:02:41

Es ist sogar so, dass Personen weit unterschätzen, welche Fortschritte sie mit den anstrengenden Lerntechniken erzielen könnten. Stattdessen glauben Sie, dass sie mit den einfachen Techniken am meisten lernen würden.

00:02:52

Diesen Effekt nennt man Illusion der Geläufigkeit beziehungsweise Illusion der Kompetenz. Wir fallen diesem beispielsweise dann zum Opfer, wenn wir einen Text immer wieder lesen und sich mit der Zeit das Gefühl einstellt, wir hätten alles verstanden, ohne dass wir diese Annahme weiter überprüfen.

00:03:07

Oder wir testen uns sofort im Anschluss und gehen davon aus, wenn wir es jetzt wissen, würden wir das auch morgen oder zu einem anderen Zeitpunkt tun. Es zeigt sich, dass Prüflinge mit Blackout sehr häufig auf diese Weise gelernt haben, wir vergessen, dass wir vergessen.

00:03:22

Wie du schon weißt, besteht das Problem darin, dass das auf diese Weise gelernte Wissen bislang nur locker verankert ist. Die Verbindungen zwischen unseren Neuronen sind in diesem Stadium nur vorläufig.

00:03:35

Genau wie beim Muskeltraining braucht es für den Aufbau die nächste Trainingseinheit. Im Idealfall muss diese nur ein bisschen über deinen Fähigkeiten liegen, nämlich etwa 4 %. Wissenschaftler nennen diesen Bereich erstrebenswerte Schwierigkeiten.

00:03:49

Lässt sich das nicht immer so exakt konstruieren, aber als grobe Regel gilt, wenn es dir direkt am Anfang von etwas Neuem sehr leicht fällt, das Wissen zu reproduzieren, heißt es nicht, dass du es wirklich kannst. Wiederholst du etwas dagegen, zum fünften Mal über einen Zeitraum von z.b. 2 Monaten und kannst es fehlerfrei und flüssig erklären? Herzlichen Glückwunsch.

00:04:09

Worin kann also eine Abrufstrategie bestehen?

00:04:12

Eine bewährte Technik sind Karteikarten, zum Beispiel in Papierform. Dabei können die Karten, Einzelinformationen, Formeln oder ganze Sinnzusammenhänge enthalten.

00:04:22

Inzwischen gibt es hierfür auch eine Reihe digitaler Apps wie ›Anki‹, die gleich noch den dritten Aspekt des Intervall Lernens automatisch für dich berücksichtigen. Auf den üblichen Kanälen findest du hierfür jede Menge weitere Infos, Tutorials und sogar ganze Kartensätze.

00:04:38

Die effizienteste Form der Abrufstrategien ist das Testen. Das könnte so aussehen: Du arbeitest ein paar Seiten in einem Buch durch, im Anschluss daran könntest du nun Testfragen bearbeiten. In vielen Lehrbüchern findest du inzwischen welche am Ende eines Kapitels gibt es keine Fragen, kannst du auch eigene Notieren und überprüfen, ob deine Antworten richtig sind und keine Scheu vor falschen Antworten merk dein Gehirn, dass eine Antwort falsch war es ist umso breiter, die richtige Lösung abzuspeichern.

00:05:06

Als einer der effektivsten Methoden hat sich inzwischen das Intervall-Lernen herausgestellt. Du lernst am ersten Tag etwas Neues und wiederholst es ab jetzt idealerweise jedes Mal dann, wenn du gerade anfängst, es wieder zu vergessen.

00:05:19

Wie oben erwähnt, werden deine Verbindung immer dann am stärksten gebildet, wenn du dich wirklich anstrengen musst. Eine Information oder Zusammenhang wieder abzurufen. Das kann nach einem Tag nach 3 Tagen, nach einer Woche, nach 2 und so weiter der Fall sein. Das Prinzip ist klar, Grundlage können die verschiedenen Materialien sein, wie Testfragen oder Karteikarten, verschiedene Apps haben hierfür schon idealisierte Zeitintervalle einprogrammiert.

00:05:45

Die Kombination aus diesen beiden Techniken kann noch einmal optimiert werden. Durchmischen der Inhalte.

00:05:52

Vielleicht hast du die meisten im Kopf, dass man sich voll und ganz auf ein Thema konzentrieren soll. Auch dieses Vorgehen kann dazu führen, dass die Illusion entsteht, ein Thema besonders gut durchzuarbeiten, doch es zeigt sich, dass das

Gegenteil der Fall ist. Wechseln wir dagegen der Themen kontinuierlich genau an dem Punkt, an dem wir anfangen etwas zu verstehen, kann es zunächst ungewohnt oder sogar fast etwas frustrierend sein, jedoch zahlt es sich langfristig aus, weil wir auf diese Weise flexibler werden und sich die Transferleistung erhöht, und das ist doch genau das, was wir eigentlich wollen.

00:06:26

Physik besteht aus einer Vielzahl an Phänomenen, Zahlen und Formeln – aber ist gleichzeitig so viel mehr als das.

00:06:33

Wir wollen verstehen, was die Welt im Innersten zusammenhält.

00:06:37

Deshalb fühlte sich auch so an, wenn wir neue Dinge lernen, als wären alles einzelne Fakten, die ohne Zusammenhang bestehen. Halten wir durch, kommen wir an den Punkt, an dem sich Wissen zumindest in Form von Clustern zusammenfassen lässt. Und schließlich erkennen wir endlich die übergeordnete Struktur: Die vielen einzelnen Wissenselemente ergeben einen Sinn Zusammenhang.

00:06:56

Uns selbst mit Abrufstrategien zu testen und dabei die Vorteile von gemischtem und Intervall-Lernen zu nutzen, kann uns diesem Verständnis ein großes Stück näherbringen.

16.2.4 Video Feynman-Technik

00:00:04

Bisher die Akkustrategie, das Gewischte und das Intervalllernen kennengelernt.

00:00:09

Du kannst den Prozess auf das nächste Level bringen, indem du lehrst, was du lernst.

00:00:14

Dafür musst du nicht gleich Tutor:in werden, obwohl es ebenfalls eine hervorragende Möglichkeit ist.

00:00:19

Stattdessen möchte ich dir eine Methode vorstellen, die nach einem ebenfalls bekannten Physiker benannt ist. Die scheinen Technik.

00:00:28

Diese besteht aus folgenden Schritten.

00:00:31

Schritt eins: erkläre das Thema komplett; am besten einer Kommilitonin oder einem Kommilitonen. Wenn das nicht geht, kannst du auch ein Selbstgespräch führen. Dank moderner Technik könntest du das, was du sagst, hier auch direkt mit aufzeichnen lassen, inklusive Transkribierfunktion. Das hat den Vorteil, dass du optimal auf den nächsten Schritt vorbereitet bist.

00:00:52

Schritt zwei: notiere deine Wissenslücken. Wenn du fertig bist mit deiner Erklärung, dann schreibe auf, was du nicht oder nicht mehr so gut wusstest. Das kannst du natürlich auch schon während des ersten Schritts machen.

00:01:04

Ebenso ist jetzt der Zeitpunkt zu schauen, ob sich vielleicht Fehler eingeschlichen und fragen ergeben haben.

00:01:10

Schritt drei: arbeite fehlendes Wissen auf.

00:01:14

Schlage nach, was noch an Lücken oder fehlendes Verständnis beim Erklären deutlich wurde.

00:01:19

Notiere dir diese Infos wieder, zum Beispiel in deinem Karteikartensystem und lerne sie mit der AGIL-Methode.

00:01:27

Wiederhole dann mit etwas zeitlichem Abstand, also mindestens eine Nacht gut drüber schlafen die Schritte ab erstens.

00:01:34

Hierbei gehst du den bereits gelernten Stoff in mehreren Iterationszyklen durch. Das bedeutet, dass du dein Wissen und Verständnis bei jedem Durchgang der Schritte erweiterst und verfeinerst.

00:01:48

Wenn du mit anderen Zusammenarbeitest, kann es sein, dass du feststellst, dass deine Mitstudierenden auf einem anderen Stand sind als du.

00:01:56

Wenn du dich vergleichst, findest du fast immer jemanden, der oder die in bestimmten Bereichen geübter ist oder andersherum mehr Lücken hat als du. Auch hier zeigt sich, dass wir falsch einschätzen, wie weit sich unser Potential entfalten lässt. Wir betrachten häufig nur, wo wir gerade jetzt stehen, aber nicht, was wir mit der Zeit, mit Motivation und etwas Durchhaltekraft erreichen können.

00:02:19

Auch wenn die vorgestellten Methoden gut erforscht und belegt sind, sind sie natürlich keine Wunderpille. Genau wie du nicht an einem einzelnen Tag für einige Stunden ins Fitnessstudio gehst und direkt ein Sixpack bekommen hast, so ist es mit dem Lernen. Niemand kann dir sagen, wann genau sich der Erfolg einstellt, aber wenn du regelmäßig mit den richtigen Strategien trainierst und lernst, ist es unausweichlich, dass du dich immer weiter verbesserst.

16.2.5 Video Best-Practise

00:00:03

In diesem Video werden dir Tipps für deinen Studienalltag vorgestellt.

00:00:07

Wie du jetzt schon gemerkt hast, könnte man den Lerntechniken ein eigenes Studium widmen. Die besten Strategien kennst du schon.

00:00:15

Hier sollst du noch ein paar Beispiele aus der Praxis dazu bekommen. Als Wegweiser.

00:00:19

Dabei darfst und sollst du auch immer wieder hinterfragen, was für dich in dem Moment motivierender ist.

00:00:24

Am besten erlaubst du dir selbst eine Art wissenschaftliche Neugierde und fragst dich regelmäßig, was für dich gerade gut funktioniert. Das kann manchmal sogar von deiner Tagesform abhängen.

00:00:35

Magst du es lieber, alleine zu arbeiten oder macht ihr Austausch und Feedback in der Gruppe mehr Spaß? Mit welchem Fach fängst du heute oder generell am liebsten an? Bevorzugst du echtes Papier oder lieber eine App für die Abrufstrategie? Letzteres hängt natürlich auch davon ab, ob du dich jedes Mal in ›Social Media‹

verlierst, wenn du eigentlich anfangen wolltest zu lernen. Es gibt inzwischen sogar Apps, die Bäume pflanzen, wenn du eine bestimmte Mindestzeit offline bleibst.

00:01:00

Apropos Handy-Hygiene. Es gibt Studien, die zeigen, dass uns die bloße Anwesenheit unseres Smartphones schlechter macht, wenn es darum geht, abstrakte Denkaufgaben zu lösen. Ich lasse dich jetzt mal deine eigenen Schlüsse daraus ziehen.

00:01:15

Zurück zum Lernen: Als grobe Struktur lässt sich der Lernprozess in drei Phasen aufteilen.

00:01:21

Erstens die Aufbauphase: In dieser Phase erwirbst Du neues Wissen – zum Beispiel mit den Strategien der AGIL-Methode.

00:01:31

Zweitens die Konsolidierungsphase: Hier festigt sich das, was du bereits gelernt hast.

00:01:37

Aktuelle Forschung deutet darauf hin, dass es wichtig ist, seine biologischen Grenzen zu respektieren. Das, was Gesundheit fördert, sprich genug Wasser trinken, jede Nacht mindestens sieben bis acht Stunden schlafen und ausreichend sportlich betätigen, hilft auch dem Gehirn das neugelernte Wissen abzuspeichern.

00:01:55

Drittens die Verletzungsphase: In dieser Phase wird das neu Gelernte in das bestehende Wissensnetz eingearbeitet und neu verknüpft. Transfer wird jetzt möglich auch hier spielt ausreichender und regelmäßiger Schlaf eine entscheidende Rolle.

00:02:10

In der Theorie lassen sich diese Phasen schön voneinander abgrenzen. Im Alltag greift meist alles ineinander. Springen wir also direkt rein.

00:02:20

In der Schule warst Du es vermutlich gewohnt in den Unterricht zu gehen und den Stoff dann in Form von Hausaufgaben zu bearbeiten.

00:02:27

Auch wenn Professor:innen ganz unterschiedliche Stile haben, kann man sagen, dass die Stoffdichte einer Vorlesung im Allgemeinen wesentlich höher ist als beispielsweise die einer Doppelstunde Leistungskurs.

00:02:38

Daher ergibt es Sinn, sich noch vor der Vorlesung mit dem Stoff vertraut zu machen.

00:02:43

Hintergrund ist auch hier wieder die Art und Weise, wie unser Gehirn mit neuen Informationen umgeht. Je mehr Vorwissen wir in einem Thema haben, desto einfacher fällt es, etwas Neues darin zu integrieren.

00:02:55

Deshalb entsteht manchmal der Eindruck, dass einigen Personen etwas gerade so zufliegt. Häufig unterschätzen wir, dass der oder diejenige schon viel mehr Hintergrundwissen hat, als wir in diesem Moment – die richtige Strategie nicht zu vergessen.

00:03:10

Wir können uns das als ein Netz vorstellen. Je grobmaschiger dieses Netz ist, umso mehr von dem dargebotenen fällt durch. Ist das Netzwerk dagegen Feinmaschig, umso mehr bleibt hängen, sogar an kleinen Randinfos. Alles was wir neu lernen, verwandelt sich schließlich in das Wissensnetz selbst.

00:03:28

Je mehr wir lernen, umso mehr und einfacher können wir weiteres lernen.

00:03:35

Bei der Vorbereitung geht es noch nicht ums eigentliche Lernen. Es geht darum, sich mit dem Stoff vertraut zu machen und die eigenen Fragen herauszuarbeiten.

00:03:44

Das könnte so aussehen: Noch vor der Veranstaltung – zum Beispiel Vorlesung oder Praktikum – liest du dir die entsprechenden Seiten im Buch oder Skript durch, aber bitte nur einen oder allerhöchstens zweimal. Häufigeres Lesen hilft wenig und stärkt im besten Fall nur die Illusion der Geläufigkeit.

00:04:00

Während oder auch danach notierst du dir die Begriffe und Konzepte, die du noch nicht kennst oder verstanden hast. Parallel dazu kannst du dir auch die aufkommenden Fragen notieren.

00:04:11

Jetzt kannst du entscheiden, ob du die Recherche beginnst oder lieber mit deinen Notizen und Fragen in das nächste Tutorium, Praktikum oder Vorlesung gehst. Falls du dich für die Recherche entscheidest, setze dir von vornherein Zeitlimits – insbesondere bei der Benutzung digitaler Medien.

00:04:28

Während der Vorlesung selbst empfiehlt es sich, händische Notizen zu machen anstelle von digitalen. Auch hier zeigt die Forschung, je mehr Einsatz du beim Erstellen zeigst, desto mehr bleibt hängen.

00:04:40

Für deine Mitschrift solltest du den Fokus auf die offenen Punkte legen. Setzt du dann in der Vorlesung, könnte das wie folgt aussehen.

00:04:48

Du hältst Ausschau nach den Antworten auf deine vorbereiteten Fragen. Werden die Begriffe geklärt, die du vorher als unklar herausgearbeitet hast?

00:04:57

Und du notierst dir, welche Fragen neu auftauchen: gibt es neue, unbekannte Konzepte? Was erscheint dir unklar, unlogisch oder unvollständig? Viele Professor:innen lassen Zwischenfragen oder Fragen am Ende der Vorlesung zu. Geht das nicht, sind deine Tutor:innen ebenfalls meist eine sehr gute Anlaufstelle.

00:05:15

Denk dran, es geht in der Wissenschaft nur selten darum, Aussagen wortwörtlich reproduzieren zu können und vielmehr darum, das Konzept dahinter verstanden zu haben. Also sollten auch deine Notizen keine exakte Mitschrift der Vorlesung darstellen, sondern vielmehr deinen eigenen persönlichen Denkprozess festhalten. Für alles andere gibt es Skripte, Bücher und das Internet.

00:05:37

Hilfreich ist hierfür auch der nächste Schritt: die Nachbereitung. Denn Notizen in der Vorlesung anfertigen bringt für sich alleine genommen nachweislich nur wenig.

00:05:47

Im Idealfall bestehen sie bereits aus vielen Fragen. Das heißt, du könntest zum Beispiel damit anfangen, diese und die unbekannten Begriffe zu klären.

00:05:56

Je früher das Studium, desto mehr Materialien und Videotutorien kannst du übrigens hierzu im Internet finden. Verstandene Formel Definition und Konzepte wandern dann wieder in den analogen oder digitalen Karteikasten für die AGIL-Methode.

00:06:11

Das alles so umzusetzen, braucht etwas Übung. Aber mit der Zeit wirst du feststellen, auf was es wirklich ankommt.

00:06:19

Wo wir von der Zeit reden, falls du sie nicht ohnehin schon kennst, möchte ich dir knapp die Pomodoro-Technik vorstellen.

00:06:25

Diese kann dir helfen, dich effektiver zu konzentrieren und was manchmal noch wichtiger ist, sich selbst zu motivieren, loszulegen.

00:06:33

Das Grundkonzept besteht darin, einen Timer auf 25 Minuten zu stellen, in dem du der eigentlichen Tätigkeit wie Lernen, Schreiben, Rechnen etc. nachkommst.

00:06:43

Ein vollständiger Pomodoro-Zyklus besteht aus vier dieser Einheiten mit jeweils fünf Minuten Pause dazwischen.

00:06:49

Bevor du einen neuen Zyklus startest, legst du eine Pause von 15 bis 20 Minuten ein. Um wirklich aufzutanken, sollten diese Pausen „bildschirmfreie Zeit“ sein.

00:07:00

Der Vorteil besteht darin, dass du so deine Speicher nicht vollständig entleerst vor der nächsten Pause. Damit kannst du insgesamt viel mehr Lernzeit umsetzen, als wenn du am Stück durcharbeitest. Außerdem steht es Dir ja auch frei weniger oder kürzere „Pomodori“ zu machen, wenn es mal die Zeit oder auch die Motivation nicht anders zulässt.

00:07:21

Jetzt hast du einen kleinen Überblick bekommen, wie Lernen möglich sein kann. Ich wünsche dir weiterhin einen offenen Geist und einen guten Start in dein Studium.

16.3 Erfahrungsberichte

16.3.1 David, 20 Jahre

Aus meiner Familie bin ich der erste mit einem Abitur und der jetzt sogar studiert. Ich habe mich am Anfang schon öfter gefragt, ob ich hier richtig bin. Dazu kennt man in der neuen Stadt noch niemanden. Manchmal kam es so vor, dass ich mich richtig ins Zeug legen musste, während es den anderen so zufällt. Für das Praktikum habe ich dann einen von diesen Überfliegern als Partner zugeteilt bekommen. Durch die vielen Stunden zusammen blieben die Gespräche über unsere Situationen nicht aus und inzwischen sind wir Freunde. Er war auch derjenige, der mich in seine Lerngruppe mitgenommen hat. Das war mein Gamechanger. Die Jungs bearbeiteten nicht nur Aufgaben nach den Vorlesungen, sondern besprachen auch gemeinsam die Themen für die nächste. Kein Wunder, dass sie schon immer in der Vorlesung Dinge vom Prof. wissen wollten, wo ich nicht mal die Frage verstanden hatte. Ganz ehrlich, ich bin immer noch jemand, der lieber allein lernt. Aber ich habe mir einiges bei der Gruppe abgeschaut und gemeinsam Mensa-Essen-gehen ist immer drin.

16.3.2 Kira, 22 Jahre

Für die ersten Klausuren im Studium hatte ich mich vorbereitet, wie ich es in der Schule gemacht hatte. Ich las mir alle bisherigen Aufgaben und Unterlagen immer wieder durch, unterstrich sie mit Textmarker und klebte bunte Post-its rein. Aber dann kam die bittere Ernüchterung, als ich durch die ersten Prüfungen durchgefallen war oder nur knapp bestand. Und das nach so vielen Stunden Arbeit. Eine Kommilitonin tröstete mich nicht nur, sondern erzählte mir auch von ihren eigenen Zweifeln. Sie gab mir auch Tipps, die sie selbst in einem Uni-Kurs kennengelernt hatte. Seither haben wir ein Lerntandem. Zusammen bearbeiten wir Aufgaben und besprechen unsere Fragen. Dabei erklären wir uns gegenseitig, was wir verstanden haben und merken oft erst dann, wo noch überall Lücken sind. Das ist natürlich schon viel anstrengender als easy abschreiben und markern. Aber die Noten werden Stück für Stück besser, wenn auch nicht über Nacht. Und inzwischen bin ich überzeugt, dass ich mein Studium schaffen werde!

16.3.3 Rachid, 24 Jahre

Mathe und Naturwissenschaften waren schon immer mein Ding. Im Studium war ich dann glücklich, mich voll und ganz darauf konzentrieren zu können. Wobei ich mich nicht wirklich entscheiden konnte, was ich davon am liebsten Studieren will, also hatte ich gleich mit zwei Studiengänge begonnen. Man konnte sich gegenseitig Kurse anrechnen lassen. Irgendwann sprachen mich meine beste Freundin an, was mit mir los sei. Ich wollte es nicht so richtig wahrhaben, aber irgendwie kam ich zwar bei beiden mit, aber hatte immer weniger von dieser Freude vom Anfang. Ich hatte einen regelrechten Tunnelblick bekommen. Als mich meine Physik-Professorin dann fragte, ob ich Tutor werden möchte, sagte ich deshalb nur widerwillig zu. Am Ende war es die beste Entscheidung überhaupt. Ich musste den Stoff noch einmal ganz anders begreifen, um ihn auch erklären zu können. Damit kam auch die Begeisterung zurück.

16.3.4 Yasemine, 22 Jahre

Am Anfang hatte ich im Studium ganz schön zu kämpfen. Irgendwann hatte mich meine Tutorin angesprochen. Sie schlug mir den Mathe-Brückenkurs vor. Da habe ich mich erstmal total blöd gefühlt. Ich hatte zwar nur Mathe-Grundkurs, aber ja immerhin Physik-Leistungskurs. Eine Woche später bin ich dann doch hin. Ich war total überrascht, dass dort auch Leute aus meinem Studium saßen, von denen ich dachte, die kapieren doch immer alles sofort. Meine Tutorin hatte Recht. Nachdem ich meine Lücken aufgearbeitet hatte, hat es auch endlich wieder Spaß gemacht. Naja, meistens. Harte Arbeit war es natürlich trotzdem.

16.4 Feedback-Kategorien im Interventionsworkshop

Zugeordnete Kategorie	Anzahl von Anliegen
Hand-Out direkt gewünscht	6
Zusammenfassung der Inhalte	2
Konkrete Lernbeispiele	2
Mehr Aktivität für Teilnehmende	2
Teilweise zu schnelle Wechsel auf Folien	2
Quiz mit direkter Lösung	2
App-Empfehlungen konkret vorstellen	1
Eingaben nicht löschen	1
Berücksichtigung unterschiedlicher Start-positionen (Kognitiv, Vorwissen, finanziell)	1
Für alle Studienfächer zugänglich machen	1
Grund für Befragung (Mindset-Fragen)	1
Immer direkt zu Anfang des Semesters	1
Neuroplastizitätsvideo zu ausführlich	1
Selbst-Berichte zu positiv	1
Tipps zur Wahl der Kursanzahl pro Semester	1
Videos kürzer	1
Weitere Lerntechniken zu Karteikarten	1

Tabelle 16.13.: Kategorien von Feedback sortiert nach Häufigkeit

Die Kategorien werden nur genannt, wenn sie erstens häufiger von den Teilnehmenden angesprochen wurden oder zweitens als relevant für weitere Studierende eingeschätzt wurden.

Feedback der Teilnehmenden

- Ich fand es sehr interessant und gut gemacht! Nicht zu lange, aber dennoch informativ !
- Ich fand den Kurs sehr hilfreich vielen Dank !
- Hallo, die Bearbeitung hat mir gut gefallen und ich habe gerade nichts zu ergänzen, außer vielleicht dass jeder Student einmal die Session bearbeitet sollte. :-) Viele Grüße und Danke für die Einblicke. Ich versuche es umzusetzen.
- Hallo, hat mir gut gefallen und gerade habe ich nichts zu ergänzen, außer das jeder Student einmal bearbeitet haben. Viele Grüße und Danke für die Einblicke. Ich versuche es umzusetzten.

- Das Video ist für mich hilfreich gewesen. Einige Sachen habe ich zwar schon gehört, trotzdem konnte man neue Kenntnisse erwerben und kann jetzt überlegen, ob man die eigene Lernstrategie nicht ein wenig „aufbessert“. Besonders gut haben mir die Animationen gefallen, da sie das ganze Video sehr anschaulich gestalten und es nicht langweilig wird.
- An sich, einige gute Ideen. Wenngleich mir das meiste schon in irgendeiner Form bekannt war.
- Ich fand die Aufklärung über die besten Lernstrategien sehr hilfreich. Ich schreibe zwar gute Noten, doch habe ich das Gefühl immer schnell wieder alles zu vergessen und obendrein immer noch sehr viel Zeit aufzubringen. Jetzt könnte das anderes sein. Eine Idee meinerseits wäre eventuell noch eine PDF am Ende anzuhängen, in der alle Lernstrategien noch einmal komprimiert aufgelistet und grob beschrieben sind.
- Vielen Dank für die Hinweise, bei den Feedbacks wäre es interessanter, wenn nicht alle übertrieben positiv wirken würden.
- Super Kurs, hat mir sehr gut geholfen
- Es war alles sehr interessant. Ein wenig wusste ich schon vorher, aber das meiste werde ich versuchen in den Lernalltag einzubauen. Und ich werde diesen Kurs in einer Woche wiederholen und in einem Monat ein weiteres Mal, um Rückschau zu halten, ob ich die Strategien richtig umsetzte. Ich hoffe ich habe dann noch Zugriff auf den Kurs.
- Ich finde den Kurs wirklich interessant und bin dankbar diesen gezeigt zu bekommen. In der Schule ist lernen etwas ganz anderes, wenn nicht sogar gar nicht notwendig, und man muss vor allem zu Beginn des Studiums alles umkrempeln und verändern, was man kannte. Unterstützung Ihrerseits ist da sehr hilfreich und wird (von mir) gerne angenommen!
- - ich fand es gut verschiedene Lernmethoden kennenzulernen so sehr hatte ich mich vorher noch nicht damit auseinander gesetzt -die Texte waren zwar interessant , ich hab diese aber weitestgehend ausgeblendet auch wenn es gut ist zu sehen, dass jeder seine Probleme im Studium hat und es meistens nur eine Frage des Lernens ist bzw sich auch mal Hilfe von anderen zu holen
- Gefällt der Aufbau des Workshops in die drei Schritte und die einfache Gestaltung der Videos.
- Vielleicht die Bilder und den Text synchron gestalten, es war irriteirend erst den Text zu hören und dann machnmal erst ein Bild zu bekommen.

- Der Kurs hat mir sehr geholfen! Die meisten Lernmethoden habe ich schon während der Schulzeit angewandt und habe mich selbst somit nochmal reflektieren können!
- Videos vielleicht etwas kürzer fassen ansonsten super informativ und hilfreich
- fand gut, dass so viele verschiedene Strtegien dargestellt wurden. Auch die Erfahrungsberichte fand ich eine gute Herangehensweise für Beispiele (man fand sich selbst auch in gewissen Situationen wieder) Das Video zu Beginn, mit den Informationen zur Informationsverarbeitung etc. fand ich jedoch nicht notwendig bzw. etwas langweilig...
- Der Kurs war super! Alles war verständlich erklärt und wurde super veranschaulicht. Danke!
- Die kurzen Videos und Erklärungen waren äußerst hilfreich und verständlich. Gegebenenfalls könnte man in den Folien mehr Stichpunkte aufgreifen, um dem Zuhörer das Folgen einfacher zu machen
- Super informatives Hintergrundwissen und hilfreiche Tipps, vielen Dank! :)
- Macht weiter so! Manche Strategien kannte ich noch gar nicht, haben mir aber eine ganz neue Sicht auf mein Lernverhalten gegeben. Vielen Dank!
- War super! Ich wünschte, dass dieser Workshop am Anfang von jedem Studium bzw. ab einem bestimmten Alter in der Schule verpflichtend ist. In der Schule macht man gerne als Projekt "Lernen lernen", aber das ist nicht zielführend. Zwei der vorgestellten Techniken wende ich bereits an, die Pomodoro werde ich nun ausprobieren und ggf. etablieren. Vielen Dank!
- Positiv: - Motivation aufgebaut - keine komplizierten Videos - gute und hilfreiche Techniken erläutert Negativ: - Die App Empfehlungen hätte ich gerne gesehen
- Die Videos waren gut und veranschaulicht gestaltet! Der Kurs hat auf jeden fall geholfen.
- Sehr gute Einführung
- Vielen Dank für das Angebot. Der Kurs hat mich zum Studienstart wirklich sehr motiviert.
- Schon während der Abiturvorbereitungen hatte ich bemerkt, dass meine alten Lernmethoden nicht mehr funktionieren aufgrund des Umfangs der Themen. Deshalb bin ich sehr froh über diesen "Workshop"gewesen. Die Videos haben wirklich ein breites Spektrum an Lerntipps gegeben, sodass für jeden etwas dabei ist. Ich fand es sehr hilfreich und werde auf jeden Fall für die kommenden Prüfungen versuchen diese Lerntipps in die Praxis umzusetzen!
- Ich fande die Videos sehr gut für die Selbstreflexion

- Ich fand den Kurs sehr hilfreich und fände es super, wenn sowas allgemein Angeboten wird und für alle in den ersten Wochen gezeigt werden würde. Somit kann jedes Studienfach darauf zurückgreifen, da ich dies sehr sehr hilfreich fand. Außerdem ist es sehr hilfreich gerade für den Beginn allen neuen Studenten zu zeigen, was für Möglichkeiten es gibt. Insbesondere nach/ während Corona ist es eine gute Möglichkeit für Tipps, da man hier sehr viel alleine war/ist.
- Ich fand den Kurs sehr hilfreich und fände es super, wenn sowas allgemein Angeboten wird und für alle in den ersten Wochen gezeigt werden würde. Somit kann jedes Studienfach darauf zurückgreifen, da ich dies sehr sehr hilfreich fand. Außerdem ist es sehr hilfreich gerade für den Beginn allen neuen Studenten zu zeigen, was für Möglichkeiten es gibt. Insbesondere nach/ während Corona ist es eine gute Veranschauung für Tipps, da man hier sehr viel alleine war/ist.
- Ich finde, dass dieser Kurs sehr verständnisvoll auf die Probleme von Erstis eingeht. Es wird deutlich gemacht, dass mit den Problemen die genannt wurden sehr viele zu kämpfen haben, und dass man damit nicht alleine ist. Außerdem wird einem mit diesem Kurs sehr dabei geholfen die für sich passenden Methoden zu finden und nicht aufzugeben. Zudem habe ich gelernt, dass eigentlich jeder Mensch lernen kann und dass Intelligenz ausgebaut werden kann. Man muss sich nur intensiv genug mit einer Thematik beschäftigen. Danke für diesen Workshop.
- Ich fand den Kurs gut und es schadet meiner Meinung nach keinem, sich mal sowas anzuhören, da man irgendwo immer ein kleines bisschen mitnimmt und „lernt“
- Ich fand das Design und die Aufmachung der Slides sehr ansprechend und es hat Spaß gemacht. Ich hatte nicht das Gefühl, dass die Sprecherin mich belehren will, sondern mir helfen will. Bei der Auflösung der Fragen dachte ich zuerst ich hätte alles richtig gemacht, weil alles grün war. Bei genauerem betrachten fiel mir aber auf, dass ich andere Lösungen angekreuzt hatte. Das könntet Ihr noch etwas verständlicher gestalten
- Ich habe nichts auszusetzen! Fand diesen Workshop sehr schön gestaltet und gut zu verstehen. Vielen Dank für diesen hilfreichen Kurs!
- Sehr informativ und hilfreich. Vielen Dank
- Sehr anschaulich erklärt. Es wäre super, wenn man die Präsentation im Anschluss als Download zur Verfügung gestellt bekommen würde Gibt es unterschiedliche Lerntypen oder gelten diese "Regeln"für alle? Lässt sich da noch etwas differenzieren?

- Ich fand es einen guten Anreiz um die Lernstrategien, die man noch aus der Schulzeit mitgenommen hat zu überdenken! Allerdings würde ich mir noch kleine Wiederholungsaufgaben zwischen den Videos wünschen, dass man die neuen Lernstrategien gleich besser verinnerlichen kann. Liebe Grüße
- Mega Kurs !!!
- Es waren hilfreiche Tipps dabei
- Tolles Lerntips, gute Motivation fürs Studium.
- Der Kurs hat mir sehr gefallen, da ich viel mitnehmen konnte, wie ich auch meine Lernstrategien optimieren kann.
- Sehr hilfreich, bin zwar schon im 3.Semester habe aber erst nach diesem Workshop angefangen mir wirklich Lern-Techniken und Strategien anzueignen. Vielen Dank!
- Es war gut, dass die Videos nur kurz waren und doch informativ. Außerdem waren diese einfach zu verstehen. Verbessern könnte man, dass die Fragen zum Gehirn entweder direkt beantwortet werden oder man nochmal sieht, was man angekreuzt hat. Denn ich wusste nicht mehr, ob ich es richtig beantwortet habe oder nicht.
- die Videos sind super (nicht zu lang und nicht zu kurz)
- Der Kurs war sehr Hilfreich und gab neue Denkanstöße um meine Lernstrategie zu ändern. Allerdings würde ich mit alltagsbezogenere Beispiel wünschen. Da gerade Wiederholungen schwer im Alltag zu integrieren sind und immer mehr und mehr Lerninhalte dazukommen, da bleibt häufig keine Zeit für Wiederholungen. Und wie gerade dies ermöglicht werden kann wäre wichtig, sonst nutzen alle Lernstrategien nichts. Vielen Dank für Ihre Hilfe und Ihre Tipps!
- Ich fand die Mischung aus erklärenden Videos und dazu passenden Aufgaben sehr gut. Man konnte das Wissen, das man in den Videos aufnehmen konnte direkt anwenden und dadurch vertiefen.
- Ich war super zufrieden mit diesem Kurs. Er war sehr informativ und interessant. Ich habe viele neue Sachen gelernt, kann diese jetzt auch mitnehmen und in meinem Studium anwenden. Dankeschön!
- Man sollte diesen Workshop aufjedenfall immer wieder anbieten, es war sehr interessant und auch motivierend. Außerdem habe ich echt einiges neues gelernt und es hat mir mit meinen Ängsten bzgl. des Studiums geholfen:) Danke!
- Ich fand den Kurs sehr hilfreich. Die Videos sind verständlich und bildlich gut gemacht.
- Die Videos waren sehr informativ und hilfreich. Diese Lerneinheit unbedingt weiterhin anbieten!! Vielen Dank :)

- Super
- Die Tipps waren sehr gut und hilfreich. Einige kannte ich schon, andere waren neu. In allem hat es mir gut gefallen.
- 1) bitte die Textfelder nicht mehr löschen, wenn man zurückgeht!!!!! (hab mit viel Zeit genommen für den Brief und dann wurde dieser gelöscht) 2)Rückmeldung: Zumindest mir hat der Kurs einen gewissen Druck gegeben - den Leistungsdruck: Klar durch eine bestimmte Anstrengung ist vieles möglich, aber diese Anstrengung variiert von Person zu Person(aus verschiedensten Gründen: bessere Merkfähigkeit, kreativere Herangehensweise, psychische Verfassung (etwa bei stabilen Beziehungen, genügend Geld, guter vorangegangener Bildung lässt es sich viel leichter lernen als bei Geldsorgen, Familien/Beziehungsproblemen, eventuell keiner guten Bildung)) und nicht jeder kann und muss gleich viel Leistung bringen - und somit gibt es Personen die ein sehr hohes Anstrengungspensum haben und somit nicht alles so schaffen (auch wenn sie die perfekten Lernstrategien anwenden) im Vergleich zu jenen die ein vergleichsweise geringeres Anstrengungspensum haben. Diesen Punkt hätte ich noch in den Kurs eingebracht! (Wahrscheinlich war es nicht die Intention des Kurses, Druck zu machen, ich fände es allerdings fair, diesen Punkt zu berücksichtigen und zumindest zu sagen, dass diese Lernstrategien jedem bei der Entfaltung seines eigenen Potentials helfen, dieses Potential aber dennoch differieren kann!)
- 1) bitte die Textfelder nicht mehr löschen, wenn man zurückgeht!!!!! (hab mit viel Zeit genommen für den Brief und dann wurde dieser gelöscht) 2)Rückmeldung: Zumindest mir hat der Kurs einen gewissen Druck gegeben - den Leistungsdruck: Klar durch eine bestimmte Anstrengung ist vieles möglich, aber diese Anstrengung variiert von Person zu Person(aus verschiedensten Gründen: bessere Merkfähigkeit, kreativere Herangehensweise, psychische Verfassung (etwa bei stabilen Beziehungen, genügend Geld, guter vorangegangener Bildung lässt es sich viel leichter lernen als bei Geldsorgen, Familien/Beziehungsproblemen, eventuell keiner guten Bildung)) und nicht jeder kann und muss gleich viel Leistung bringen - und somit gibt es Personen die ein sehr hohes Anstrengungspensum haben
- 1) bitte die Textfelder nicht mehr löschen, wenn man zurückgeht!!!!! (hab mit viel Zeit genommen für den Brief und dann wurde dieser gelöscht) 2)Rückmeldung: Zumindest mir hat der Kurs einen gewissen Druck gegeben - den Leistungsdruck: Klar durch eine bestimmte Anstrengung ist vieles möglich, aber diese Anstrengung variiert von Person(aus unterschiedlichsten Gründen: Umfeld, ver-

gangene Bildung, Arbeit neben Studium zu Person und nicht jeder kann und muss gleich viel Leistung bringen - und somit gibt es Personen die ein sehr hohes Anstrengungspensum haben

- 1) - bitte nicht beim ßurück"klicken, das vorige Kästchen löschen!!!!
- Der Druck erzeugt einen gewissen
- sehr schön!
- sehr gut!
- Schön gestalteter Kurs! Eine Zusammenfassung über alle Lernstrategien am Ende wäre noch schön gewesen.
- alles mega gut
- Danke, es waren sehr gute Tipps die ich versuchen werde umzusetzen
- gute & kompakte Vorstellung der Übungstechniken & der wissenschaftlichen Hintergründe wieso diese Funktionieren, passt so perfekt
- Ich fand's gut. Mir fällt spontan kein Kritikpunkt ein. Danke für die Tipps!
- hh
- Ich fand die Videos sehr gut, auch die ganzen Informationen waren für mich sehr hilfreich, jedoch würde ich persönlich mir noch ein Handout oder so wünschen, wo ich mir diese Strategien nochmal anschauen könnte und für mich persönlich ausdrucken könnte.
- Ich finde es gut, dass ihr euch mit einem Thema beschäftig, welches vermutlich sehr viele Studenten betrifft. Ich persönlich war in der Schule nicht der lern Typ. Ihr habt mir hiermit aber eine gute Grundlage zum lernen gegeben, da ich einer der oben genannten Studenten bin. Ich habe soweit keine Anmerkungen zu eurem Programm. Vielen Dank für diesen Kurs.
- all good
- Positiv: Direkt das Angebot am Anfang des Studiums Nichts zu bemängeln
- Ich finde es gut, dass man am Anfang des Studiums den Studenten die Strategien/ Methoden zeigt, wie man erfolgreich lernen kann. Keine Verbesserungsvorschläge
- -nur positives -habe über vieles gar nicht nachgedacht (wie z.b. Kartei-Karten), obwohl das früher immer gut geholfen hatte -es war gut, dass in dem Kurs verschiedene Techniken erklärt wurden, sodass jeder seine eigene finden kann
- Einen wärmeren Hintergrund mit einer nicht aufreizenden Farbe. Die Präsentation wirkte sehr steril.
- Mir waren all diese Dinge schon von Anfang an klar. Ich habe also nichts neues dazugelernt (hatte aber auch einen Abischnitt von 0,9 und mich bereits intensiv mit Lernstrategien beschäftigt, also spreche ich hier warscheinlich nicht für jeden).

Mein größtes Problem ist grade, dass ich nicht weiß, wie ich das ganze zeitlich managen soll. Ich komme kaum mit dem eigentlichen Stoff hinterher, deswegen ist es zur Zeit schwierig für mich alles was davor war zu wiederholen. Ich versuche es zwar aber bei mir sind heute z.B 500 Karten auf Anki fällig und ich habe bei weitem nicht alles was ich wissen und wiederholen müsste bei Anki eingetragen. Außerdem ist Anki mehr zum Außwendiglernen als zum Verstehen, ich weiß aber nicht, wie ich es praktisch anstellen soll immer zu wissen, was ich genau wann wiederholen muss. Mehr Tipps wie man Sachen konkret machen könnte wären gut. Ich möchte mir jetzt demnächst einen Zeitplan erstellen, bin mir aber jetzt am Anfang des Studiums noch sehr unsicher, wie lange ich für was durchschnittlich brauchen werde.

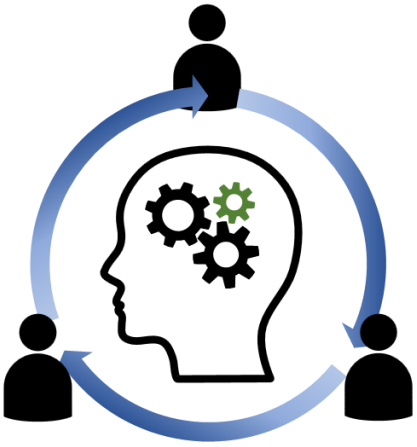
- Vielen Dank für Euren Kurs! Ich finde in empfehlenswert. Die zwei Fragen am Anfang und am Ende finde ich persönlich schwer zu fassen, da die genetische Veranlagung, Wissen zu speichern und aufzunehmen, ja durchaus eine Rolle spielt. Ich nehme jedoch an, das diese Komponente hier nicht abgefragt werden soll, sondern viel mehr der Blick auf die eigene Lerntechnik und Motivation verbessert werden soll. Daher finde ich die Fragen etwas irreführend. Vielen leiben Dank für Euren Kurs. ;)
- Die verschiedenen Lernstrategien fand ich besonders hilfreich und die werde ich auf jeden Fall im Laufe meines Studiums einsetzen.
- Ich habe den Link zu dem Kurs erst so in der 2. bis 3. Woche meines Studiums erhalten. Damit habe ich schon 3 Wochen Studiert ohne mir richtig Gedanken über das Lernen zu machen. Ich hätte es schön gefunden, wenn ich diesen Kurs bereits vor dem Studium (Beispielsweise im Rahmen eines Vorkurses) erhalten hätte.
- Ich fand den Kurs super vor allem weil ich nie wirklich gelernt habe zu Lernen und jetzt gezwungen sein werde damit tatsächlich anzufangen. Jetzt weiß ich direkt zu Beginn worauf ich genau achten sollte damit ich effizient lernen kann. LG, Julian :)
- Die Videos sind sehr Verständlich und nicht voller Fachbegriffen. Die Aussagen der Studenten waren sehr Hilfreich und nachvollziehbar. Die Aufgabe am Ende mit dem Brief scheiben, ist eine gute lern und wiederhol Methode. Danke Ihnen.
- Die Videos waren sehr verständlich und nicht voller Fachbegriffen. Die aussagen der Studenten sind nachvollziehbar und Hilfreich gewesen. Ich habe sehr viel gelernt. Der Brief am Ende war eine sehr gute Beispiel Methode zum wiedeholen.

- Der Kurs war sehr hilfreich und hat viele Tipps zu verschiedenen Lernmethoden gegeben. Davon werde ich sicherlich einige von jetzt an anwenden.
- Ich finde die Strategien besonders interessant und hilfreich, jeder Studierende sollte sich diese Videos einmal anschauen! Vielen Dank!
- Die Videos waren sehr gut und verständlich aufgebaut .
- Idie Videos sehr gut und verständlich aufgebaut
- Der Kurs war sehr verständlich und sehr hilfreich. Vielen Dank für die Unterstützung.
- - Ich hätte noch schön gefunden, wenn ihr etwas zum Umfang des Studiums sagt, also wieviele Vorlesungen pro Semester optimal sind, um eure Lernstrategien erfolgreich umsetzen zu können. Manchmal hätte man gerne etwas mehr Zeit für ein Fach, hat dann aber doch zu viele Kurs bzw. die ausgewählten, wenigen Kurse, nehmen schon extrem viel Zeit in Anspruch.
- Sehr gute und plausible Informationen, aber auch sehr sehr viel davon auf einmal! Ich denke es braucht eine Lernstrategie, um alleine den Inhalt des Kurses für alle Studierenden lernbar zu machen. Wir arbeiten daran!
- Ich finde die Idee hinter dem Kurs an sich gut. Ich würde mir jedoch wünschen, dass das Verhältnis zwischen Videos und Sachen die man selbst bearbeiten soll geändert wird, da es meines Erachtens nach sinnvoller ist die gehörten Inhalte auch zu vertiefen und nicht fast ausschließlich Input zu bekommen.
- Der Kurs hat mir sehr gefallen. Ich fand die Sprecherstimme sehr angenehm und konnte mich gut dabei konzentrieren. Mehr Zwischenfragen oder ein kleines freiwilliges Quiz am Ende, um das Gehörte zu Wiederholen und zu vertiefen, wäre meiner Meinung nach nicht schlecht :)
- Sehr hilfreiche Tipps und schöne Videos
- Sehr hilfreich und verständlich erklärt. Nicht zu viele Infos, so konnte man alles gut aufnehmen
- Der Test war nicht schlecht, allerdings habe ich viele dieser Erkenntnisse bereits beim lernen für mein Abitur realisiert, was mir bereits dort sehr geholfen hat.
- Sehr aufschlussreich
- Ich fand den Kurs sehr gut aufgebaut, ansprechend gestaltet und inhaltlich sehr interessant.
- ich fand alles gut :)
- Wie schon mit der Pomodoro Technik angesprochen zwischendrin 5 Minuten Pause einbauen, um den Effekt vorzuführen und zu beweisen.
- Wie schon

- Ich fand gut, dass wenig Text auf den Folien war und man stattdessen die Icons hatte, doch manchmal ging sie mir zu schnell hin und her. Sonst recht interessant auch wenn ich manche Techniken schon kannte.
- War für mich persönlich nicht all zu viel neues, aber schön Kompakt und erklärlich geschnitten für Personen die vielleicht nichts von dem wussten. Ich weiß nicht ob es an meinem Browser liegt oder an dem layout, aber es wäre schön wenn Eingaben nicht vollkommen gelöscht werden wenn man auf den zurück Button klickt, da einem manchmal Dinge erst im nachhinein einfallen, aber man nicht wirklich editieren kann.
- Die vielen, sich ständigen bewegenden Cliparts in den Videos haben mich sehr vom eigentlichen Inhalt der Erklärvideos abgelenkt. Eine Konzentration auf das Wesentliche fiel mir so schwer. Außerdem wäre eine schriftliche Zusammenfassung der wesentlichsten Informationen aus den Videos hilfreich. Für die niederschwelligere Nutzbarkeit wäre es schön, wenn der Kurs nicht linear, sondern modular durchführbar wäre, ich also z. B. ein bestimmtes Video zu einem späteren Zeitpunkt erneut ansehen kann. Die Erfahrungsberichte zwischendurch lockern den Kurs auf und schaffen eine gewisse emotionale Nähe.
- Mir hat die Aufbereitung und Unterteilung der Themen sehr gut gefallen. Vor allem die kurzen Zwischenfragen waren optimal ausgewählt und haben nicht zu viel Raum eingenommen. Ich konnte sehr viele Aspekte für mein weiteres Studium mitnehmen, danke!

17. Anhang – Handout zum Onlinekurs

STRATEGIEN ZUM STUDIENSTART



Hand-Out zum Onlinekurs

Rhein-Main-Universitäten
AG Mindset, Didaktik der Physik

Rehberg@Physik.Uni-Frankfurt.de

Spickzettel

> **Merke:** Du kannst Dein Wissen, Deine Intelligenz und Deine Fähigkeiten immer dann ausbauen, wenn Du Dich aktiv beim Lernen anstrengst.

AGIL-Methoden

A für Abrufstrategie (engl. retrieval practise)

Unter Abrufstrategie wird das aktive Erinnern aus dem Gedächtnis verstanden, ohne dabei Notizen oder andere Gedächtnisstützen zu nutzen. Beispiele: Karteikarten, Selbsttesten, Quizaufgaben ...

G für gemischtes Lernen (engl. interleaving)

Gemischtes Lernen bedeutet sowohl das Abwechseln der Lernthemen als auch das Ändern der Lernumgebung (Tageszeit, Ort, Reihenfolge, Art, allein vs. gemeinsam...).

I L für Intervall-Lernen (engl. spacing)

Beim Intervall-Lernen werden die Lernwiederholungen über einen Zeitraum verteilt und die Abstände des Lernens sukzessive erhöht (1 Tag, 2 Tage, 1 Woche usw.).

Feynman-Technik

Das Ziel der Feynman-Technik ist das Durchdringen eines Lerninhaltes. Dabei wird sich die Kombination einer elaborierenden Iteration mit der Abrufstrategie zu Nutze gemacht.

0. Erarbeite Dir ein neues Thema
1. Erkläre das Thema komplett
2. Notiere Deine Wissenslücken
3. Arbeite fehlendes Wissen auf
4. Wiederhole den Feynman-Zyklus von vorne

Pomodoro-Zyklus

Die Pomodoro-Technik teilt das Lernen in 25 Minuten-Einheiten auf, mit Pausen von fünf Minuten dazwischen. Nach vier solcher Einheiten ist eine längere Pause von 20 – 30 Minuten vorgesehen. Es können bei Bedarf mehrere dieser vollständigen Zyklen aneinandergehängt werden oder auch in Anzahl und Dauer gekürzt werden.
Eine Verlängerung ist nicht ratsam, da die Methode auf dem ultradianen Rhythmus basiert.

Inhalt

Spickzettel 1
Hi und Willkommen (zurück)! 3
Die AGIL-Methoden 4
Abrufstrategie 4
Aktives Erinnern: 5
Mögliche Fragen an einen Inhalt: 5
Gemischtes Lernen 6
Intervall-Lernen 7
Feynman-Technik 8
Pomodoro-Technik 11
Anmerkungen aus Forschung und Erfahrung 12
Lerntypen 12
Berge abtragen. Wo fange ich nur an? 13
Erste Schritte - oder: was ist der erste Schritt? 13
Frag‘ nach! 14
Back Link 14
Chunking 15
Reduktion des Cognitive Loads 15
Schachmeisterschaft 16
Schlussworte: 17
Kontakt: 17
Literatur 18
Bücher 18
Links 19
Literaturverzeichnis i

Hi und Willkommen (zurück)!

In diesem Handout sollst du die wichtigsten Tipps und Lernstrategien zusammengefasst bekommen. Ganz vorne habe ich Dir schon einen Spickzettel geschrieben, in dem das Wichtigste kurz und knapp aufgeschrieben ist.

Auf den folgenden Seiten beschreibe ich Dir diese Inhalte noch einmal ausführlicher. Dieses Hand-Out soll also zum einen zum Nachschauen dienen, für diejenigen von Euch, die den Workshop, noch nicht kennen.

Zum anderen soll es für die, die schon den Video-Kurs gemacht haben, eine Auffrischung sein.

Außerdem habe ich über die Videos hinaus noch weiterführende Hinweise und Hintergründe eingebracht.

In den Kästen mit der Nervenzelle findest Du Hinweise zum aktuellen Punkt:

Deine Nervenbahnen werden nur durch aktive Wiederholung über einen längeren Zeitraum stabiler.

Vorneweg noch zwei etwas allgemeine Erinnerungen:

Erstens: frag nach, wenn Du etwas nicht verstehst. *Mehr dazu im letzten Abschnitt: Frag' nach!* S.13 *ff.* ↘.

Zweitens: es ist empfehlenswert jeden Tag etwas zu machen (*Lernen, Bearbeiten von Aufgaben, Schreiben von Protokollen etc.*), damit sich die Aufgaben, Protokolle und Lerninhalt erst gar nicht schier unüberwindlich auftürmen können. So bist du am letzten Vorlesungstag schon ziemlich gut vorbereitet für die Prüfungen und brauchst den Fokus nur noch auf das zu richten, was noch nicht ganz klar ist.

(*Ab Seite 11* ↘ *gehe ich noch auf ein paar Ideen für das Zeitmanagement ein.*)

Denke auch hier an das Beispiel Sport: es ist offensichtlich, dass Du wesentlich besser für einen Wettkampf vorbereitet bist, wenn Du rechtzeitig anfängst, mehrfach die Woche kleinere Einheiten zu absolvieren, als wenn erst Du in der letzten Woche bis zum Umfallen trainieren würdest.

Übertragen auf das Lernen: je nach persönlicher Situation lässt sich so ein Cramming oder auch Bullimielernen, wie es manchmal genannt wird, vielleicht nicht ganz vermeiden. Aber es sollte die Ausnahme bleiben. Die Lernforschung ist sich in wenigen Dingen so einig, wie in diesem Punkt: was Du auf diese Weise gelernt hast, ist leider auch wieder genauso schnell vergessen.

Die AGIL-Methoden

Du erinnerst dich bestimmt noch an das Akronym AGIL. Ich habe Dir noch die englischen Begriffe aus den Studien dazu geschrieben, damit Du Dich in den wissenschaftlichen Studien hierzu besser orientieren kannst.

Dabei steht:

A für Abrufstrategie (engl. retrieval practise)

G für gemischtes Lernen und (engl. interleaving)

I L für Intervall-Lernen. (engl. spacing)

Wie für alle Tipps, die Du hier findest, gilt: schau für Dich selbst, was in Deiner Situation geht. Studienalltag, Stress und vielfältige Belastungen in finanzieller Hinsicht, in familiären oder anderen Beziehungen können sehr fordernd sein. In solchen Momenten ist es oft wichtiger, dass man überhaupt etwas macht und am Ball bleibt, als dass es auf die perfekte Weise geschieht!

Abrufstrategie

Eine Abrufstrategie besteht im Kern darin, einen Inhalt auswendig aus dem Gedächtnis aktiv erinnern zu können. Wir denken immer, beim Lernen müssten wir etwas in unseren Kopf hineinfüllen. Tatsächlich lernen wir aber erst richtig, wenn wir regelmäßig auch wieder etwas rausholen. 😉

Das gilt aber nicht nur für eine einzelne Information, so wie du es vielleicht vom Vokabellernen kennst, sondern auch ganze Sinnzusammenhänge können mit der Abrufstrategie bearbeitet werden. Dieser Aspekt hat großen Anteil daran, warum die Feynman-Technik so effektiv ist.

Viele denken, dass gerade die MINT-Disziplinen, insbesondere im Bereich der Mathematik, Physik oder Informatik reine Verstehens-Fächer sind. Auswendiglernen funktioniert für Medizin und Jura, aber doch nicht hier...!? Häufig gilt auch die Devise, „ich muss es nicht genau wissen, sondern nur noch „googlen“ können“. Auch hier zeigen Studien wiederholt: wer auf Grund von fehlendem Vorwissen nicht genau weiß, wie eine Suche sinnvoll aufgebaut werden kann, steht am Ende mit deutlich schlechteren Ergebnissen da, trotz gleicher Zugänge zu Büchern und Suchmaschinen.

Das gilt oft auch bei Problemen, eine Aufgabe zu bearbeiten. Nicht selten liegt es daran, dass die Grundlagen für die Bearbeitung nicht parat sind. Transfer bedeutet, dass man das Vorhandene neu verknüpft. Wo aber nichts ist, kann auch nichts verknüpft werden.

Und noch einmal betont: es geht hier nicht um hirnloses Pauken, sondern um das genaue Gegenteil.

Denn nur wenn es Dir wenigstens etwas Mühe bereitet, wird Dein Gehirn trainiert!

Aktives Erinnern:

Eine bewährte Technik sind Karteikarten. Diese können in Papierform oder auch digital genutzt werden. Verschiedene Apps benutzen hierfür schon vorprogrammierte Zeitintervalle, was Dir diesen Aspekt abnimmt.

Auf den üblichen Kanälen findest Du hierfür jede Menge weiterer Informationen, Tutorien und sogar bereits fertige Kartensätze. Der letzte Punkt kann verführerisch sein, weil es nur zu menschlich ist, sich unnötige Arbeit zu sparen. Aber genau hier liegt die Krux. Wenn Du bereits Aktivität in das Auswählen der Inhalte und Erstellen der Kartensets steckst, ist das gut investierte Zeit, denn es bereitet Dich bereits auf das spätere Durcharbeiten vor.

Dabei kannst Du auf die Karten einzelne Informationen, Formeln oder ganze Zusammenhänge notieren. Für das Abrufen versuchst Du dann möglichst viel der Informationen aktiv zu erinnern, bevor Du Deine Antwort überprüfst. Behalte dabei im Hinterkopf, dass es nicht nur um das bloße Reproduzieren geht. Somit könntest Du gleich den Kontext mit einbeziehen. (Das gilt natürlich auch für Methoden, wie die Feynman-Technik S.8 ↘.) Als Orientierung habe ich Dir Fragen notiert, die Du an den Lerninhalt stellen könntest.

Und keine Scheu vor falschen Antworten. Da Du Dir selbst die richtige Lösung direkt als Feedback gibst, ist Dein Gehirn auf diese Weise umso bereiter, die richtigen Informationen abzuspeichern.

Mögliche Fragen an einen Inhalt:

- Kann ich jede einzelne Größe erklären und eine kurze Definition geben?
- Warum ist das so? Gibt es einen Effekt hinter dem Phänomen?
- Ist das immer so?
    - In welchen Zusammenhängen ist die Formel/der Effekt gültig?
    - In welchen Zusammenhängen nicht (mehr)?
        - Was wären Beispiele dieser Situationen?
- Was wäre, wenn…?
    - Was passiert, wenn ich z.B. den Abstand, Radius vergrößere/verkleinere?
    - Gibt es ein Minimum/Maximum (mehrere Extremalpunkte)?
        - Das ist übrigens nicht nur anwendbar für die mathematische, sondern auch für die inhaltliche Betrachtung eines Phänomens. Ein zugegeben eher banales Beispiel zur Verdeutlichung: *Zucker ist gut löslich in Wasser. Geht das immer weiter so oder sättigt sich die Lösung irgendwann? Was würde passieren, wenn ich nur einen Tropfen Wasser auf einen Zuckerberg gäbe?*
- …

Das gilt auch für eine der effektivsten Formen der Abrufstrategie - das Testen.

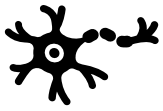
Interessanterweise kannst Du damit sogar schon vor dem Lernen mit Prüfungsfragen anfangen. Noch bevor Du z.B. den neuen Inhalt in einem Kapitel erarbeitest, versuchst Du das Quiz am Ende des Buches (*sofern vorhanden*) zu beantworten. Dabei wird zwangsläufig nicht so viel richtig sein können, wie nach dem Lernen. Aber für Dein Gehirn ist etwas Wichtiges passiert: es weiß jetzt, auf welche Inhalte es sich besonders zu fokussieren hat in der nachfolgenden Lernsession.

Nach der Lernrunde versuchst Du Dich (wieder) an der Bearbeitung der Quizaufgaben. Gibt es keine Fragen, kannst Du auch eigene notieren und überprüfen, ob Deine Lösungen richtig sind, gerne auch wiederholt mit zeitlichem Abstand (vgl. Intervall-Lernen S. 7).

Gemischtes Lernen

Wir haben beigebracht bekommen, dass wir uns beim Lernen voll und ganz auf ein Thema konzentrieren sollen und an unserem ruhigen Arbeitsplatz am besten immer zur gleichen Zeit lernen sollen. Und was soll ich sagen, wenn das Ziel ist unter diesen Bedingungen genau den Inhalt zu reproduzieren, klappt das und wir fühlen uns dabei auch so, dass wir am besten Lernen. Du ahnst vermutlich schon, dass ich wieder auf eine Illusion beim Lernen hinaus möchte.

Lernst Du ein Thema nur auf diese Weise, beherrschst Du dieses eine Thema gut in genau dieser Umgebung und zu dieser Zeit. Hast Du viele Themen wird es schon schwieriger. Geht es jetzt noch um Transfer, zeigen Studien, dass Abwechslung trumpft. Das bedeutet, dass ein Lernnachmittag so aussehen könnte, dass Du immer dann das Thema wechselst, wenn Du gerade das Gefühl bekommst, dass es langsam rund läuft. Somit lernst Du nicht mehr am Montag Thema eins, Dienstag Thema zwei und Mittwoch Thema drei, sondern an allen drei Tagen alle drei Themen, am besten in unterschiedlichen Reihenfolgen.



Routinen können hilfreich sein, um ins Lernen reinzukommen. Um uns beim Lernen weiter zu fordern, kann es wiederum hilfreich sein, mehr Abwechslung reinzubringen. Es gibt hier, wie fast immer, nicht genau den einen Tipp, denn Motivation und Tagesform sind meistens das Entscheidendere.

Dabei sitzt Du vorteilhafterweise auch nicht jeden Tag allein an Deinem Schreibtisch, sondern wechselst das, je nach Vorlieben, mit Lernen in der Gruppe und oder z.B. im Park ab. Denn es kommt nicht nur darauf an, wie gut etwas in Deinem Kopf gespeichert ist, sondern wie leicht Du es auch wieder abrufen kannst, wenn Du das brauchst.

Vereinfacht gesagt: je mehr verschiedene Zugangsmöglichkeiten Du zum Lernstoff baust, umso wahrscheinlicher ist es, dass Du dann auch wieder einen davon findest, wenn es darauf ankommt.

Intervall-Lernen

Menschen vergessen, was sie gelernt haben in einer steilen Kurve. Das konnte schon vor über 140 Jahren gezeigt werden. Aber wir können dem Vergessen etwas entgegensetzen: **aktives** Wiederholen. Das aktiv muss dabei betont werden. Denn wenn ich Dich jetzt Frage, wie die Brücke auf dem 10 Euroschein aussieht, musst Du vermutlich echt lange drüber nachdenken ohne am Ende ganz sicher zu sein, obwohl Du vielleicht erst gestern einen in der Hand hattest. Und wahrscheinlich untertreibe ich, wenn ich sage, dass Du schon mindesten hundert Mal einen solchen Schein gesehen hast in Deinen Leben.

Und was wäre, wenn ich Dir jetzt sagen würde, dass ein 10 Euroschein gar keine Brücke abgebildet hat!? …

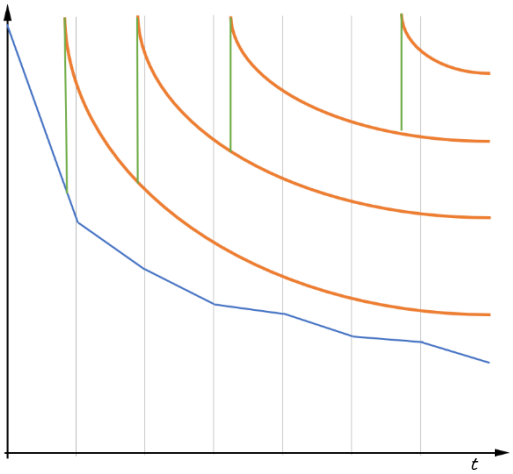
Egal ob Du ein Thema versuchst zu verstehen oder eine Aufgabe lösen möchtest – solange im Text Begriffe und Konzepte vorkommen, die Du nicht selbst kurz definieren oder in eigenen Worten beschreiben kannst, hast Du es noch nicht wirklich verstanden.
(Vgl. Back Link ↘ S.14)

Doch hat er. Aber hast Du zumindest einen Moment gezweifelt?

Du siehst, bloße Wiederholung ohne aktives Erinnern ist für Lernen und vor allem das Bilden von Verständnis wertlos.

Wir müssen uns also auch in den Intervallen aktiv mit dem Lernstoff auseinandersetzen. Hierbei kannst Du selbst entscheiden, was und wie Du lernst. Für Karteikarten ist das Intervalllernen schon fast obligatorisch, bei anderen Techniken ist es noch nicht so üblich.

Nehmen wir das Testen: wir können beispielsweise aus einem Aufgabenpool die Aufgaben bearbeiten, die Lösungen abgleichen und die ggf. gemachten Fehler reflektieren. In den kommenden Tagen und Wochen gehst Du Die Aufgaben in entsprechenden Intervallen erneut an. Hier würde es zum Stichwort „gemischt“ auch helfen, wenn Du die Aufgaben in unterschiedlichen Reihenfolgen aufgreifst.



Vergessenskurven über die Zeit nach Ebbinghaus:
blau – “normale” Vergessenskurve
idealisiert:
grün – Sprung durch erneutes Lernen
orange – Vergessenskurven nach erneutem Lernen

Und jetzt zur Gretchenfrage: was ist das beste Lernintervall?

Eine zutreffende – aber vermutlich nicht ganz zufriedenstellende Antwort:

Immer dann, wenn Du den Inhalt zu vergessen beginnst und es Dir Mühe bereitet, ihn doch wieder aus Deinem Gedächtnis zu rekonstruieren, ist es an der Zeit für eine Wiederholung.

Es gibt verschiedene Ansätze den Algorithmus zu designen, der diesen „Zerfallsprozess“ von Informationen in Deinem Gedächtnis perfekt modellieren soll. Allen gemeinsam ist, dass Du die Abstände zwischen Deinen Lerneinheiten immer größer werden lässt mit der Zeit.

In den Videos hatte ich Dir die App Anki empfohlen, weil diese auf einem optimierten Algorithmus beruht und bspw. für Android kostenlos zur Verfügung steht. Zudem gibt es eine Vielzahl von Blogs, Vlogs und Tutorien für das richtige Einrichten und Verwenden. Du wirst bestimmt schnell fündig werden, ggf. natürlich auch für Alternativen…

Das Lernen in Intervallen kann übrigens auch zusammen mit der Feynman-Technik verwendet werden, indem Du die Iterationszyklen zu einem Bereich auch über längere Zeiträume verteilst.

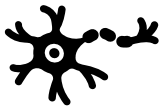
Feynman-Technik

Wo wir davon sprechen: die Feynman-Technik ist nicht umsonst nach einem Nobelpreisträger der Physik benannt. Denn ihr Ziel besteht im Durchdringen eines Lerninhaltes!

Um Verständnis aufzubauen, hilft kein mechanistisches Abarbeiten von Lerntechniken, so viel dürfte inzwischen mehr als offensichtlich sein. Um sich weiter zu verbessern, braucht es aufmerksames Üben (engl. deliberate practise). Nebenbei Formeln wie Vokabeln auswendig zu lernen, hilft allein nur wenig, um Physik wirklich zu begreifen. Nutzt Du aber Methoden, die Dich herausfordern, den Inhalt selbst erklären zu müssen und der Frage nach dem Warum immer wieder etwas entgegensetzen zu können, kommst Du diesem Ziel einen wesentlichen Schritt näher.

Grundsätzlich lassen sich alle AGIL-Methoden in der Feynman-Technik kombinieren. Man muss es aber nicht gleich am Anfang übertreiben. Aber als zukünftige:r Wissenschaftler:in habe ich ja vielleicht schon Deinen Ehrgeiz geweckt, zu erforschen, wie Dein Lernen für Dich optimal gestaltet werden kann.

0. **Erarbeite Dir ein neues Thema**: Du erarbeitest Dir ein neues Thema, zum Beispiel indem Du dafür das Vorlesungsskript zur Hand nimmst. Hier kann es sein, dass Du der eigentlichen Feynman-Technik vorweggreifen musst. Denn Du selbst solltest an dem Punkt sein, dass Du das Gefühl hast, verstanden zu haben, um was es geht. Die Feynman-Technik setzt an, um ein Thema tiefer zu durchdringen. Dafür muss zunächst ein Basislevel an Verständnis aufgebaut sein. Hierbei ist auch wichtig darauf zu achten, dass Du jeden Fachbegriff in Deinen Worten erklären kannst.



Für Feedback kann es hilfreich sein, dass zunächst jede:r die eigenen Punkt kurz allein notiert. So gehen in der Regel weniger Dinge verloren und Ihr beeinflusst Euch nicht von Anfang an gegenseitig.

1. **Erkläre das Thema komplett**: Du schnappst Dir eine:n Kommiliton:in oder alternativ ein Device mit Aufnahmefunktion und erklärst das Thema. Ein wichtiger Schritt ist, dass Du hierbei ohne Buch oder Deine Notizen – also **ohne Gedächtnisstütze arbeitest**!
   Wenn offensives Erklären wirklich nichts für Dich ist, kannst Du diesen Schritt auch schriftlich machen. Bringe zu Papier, was Du von dem Thema verstanden hast.
   Der entscheidende Unterschied zu der wesentlich ineffizienteren Technik des Zusammenfassens besteht darin, dass Du aus Deinem Gedächtnis herausarbeitest. Mache Dir dabei keine Sorgen, wenn Dir etwas zu diesem Zeitpunkt nicht mehr richtig einfällt. Dafür sind die nächsten Schritte und Wiederholungs-Zyklen da.

2. **Notiere Deine Wissenslücken**: Je nach dem, wie Du Punkt 1 gestaltet hast, bieten sich verschiedene Vorgehensweisen an zum Notieren.

   I. Hattest Du ein:e Lernpartner:in (oder auch mehr) dann könntet Ihr jetzt gemeinsam schauen, was noch fehler- oder lückenhaft war.

   II. Du kannst Dir die Aufnahme von Deinem Smartphone o.ä. auch allein anhören und Dir rausschreiben, was Du nicht (mehr) so genau wusstest und an welchen Stellen es womöglich holprig war. Es gibt inzwischen zunehmend Möglichkeiten, Audioaufnahmen softwarebasiert transkribieren zu lassen. Das bedeutet, das was Du eingesprochen hast, in einen Text niederschreiben zu lassen. Die gängigen Programme für Textverarbeitung bieten hier schon einiges an OnBoard-Lösungen an; von den diversen Internetdiensten ganz zu schweigen. [*Hier sei der knappe Hinweis auf den sorgsamen Umgang mit Deinen Daten und dem entsprechenden Schutz dieser erlaubt!*]

   III. Hast Du diesen Part ohnehin bereits schriftlich gelöst, dann kannst Du direkt überprüfen, was richtig ist und wo etwas fehlte oder falsch war.

Smartphones und insbesondere ›Social Media‹ können echte Konzentrationskiller sein. Als Vorschlag: Dein Smartphone könnte beim Lernen z.B. lautlos in einem anderen Raum liegen und/oder eine App aktiviert sein, die z.B. für einen gewissen Zeitraum den Zugriff sperrt und Du damit vielleicht sogar noch Bäume pflanzt...

3. **Arbeite fehlendes Wissen auf**: Hier gilt es die Lücken und fehlendes Verständnis aufzuarbeiten, die während des Erklärens deutlich wurden.

   I. Welche Begriffe konntest Du nicht erklären?

   II. Wo wurde fehlendes Hintergrundwissen deutlich?

   III. Was hattest Du Dir falsch angeeignet?

   IV. ...

4. **Wiederhole den Feynman-Zyklus von vorne**: Erkläre wieder das komplette Thema. Als Orientierung kannst Du auch wieder die oben beschriebenen „möglichen Fragen an einen Inhalt“ nehmen. Knapp wiederholt:
    - Definitionen parat?
    - Warum?
    - Ist das immer so?
    - Was wäre, wenn...?
    - Extremalbetrachtung
    - ...

Lernen ist kein linearer Prozess. Häufig ist die Lernkurve am Anfang steil, dann hängen wir plötzlich auf Plateaus fest und manchmal ist unser Lernerfolg sogar rückläufig. (*Glaub mir, ich weiß selbst leider genau, wovon ich hier rede...*)

Aber die Forschung, beginnend vor über hundert Jahren, zeigt glücklicherweise ebenso, dass unser Gehirn zwar das meiste Ungeübte wieder vergisst, aber offenbar auch ohne unser Zutun rekonstruiert und neu verknüpft. Viele haben schon einmal die Erfahrung gemacht, bei einem Problem nicht weiterzukommen. Und am nächsten Morgen oder sogar Tage später kommt uns die Lösung in den Sinn, obwohl wir uns gerade gar nicht mit dem Problem selbst auseinandergesetzt hatten.

Eine mögliche Ursache dieses Effektes liegt darin, dass unser Gehirn offenbar eine Kategorisierung von Inhalten vornimmt in solche mit Bedeutung und eben solche ohne.

Ergibt für uns ein Lerninhalt Sinn, so ist es wesentlich einfacher ihn später rekonstruieren zu können. Manche Studien kommen sogar zu dem Ergebnis, dass wir nach etwas längerer Zeit mehr von dem Inhalt erinnern können als direkt im Anschluss und das wohl gemerkt ohne Auffrischen.

Das macht Methoden wie die Feynman-Technik so mächtig. Der Inhalt wird hierbei eben nicht nur „hirnlos“ reproduziert, sondern immer in einen Sinnzusammenhang eingeordnet. Somit kann unser Gehirn nachts in der Vernetzungsarbeit bereits auf vielem aufbauen.

Hiermit sind wir bei einem weiteren wichtigen Schlagwort in diesem Zusammenhang: Schlaf, oder besser gesagt, genug Schlaf. Die genauen Hintergründe würden hier den Rahmen sprengen und ich empfehle sehr das Buch „Why we sleep“ von M. Walker.

Allgemein kann aber zusammengefasst werden, dass alles was gesund für Körper, Geist und Seele ist, auch Deinen Lernerfolg günstig beeinflusst:

Für unser Gehirn ist es absolut notwendig, ausreichend und regelmäßig zu schlafen, um gut zu funktionieren. Genug Wasser trinken, eine gesunde Ernährung und angemessene körperliche Betätigung unterstützen ebenfalls.

Pomodoro-Technik

Wenn Du Dich jetzt fragst, wie Du dieses ganze Wiederholen in Deiner Woche unterbringen sollst, dann bist Du mit dieser Fragestellung nicht allein. Viele Studierende haben zusätzlich neben dem Studium weitere Verpflichtungen und selbst wenn nicht, bleibt neben Vorlesungen, Praktika, Tutorien und der Bearbeitung der Aufgaben gefühlt manchmal gerade noch Zeit, um 7-8 Stunden Schlaf unterzubringen.

Jetzt wäre ein Exkurs in Zeitmanagement denkbar, aber das ist ein ganz eigenes und wirklich umfassendes Thema. Daher möchte ich mich auf eine bewährte Technik konzentrieren.

Eigener Tipp zum Zeitmanagement: „Getting Things Done für Studierende" liefert in der Internetsuche viel und unten habe ich Dir noch Links als Ausgangspunkte angefügt.

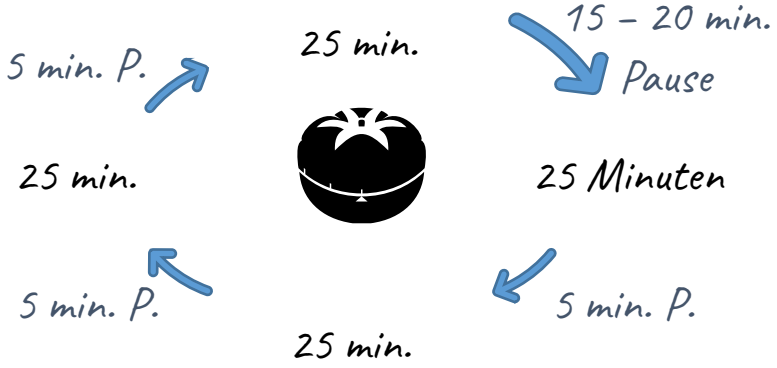
Eine große Hürde kann sein, dass sich der Berg so groß anfühlt, dass man gar nicht mehr weiß, wo angefangen werden kann. Daher wiederhole ich den wichtigsten Tipp in dieser Hinsicht noch einmal: Versuche wirklich jeden Tag etwas zu machen, selbst wenn es nur Kleinigkeiten sind. Damit bleibst Du erstens „drin" und zweitens können sich Aufgaben, Protokolle und Lerninhalt erst gar nicht zu schier unüberwindlich auftürmen.

Die Pomodoro-Technik kann hier helfen. Zum einen, um sich besser und länger zu konzentrieren; und was manchmal noch wichtiger ist: um sich selbst zu motivieren, loszulegen.

Das Grundkonzept: es ist denkbar einfach, Du lernst, schreibst oder bearbeitest Aufgaben für genau 25 Minuten. Dann erinnert Dich ein Wecker daran, dass Du nun 5 Minuten Pause machst. Der Wecker muss keine extra App, sondern könnte auch eine einfache Eieruhr sein, z.B. *in Form einer Tomate. So kommt diese Technik übrigens zu ihrem Namen.* 😉

Ein vollständiger Pomodoro-Zyklus besteht aus vier solcher 25-minütigen Arbeitseinheiten mit jeweils fünf Minuten Pause dazwischen.

Nach diesen vier Einheiten machst Du eine längere Pause von 20 – 30 Minuten. Nun könntest Du mehrere dieser Zyklen hintereinander schalten, um z.B. einen Lerntag zu realisieren.



Oder das Gegenteil: je nachdem, was Deine Tagesform so hergibt, steht es Dir natürlich ebenso frei, kürzere oder weniger dieser „Pomodori“ zu machen.

Der Vorteil der Pomodoro-Technik ist neben dem motivationalen Faktor, dass Du Deine mentalen Energiespeicher vor der nächsten Pause nicht vollständig entlädst. Die Forschung vermutet, dass die Berücksichtigung deines ultradianen Rhythmus dafür verantwortlich ist.

Somit bist Du in der Lage, insgesamt über den Tag verteilt wesentlich mehr Lerneinheiten unterzubringen, als würdest Du versuchen am Stück durchzuarbeiten.

Anmerkungen aus Forschung und Erfahrung

Wie Du merkst, ist das Thema Lerntechniken riesig. Es wird viel geforscht und die vorgestellten Methoden sind die, die sich bis zum aktuellen Zeitpunkt bewähren konnten. Darüber hinaus gibt es noch viele weitere. Manche sind in der Erprobung, manche brauchen teure Systeme und andere gehören eher unter die Lernmythen.

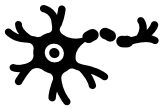
Hier möchte ich noch ein paar Worte loswerden zu Mythen und bewährten Dingen, die mir selbst geholfen haben.

Lerntypen

Bei Euren Feedbacks wurde ich auf die Lerntypen angesprochen. Daher gehe ich kurz darauf ein:

Seit Jahrzehnten wird versucht wissenschaftlich zu bestätigen, dass einige Lernende besser auditiv (hörend) und andere besser visuell (sehend) lernen; gleiches für die anderen menschlichen Sinne (berühren, riechen …).

So intuitiv richtig dieses Konzept erscheint, so wenig lässt es sich durch Forschung belegen.



Der Neurowissenschaftler Prof. Dr. Willingham stellt das Thema anschaulich in seinem Buch „Why don’t Students like school?“ und auch in dem Veritasium-Video „The Biggest Myth In Education“ dar.

Ganz knapp heruntergebrochen: Eine Fremdsprache und Musik sollte man auch hörend lernen. Gemalte Kunst und Kartographie braucht sicherlich fast zwingend unseren optischen Sinn. Das hat aber nichts damit zu tun, ob jemand wirklich besser über diesen Kanal lernt und behalten kann.
„Deinen Lerntyp“ darfst Du zum Optimieren Deiner Lerntechniken also getrost ignorieren.

Berge abtragen. Wo fange ich nur an?

Mein eigenes Problem am Anfang des Studiums war, dass mein persönlicher Studi-Berg bereits nach zwei Wochen so groß für mich war, dass ich nicht mehr wusste, was ich überhaupt noch tun kann. Ich wollte es ja verstehen, wusste aber einfach nicht, wie das gehen soll...

Durch ungünstigen Zufall waren meine Tutorien mit den falschen Mit-Studierenden besetzt, so dass es zunächst sehr schwer für mich war, Anschluss zu finden. Dazu war ich obendrein zugezogen und „First-Gen". Das bedeutet bei mir, dass niemand aus meiner Familie je ein Abitur, geschweige denn ein Hochschulstudium abgeschlossen hatte.

Aber auch andere, mit denen ich zusammen studierte, hatten vielleicht einen „geeigneteren" Hintergrund als ich und fühlten sich trotzdem nach kurzer Zeit genauso abgehängt.

Was also tun, wenn der Berg bereits da ist und mit jedem Tag mehr Stoff dazu kommt, der bearbeitet und verstanden werden will?

Erste Schritte - oder: was ist der erste Schritt?

Eines meiner echten Hindernisse damals war, dass ich nicht wusste, wo ich überhaupt anfangen kann. Ich schnappte mir Lehrbücher, fing an darin zu lesen und gab immer wieder frustriert auf.

Ich hätte mir viel Frust und Ärger ersparen können, wenn ich zudem Zeitpunkt realisiert hätte, dass es gerade in den MINT-Disziplinen (*Mathematik*, *Informatik*, *naturwissenschaftliche und technische Studienfächer*) jede Menge Unterstützungsangebote und Studienberatungen gibt. Man muss nur eben erst einmal wissen, dass es so etwas gibt und zweitens es dann auch noch in Anspruch nehmen.

Letzteres gilt auch für Deine unmittelbaren Lehrpersonen. Meine damaligen Tutor:innen und Professor:innen schienen mir anfänglich so unnahbar, dass ich mich einfach nicht traute, echte Nachfragen zu stellen. Im weiteren Studium habe ich dann bemerkt, dass wirklich fast alle sehr daran interessiert sind, Studierende zu unterstützen und gerne bereit sind, Fragen zu beantworten und Anregungen zu geben.

Ich wollte aber zu diesem Zeitpunkt weder vor meinen Mit-Studierenden noch vor meinen Lehrenden als „dumm" dastehen. Und ehrlicherweise muss ich zugeben, dass ich mir selbst auch nicht so richtig eingestehen wollte, dass ich es, im Gegensatz zu meiner Schulzeit, eben nicht sofort kapierte. (*In der Oberstufe hatte ich die Sachen „quasi nur einmal angeschaut und click" - deshalb hab' ich das Fach ja überhaupt angefangen zu studieren. Das war mein Ding! Dachte ich jedenfalls, bis etwa zur zweiten Woche meines Studiums...*)

Frag' nach!

Im Rückblick und bestätigt durch Forschung und Erfahrung war aber das einzig wirklich „Dumme" von mir, „einen auf Klug zu machen", statt einfach nachzufragen.

Hätte ich meinem damaligen Tutor offen gesagt, dass ich die Aufgaben nicht verstehe, hätte er sie mir sicherlich gerne erklärt. Und wenn ich es immer noch nicht begriffen hätte, hätten wir zusammen schauen können, welche Grundlagen nötig gewesen wären, um sie zu verstehen.

Außerdem profitieren häufig alle Beteiligten von Fragen, wenn dadurch Dinge besser erklärt oder in einer Diskussion vertieft werden.
Kennst Du nicht auch dieses Gefühl der Erleichterung, wenn jemand die Frage ausspricht, die Du Dir auch schon die ganze Zeit gestellt hast?

Back Link

Vielleicht kennst Du das von Wikipedia: Du liest etwas über einen Begriff, aber verstehst ein Wort nicht. Aber zum Glück kannst Du diesen Begriff direkt anklicken. Es geht eine neue Seite auf und Du kannst versuchen erst einmal dieses Konzept zu verstehen. Das Spiel könntest Du natürlich jetzt noch eine Weile so weiterführen…

Nehmen wir also an, Du hast jetzt verstanden, was die Grundlagen für den ursprünglichen Begriff waren. Jetzt kannst Du endlich das verstehen, bei dem Du vorhin angefangen hast.

Bei Übungsaufgaben ist leider selten ein Wiki dabei. Also könntest Du bei Deinen Lehrenden nachfragen, z.B.:

- Was muss ich an Grundlagen verstanden haben, um diese Aufgabe zu bearbeiten?
- Wo kann ich das am besten nachschlagen?
- Was sind die Schlagworte, unter denen ich eine Internetsuche starten oder wahrscheinlich ein Video-Tutorial finden kann? (*Je früher Du im Studium bist, umso mehr wirst Du an ausgearbeiteten Themen finden.*)

Dasselbe gilt natürlich auch für die Themen und Inhalte der Vorlesungen etc. selbst. Wenn Du etwas nicht verstehst, hinterfrage Dich selbst regelmäßig, ob Du denn die zugrunde liegenden Konzepte wirklich verstanden hast.

Chunking

Wenn Du es bis hierher geschafft hast, scheint Dich das Thema mehr in der Tiefe zu interessieren. Daher möchte ich Dir noch ein paar Hintergründe aus der Lernforschung vorstellen, die für Dich ggf. noch ein bisschen besser erklären könnte, warum genug Vorwissen zusammen mit aktiver Übung den sprichwörtlichen Meister machen.

Schauen wir uns hierzu folgende Studie an: Es wurden 24 verschiedene physikalische Aufgaben sowohl an Physik-Studierende am Anfang ihres Studiums als auch Expert:innen (z.B. Doktorierende oder Professor:innen der Physik) gegeben. Die Anfänger:innen teilten die Aufgaben in aller Regel in Kategorien anhand der Objekte innerhalb der Aufgabe, z.B. in Aufgaben mit Sprungfedern oder schiefer Ebene. Dagegen teilten die Experten die Aufgaben nach dem physikalischen Prinzip auf, das nötig ist, um das Problem darin zu lösen, also bspw. den Energieerhaltungssatz, egal ob es dabei um Federn oder Rampen etc. ging.

Verstehen ist demnach die Fähigkeit, die Tiefenstruktur eines Problems zu verstehen und nicht nur an der Oberfläche zu bleiben. Aber wie kommt man nun dazu?

Der Neurowissenschaftler Daniel Willingham formulierte es in dieser Weise: „*Verstehen ist getarntes Erinnern*“ oder in anderen Worten „*Wir verstehen neue Dinge immer nur im Zusammenhang mit den Dingen, die wir bereits kennen. Und das meiste, das wir kennen, ist konkret.*“

Das bedeutet, es gibt keine wirkliche Abkürzung zum Verstehen. Bevor Babys laufen können, robben und krabbeln sie (fast) alle. Und wir müssen erst eine ganze Menge Federn- und Rampenaufgaben gemacht haben, bevor wir erkennen, dass das eigentliche Prinzip dahinter in manchen Fällen das gleiche, übergeordnete ist.

Reduktion des Cognitive Loads

Machst Du mit mir ein kleines Experiment?

Bitte merke dir die folgenden Buchstaben. Sagen wir, Du hast 30 Sekunden dafür Zeit.

XAR DZD FFB IBR DCI AUS AYZ

Ich komme gleich noch einmal darauf zurück. Vorher möchte ich aber noch kurz etwas anderes ansprechen.
Um dir eine Buchstabenfolge oder etwas anderes zu merken, brauchst Du ein Gedächtnis. Ohne ein solches würden wir nur noch auf äußere Reize reagieren wie eine Amöbe. Und doch wissen die meisten Menschen erstaunlich wenig darüber oder glänzen mit sogenannten „gefährlichem Halbwissen“.

Wieso ist mir (und vermutlich auch Dir) Verstehen in unserem Lieblingsfach während der Schulzeit so leichtgefallen?
Hierzu möchte ich Dir das Konzept des Chunkings erklären. Der Begriff Chunking kommt aus dem Englischen und könnte mit Bündelung übersetzt werden.

Jetzt ist übrigens der Zeitpunkt gekommen, an dem ich Dich bitten möchte, die Buchstabenfolge wieder aufzusagen. … Und? Ist es schwer? Hast Du alles richtig?

Dann möchte ich Dich bitten eine weitere Folge zu lernen: (Ist die letzte, versprochen!)

X ARD ZDF FBI BRD CIA USA YZ

Was glaubst Du, welche von den beiden Folgen kannst Du Dir besser merken?

Wenn es Dir geht, wie den meisten dann natürlich die zweite.

Vermutlich hattest Du bereits den starken Verdacht: Ja, beide sind identisch. Der Unterschied bestand darin, dass Du in der ersten sinnfreie Buchstabenpakete hattest, von denen jeder Buchstabe einen einzelnen Chunk in deinem Arbeitsgedächtnis eingenommen hat.

Jeder Mensch hat etwa 7 ± 2 Chunks im Arbeitsgedächtnis (früher Kurzzeitgedächtnis) zur Verfügung stehen. In der zweiten Test-Variante wurden die Buchstaben so zusammengestellt, dass immer drei Buchstaben einen Chunk besetzten. Ein Chunk kann also eine einzelne Ziffer sein, aber auch ein gesamtes Konzept mit beliebig vielem untergeordnetem Wissen darin. Zum Beispiel hättest Du auch nur einen Chunk für ARD und ZDF bilden können, in der Kategorie „die ersten beiden deutschen TV-Sender“. Und schon hättest Du nicht mehr zwei sondern nur noch einen Chunk dafür gebraucht und noch 6 ± 2 übrig gehabt, für weitere Informationen.

Jemand ohne diese Vorkenntnisse hätte sich dieses Chunking nicht zu Nutze machen können und umgekehrt: Das erklärt, warum Expert:innen bei einer schweren Aufgabe beispielsweise nur drei Chunks für das Verstehen benötigen und den übrigen Arbeitsspeicher zur Verfügung haben, um verschiedene Lösungswege zu „jonglieren“. Derweil brauchen Noviz:innen meist alle ihre Chunks und so bleibt nur noch wenig oder sogar zu wenig Ressource im Arbeitsgedächtnis, um die Aufgabe auch lösen zu können.

Und das gilt übrigens nicht nur für die Menge, sondern auch für die Dauer. Je mehr Du zu einem Thema an Vorwissen in Deinem Langzeitgedächtnis hast, umso länger kannst Du auch neue Dinge zu diesem Themenbereich in Deinem Arbeits-/Kurzzeitgedächtnis behalten.

Schachmeisterschaft

Im Schach konnte die Bedeutung des Hintergrundwissens für das Chunking gut belegt werden. Interessant ist hier, dass Schachspieler:innen ein grundsätzlich hervorragendes Gedächtnis nachgesagt wird. Und tatsächlich konnten sich geübte Spieler:innen die Positionen von 16 Schachfiguren auf einem Schachbrett merken, selbst wenn ihnen nur 5 Sekunden Zeit gegeben wurden zum Einprägen. Anfänger:innen behielten sich dagegen gerade mal 4 Figuren richtig im Schnitt.

Das Entscheidende war hierbei jedoch, dass die Figuren dafür in bestimmten Schachkonstellationen aufgestellt sein mussten, wie sie auch sinnvollerweise in einer echten „Spielsituation“ zu finden sind.

Die Profis konnten sich daher die Anordnungen von z.B. drei Figuren gleichzeitig als Angriffsformation merken.
Wurden die Figuren allerdings per Zufallsprinzip platziert, konnten die Schachmeister:innen ihren Chunking-Vorteil nicht nutzen und waren genauso gut oder eher schlecht beim Erinnern, wie die blutigen Anfänger:innen!

Schlussworte:

Das kleine Hand-Out ist nun doch länger geworden, als ich es ursprünglich vorhatte. Aber wie Du hoffentlich gemerkt hast, ist es mir ein persönliches Anliegen, Dir die besten Tipps und Practises mit auf den Weg zu geben. Ich stehe nach wie vor dazu: Du hast Dich für ein Studium in einem der spannendsten Bereiche überhaupt entschieden und ich wünsche Dir alles Gute und einen offenen Geist für die Dinge, die vor Dir liegen.

Jana Rehberg

Falls Du mich direkt anschreiben willst, kannst Du das gerne tun unter:

Kontakt: Rehberg@Physik.Uni-Frankfurt.de

P.S. *Falls Du noch wissen wolltest, wie mein Studium für mich ausgegangen ist:*

Ich habe nach einer wie besagt holprigen ersten Hälfte meines Studiums ein Diplom in Physik (≙ M. Sc.) gemacht und danach ein Staatsexamen für das Lehramt in den Fächern Mathematik und Physik draufgesetzt. Nach Tätigkeiten im IT-Sektor, als Lehrkraft und in der Bildungsverwaltung bin ich aktuell mit meinem Promotionsstudium in der AG Mindset der Didaktik der Physik der Rhein-Main-Universitäten beschäftigt (2019-24).

Literatur

Bücher

Brown, Peter C.; Roediger Henry L. III; McDaniel, Mark A. (2014):
Make it stick [deutsch: Das merk ich mir!];
Belknap Press of Harvard University Press Cambridge, MA

Carey, Benedict (2014):
How we learn [deutsch: Neues Lernen];
Random House Inc.

Duckworth, Angela (2019);
GRIT [deutsch: GRIT: *Mit Begeisterung und Ausdauer ans Ziel***]**;
Random House UK Ltd

Dweck, Carol S. (2006 / 2016):
Mindset: the new psychology of success [deutsch: Selbstbild];
Ballantine Books

Medina, John (2014):
Brain Rules [deutsch: Gehirn und Erfolg];
Pear Press

Walker, Matthew (2018):
Why we sleep [deutsch: Das große Buch vom Schlaf: Die enorme Bedeutung des Schlafs**]**;
Penguin Books Ltd

Willingham, Daniel T. (2021):
Why Don't Students Like School?: A *Cognitive Scientist Answers Questions About How the Mind Works and What It Means for the Classroom*, 2nd Edition
[nicht in deutscher Sprache erschienen];
John Wiley & Sons, Inc.

Stichwortverzeichnis

C
Chunking 15/16
Cramming 3

D
dumm 13

F
Fachbegriff 8

G
Gedächtnisstütze 9
Grundlagen 14

K
Karteikarten 5
Kontakt 17

L
Lernkurve 10
Lieblingsfach 15

S
Schlaf 10

T
Testen 6

V
vergessen 7

W
Wiederholen 7
Wiki 14
Wissenslücken 9

Z
Zeitmanagement 11
Zugangsmöglichkeiten 6

Links

Zuletzt abgerufen: 19.11.2021

#Zeitmanagement: Getting things done

https://www.studienscheiss.de/getting-things-done/

https://www.calnewport.com/blog/2007/07/20/getting-things-done-for-college-students-the-full-system/

#Lerntypen: The Biggest Myth In Education

https://www.youtube.com/watch?v=rhgwIhB58PA&t=765s

Literaturverzeichnis

Bjork, Robert A.; Dunlosky, John; Kornell, Nate (2013): Self-regulated learning: beliefs, techniques, and illusions. In: *Annual review of psychology* 64, S. 417–444. DOI: 10.1146/annurev-psych-113011-143823.

Brodt, Svenja; Pöhlchen, Dorothee; Täumer, Esther; Gais, Steffen; Schönauer, Monika (2018): Incubation, not sleep, aids problem-solving. In: *Sleep* 41 (10). DOI: 10.1093/sleep/zsy155.

Butler, Andrew C.; Roediger, Henry L. (2008): Feedback enhances the positive effects and reduces the negative effects of multiple-choice testing. In: *Memory & Cognition* 36 (3), S. 604–616. DOI: 10.3758/mc.36.3.604.

Callender, Aimee A.; McDaniel, Mark A. (2009): The limited benefits of rereading educational texts. In: *Contemporary Educational Psychology* 34 (1), S. 30–41. DOI: 10.1016/j.cedpsych.2008.07.001.

Cepeda NJ, Vul E, Rohrer D, Wixted JT, Pashler H: Spacing Effects in Learning. a temporal ridgeline of optimal retention. Psychol Sci. 2008 Nov;19(11):1095-102. DOI: 10.1111/j.1467-9280.2008.02209.x.

Chi, Michelene T.H. ; Feltovich, Paul J. ; Glaser, Robert. / Categorization and representation of physics problems by experts and novices. In: Cognitive Science. 1981 ; Vol. 5, No. 2. pp. 121-152. Doi 10.1207/s15516709cog0502_2

Dunlosky, John (2013): Strengthening the Student Toolbox. Study Strategies to Boost Learning. In: *American Educator* Vol. 37, No. 3 (Fall 2013).

Dunlosky, John; Rawson, Katherine A.; Marsh, Elizabeth J.; Nathan, Mitchell J.; Willingham, Daniel T. (2013): Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. In: *Psychological science in the public interest : a journal of the American Psychological Society* 14 (1), S. 4–58. DOI: 10.1177/1529100612453266.

Gruber, Thomas (2018): Gedächtnis. Springer Link. https://doi.org/10.1007/978-3-662-56362-5

Hartwig, Marissa K.; Dunlosky, John (2012): Study strategies of college students: are self-testing and scheduling related to achievement? In: *Psychonomic bulletin & review* 19 (1), S. 126–134. DOI: 10.3758/s13423-011-0181-y.

Humiston, Graelyn B.; Tucker, Matthew A.; Summer, Theodore; Wamsley, Erin J. (2019): Resting States and Memory Consolidation: A Preregistered Replication and Meta-Analysis. In: *Scientific reports* 9 (1), S. 19345. DOI: 10.1038/s41598-019-56033-6.

Karpicke, J. D.; Blunt, J. R. (2011a): Response to Comment on "Retrieval Practice Produces More Learning than Elaborative Studying with Concept Mapping". In: *Science* 334 (6055), S. 453. DOI: 10.1126/science.1204035.

Karpicke, Jeffrey D.; Bauernschmidt, Althea (2011): Spaced retrieval: absolute spacing enhances learning regardless of relative spacing. In: *Journal of experimental psychology. Learning, memory, and cognition* 37 (5), S. 1250–1257. DOI: 10.1037/a0023436.

Karpicke, Jeffrey D.; Blunt, Janell R. (2011b): Retrieval practice produces more learning than elaborative studying with concept mapping. In: *Science (New York, N.Y.)* 331 (6018), S. 772–775. DOI: 10.1126/science.1199327.

Kluwe R., Tüer G., Rösler, F. (eds.) (2003): Principles of Learning and Memory.

Köller; Olaf; Meyer; Jennifer; Saß; Steffani et al. (2019): New analyses of an old topic. Effects of intelligence and motivation on academic achievement. In: *Journal for educational research* Volume 11 (2019) No. 1, S. 166–189.

Koriat, Asher; Bjork, Robert A. (2006): Illusions of competence during study can be remedied by manipulations that enhance learners' sensitivity to retrieval conditions at test. In: *Memory & Cognition* 34 (5), S. 959–972. DOI: 10.3758/BF03193244.

Monaghan, Padraic; Sio, Ut Na; Lau, Sum Wai; Woo, Hoi Kei; Linkenauger, Sally A.; Ormerod, Thomas C. (2015): Sleep promotes analogical transfer in problem solving. In: *Cognition* 143, S. 25–30. DOI: 10.1016/j.cognition.2015.06.005.

Moyano, Malen D.; Diekelmann, Susanne; Pedreira, María E.; Forcato, Cecilia (2019): Sleep accelerates re-stabilization of human declarative memories. In: *Neurobiology of learning and memory* 162, S. 1–8. DOI: 10.1016/j.nlm.2019.04.012.

Murayama, Kou; Pekrun, Reinhard; Lichtenfeld, Stephanie; vom Hofe, Rudolf (2013): Predicting long-term growth in students' mathematics achievement: the unique contributions of motivation and cognitive strategies. In: *Child development* 84 (4), S. 1475–1490. DOI: 10.1111/cdev.12036.

Myers, David G.; DeWall, C. Nathan (2017): Psychology in everyday life.

Phelps, Elizabeth A.; Davachi, Lila (eds.) (2018): Stevens' Handbook of Experimental Psychology and Cognitive Neuroscience. Learning & Memory (Volume I).

Roediger, Henry L.; Thorpe, Leigh A. (1978): The role of recall time in producing hypermnesia. In: *Memory & Cognition* Vol. 6 (3) 296-305.

Sanders, Kristin E. G.; Osburn, Samuel; Paller, Ken A.; Beeman, Mark (2019): Targeted Memory Reactivation During Sleep Improves Next-Day Problem Solving. In: *Psychological science* 30 (11), S. 1616–1624. DOI: 10.1177/0956797619873344.

Sidarta Ribeiro: Brain Gene Expression During REM Sleep Depends on Prior Waking Experience. DOI: 10.1101/lm.6.5.500.

Sio, Ut Na; Monaghan, Padraic; Ormerod, Tom (2013): Sleep on it, but only if it is difficult: effects of sleep on problem solving. In: *Memory & Cognition* 41 (2), S. 159–166. DOI: 10.3758/s13421-012-0256-7.

Stickgold, Robert (2005): Sleep-dependent memory consolidation. In: *Nature* 437 (7063), S. 1272–1278. DOI: 10.1038/nature04286.

Wagner, Ullrich; Gais, Steffen; Haider, Hilde; Verleger, Rolf; Born, Jan (2004): Sleep inspires insight. In: *Nature* 427 (6972), S. 352–355. DOI: 10.1038/nature02223.

Wozniak, P.A.; Optimization of learning; Master's Thesis; University of Technology in Poznan; 1990

Zhang X., Liu J., Cole M.; Task Topic Knowledge vs. Background Domain Knowledge: Impact of Two Types of Knowledge on User Search Performance.
In: Rocha Á., Correia A., Wilson T., Stroetmann K. (eds) Advances in Information Systems and Technologies. Advances in Intelligent Systems and Computing, vol 206. Springer, Berlin, Heidelberg. 2013; https://doi.org/10.1007/978-3-642-36981-0_17

Teil VI.

Verzeichnisse

Tabellenverzeichnis

4.1. Achtfelderschema der Kausalattribution *angepasst nach Weiner, 1985 in Faber (2012, S. 27), vgl. auch Götz (2017, S. 113)* 44

5.1. Matrix Mindset gegen Fähigkeitsselbstkonzept 80
5.2. Gegenüberstellung Physics-Mindset und Effort-Beliefs 85

7.1. Kategorien der Effektgröße Cohens *d* vgl. Cohen, 1988, S. 25-26 . . . 101

8.1. Gegenüberstellung von Beispiel-Items zur Herausforderung 131
8.2. Gegenüberstellung von Beispiel-Items zu FsR und Grit 134
8.3. Attributionsschema *angepasst nach Schneewind, 1990, S. 97* 136
8.4. Verteilung Studiengang Teilnehmende Studierende 137
8.5. Hauptkomponentenanalyse mit allen 91 Items – Auszug: Darstellung der ersten beiden Komponenten mit 43 Items *(Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt)* 145
8.6. Items Attributionsstil 146
8.7. Komponentenladungen mit Vorgabe von 8 Faktoren (Varimax) *(Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt)* 148
8.8. Originale Items physikfachspez. Mindset – Rotationsmethode: Equimax
Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt 150
8.9. Rotationsmethode: Equimax mit Kaiser-Normalisierung 151
8.10. Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung 152
8.11. Rotationsmethode: Quartimax mit Kaiser-Normalisierung 152
8.12. Skala Mindset – Überzeugung zur Anstrengung (MS-A) 153
8.13. Skala Mindset – Überzeugung zur Begabung (MS-B) 155
8.14. Inter-Item-Korrelationsmatrix „H“-Items 156
8.15. Skala Mindset – Herausforderung (MS-H) 157
8.16. Items Mindset – Möglichkeiten der Verbesserung im Fach Physik . . . 158
8.17. Skala Mindset – Überzeugung zu *geborenen* Physiker:innen 160

8.18. Restliche Mindset-Items . . . 161
8.19. Inter-Item-Korrelationsmatrix „H“-Items und AMS *Korrelationen > 0,6 sind fett hervorgehoben* . . . 162
8.20. Skala: Vorliebe für Herausforderung (Herausf.) . . . 163
8.21. Inter-Item-Korrelationsmatrix Grit und „H“-Items . . . 164
8.22. Inter-Item-Korrelationsmatrix fachspezifische Resilienz und „H“-Items 165
8.23. Hauptkomponentenanalyse mit drei Rotationsmethoden *(Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt)* . . . 167
8.24. Skala: Unsicherheit in Leistungssituationen . . . 169
8.25. Skala: Grit – Beständiges Interesse . . . 171
8.26. Grenzwerte für Korrelationszusammenhänge . . . 173
8.27. Spearman-Rangkorrelationen ρ Mindset mit den weiteren Skalen – Pilotierung . . . 174
8.28. Korrelation ToI und domänenspezifische Überzeugungen . . . 176
8.29. Konfirmatorische Faktorenanalyse – Vergleich der ersten Semester . . . 182
8.30. Konfirmatorische Faktorenanalyse – Vergleich Längsschnitt . . . 183
8.31. Gesamtstichprobe Testung Wintersemester 2019/20 . . . 189
8.32. Anzahl der Fälle in jedem Cluster . . . 192
8.33. Wilks-Lambda-Test der Funktionen . . . 198
8.34. Klassifizierungsergebnisse . . . 199
8.35. Messzeitpunkte, Semester und Anzahl Studierende für die Erhebung im Längsschnitt . . . 207

9.1. Verteilung der Studierenden – Mathematik-Vorwissenstest . . . 215

10.1. Teilnehmende Studierende . . . 282
10.2. Verlauf der durchschnittlichen Betrachtungsdauern . . . 287
10.3. Anzahl der Ausstiege von Teilnehmende zu Beginn und am Ende der Videos . . . 288
10.4. Verlauf Video-Completer . . . 292
10.5. Fehlerkorrektur nach Bonferroni und Holmes . . . 299

16.1. Werte Schiefe und Kurtosis – 91 Items Pilotierung . . . 354
16.2. Originale Items physikfachspez. Mindset – Rotationsmethode: Varimax *Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt* . . . 355
16.3. Originale Items physikfachspez. Mindset – Rotationsmethode: Quartimax *Ladungen <0,3 werden nicht dargestellt* . . . 356

16.4. Pearson-Korrelationen Konstrukte Pilotierung 359
16.5. Bivariate Spearman-Korrelationen domänenspezifisches Mindset Pilotierung – Teil 1 360
16.6. Bivariate Spearman-Korrelationen domänenspezifisches Mindset Pilotierung – Teil 2 361
16.7. Bivariate Spearman-Korrelationen domänenspezifisches Mindset Pilotierung – Teil 3 362
16.8. Bivariate Spearman-Korrelationen Grit Pilotierung 363
16.9. Bivariate Spearman-Korrelationen – Fachspezifische Resilienz 364
16.10Bivariate Spearman-Korrelationen – Achievement Motive Scale 365
16.11Pearson-Korrelationen Konstrukte Pilotierung 366
16.12Verlauf bzw. Verteilung der Clusterverteilung – in Prozent 366
16.13Kategorien von Feedback sortiert nach Häufigkeit 387

Abbildungsverzeichnis

4.1. Motivationsprozess als Rückkopplungsschleife 51

7.1. p-Hacking – xkcd Comic 97

8.1. Online-Fragebogen im Hochformat für Smartphones 125
8.2. Online-Fragebogen im Querformat für PC-Bildschirme und Tablets . 125
8.3. Itemkorrelation durch latente Variable bzw. Skala (Faktor) 138
8.4. Überprüfung der Normalverteilung – Pilotierung 141
8.5. Item außerhalb der Grenzwerte – Pilotierung 141
8.6. Scree-Plot aller 91 Items des Pilot-Fragebogens: Eigenwerte über Faktorenzahl 143
8.7. Scree-Plot der verbliebenen 37 Items des Pilot-Fragebogens: Eigenwerte über Faktorenzahl 146
8.8. Rangkorrelationen finale Skalen – Pilotierung 175
8.9. Entwicklung des Heterogenitätsmaßes gegen die Anzahl der Cluster (Gesamter Datensatz: WiSe 2019/20, $N = 541$) 190
8.10. Entwicklung des Heterogenitätsmaßes gegen die Anzahl der Cluster (Gefilterter Datensatz, $N = 357$) 192
8.11. Clusterverteilung domänenspezifisches und allgemeines Mindset – Z-transfomiert 194
8.12. Clusterverteilung domänenspezifisches und allgemeines Mindset – Mittelwerte nach Likertskalierung von eins bis sechs 194
8.13. Clusterverteilung – Aufteilung in *fixeren* Mindset-Bereich 196
8.14. Clusterverteilung – alle gemessenen Konstrukte 196
8.15. Verlauf bzw. Verteilung der Clusterverteilung 201
8.16. Längsschnittuntersuchung erstes und viertes Semester – Skalen des großen Fragebogens 208
8.17. Entwicklung des Mittelwertes über vier Semester 209

9.1. Erreichte Punktzahl in Prozent gegen Punkte in der Oberstufe 216

9.2. Design Thinking im Design-Based-Research 230
9.3. Zwei Videosequenzen Neuroplastizität 257
9.4. Willkommensseite tet.folio mit den wichtigsten Informationen 260
9.5. Zwei Videosequenzen zum Verstehen 266
9.6. Vier Videosequenzen Best Practises 274
9.7. Photos der Personas 276

10.1. Schematische Darstellung des Studiendesigns 282
10.2. Kurzfragebogen in tet.folio 284
10.3. Betrachtungsdauern Videos: Anzahl und Durchschnitt 287
10.4. Histogramme der Videobetrachtungsdauern 289
10.5. Betrachtungsdauer ›Gehirn und Neuroplastizität‹ 290
10.6. Betrachtungsdauer ›Gehirn und Neuroplastizität‹ mit gestreckter senkrechter Achse 291
10.7. Prä-/Post-Vergleich aller Teilnehmenden 295
10.8. Prä-/Post-Vergleich Begabungsüberzeugung 296
10.9. Prä-/Post-Vergleich Intelligenzüberzeugung 297
10.10Prä-/Post-Vergleich nach Migrationshintergrund der Eltern bzw. Hauptbezugspersonen 302
10.11Prä-/Post-Vergleich nach Zuordnung zum Geschlecht 303
10.12Prä-/Post-Vergleich nach Hochschulschulabschluss der Eltern bzw. Hauptbezugspersonen 305
10.13Prä-/Post-Vergleich der Treatment- und Kontrollgruppe mit dem großen Fragebogen 307

Literaturverzeichnis

Lauren Aguilar, Greg Walton, and Carl Wieman. Psychological insights for improved physics teaching. *Physics Today*, 67(5):43–49, May 2014. ISSN 0031-9228, 1945-0699. doi: 10.1063/PT.3.2383.

André Albrecht. *Längsschnittstudie Zur Identifikation von Risikofaktoren Für Einen Erfolgreichen Studieneinstieg in Das Fach Physik*. PhD thesis, Freie Universität Berlin, Berlin, 2011.

Christina Anger, Enno Kohlisch, Oliver Koppel, and Axel Plünnecke. MINT-Frühjahrsreport 2022. *Gutachten für BDA, MINT Zukunft schaffen und Gesamtmetall, Köln*, 2022.

Joshua Aronson, Carrie B. Fried, and Catherine Good. Reducing the Effects of Stereotype Threat on African American College Students by Shaping Theories of Intelligence. *Journal of Experimental Social Psychology*, 38(2):113–125, March 2002. ISSN 00221031. doi: 10.1006/jesp.2001.1491.

Jens B. Asendorpf and Franz J. Neyer. *Psychologie Der Persönlichkeit*. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2012. ISBN 978-3-642-30263-3 978-3-642-30264-0. doi: 10.1007/978-3-642-30264-0.

Brooke Auxier and Monica Anderson. Social Media Use in 2021, July 2021.

Klaus Backhaus, Bernd Erichson, and Rolf Weiber. *Fortgeschrittene Multivariate Analysemethoden*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2015. ISBN 978-3-662-46086-3 978-3-662-46087-0. doi: 10.1007/978-3-662-46087-0.

Klaus Backhaus, Bernd Erichson, Wulff Plinke, and Rolf Weiber. *Multivariate Analysemethoden*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-662-46075-7 978-3-662-46076-4. doi: 10.1007/978-3-662-46076-4.

Klaus Backhaus, Bernd Erichson, Sonja Gensler, Rolf Weiber, and Thomas Weiber. *Multivariate Analysemethoden: Eine anwendungsorientierte Einführung*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2021. ISBN 978-3-658-32424-7 978-3-658-32425-4. doi: 10.1007/978-3-658-32425-4.

Peter Michael Bak. *Lernen, Motivation und Emotion: Allgemeine Psychologie II – das Wichtigste, prägnant und anwendungsorientiert*. Angewandte Psychologie Kompakt. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019. ISBN 978-3-662-59690-6 978-3-662-59691-3. doi: 10.1007/978-3-662-59691-3.

Chayce R. Baldwin, Kyla Haimovitz, Priya Shankar, Robert Gallop, David Yeager, James J. Gross, and Angela L. Duckworth. Self-control and SAT outcomes: Evidence from two national field studies. *PLOS ONE*, 17(9):e0274380, September 2022. ISSN 1932-6203. doi: 10.1371/journal.pone.0274380.

Marie Bandura. Children's conceptions of intelli- gence in relation to achievement goals and patterns of achievement-related cognitions, affect, and behavior. 1983.

Marie Bandura and Carol Dweck. Self-conceptions and motivation: Conceptions of intelligence, choice of achievement goals, and patterns of cognition, affect and behavior. 1985.

Fredrike Bannink. *Praxis der positiven Psychologie*. Hogrefe, Göttingen, 2012. ISBN 978-3-8017-2406-1.

Roy F. Baumeister. Ego Depletion and Self-Control Failure: An Energy Model of the Self's Executive Function. *Self and Identity*, 1(2):129–136, April 2002. ISSN 1529-8868, 1529-8876. doi: 10.1080/152988602317319302.

Paul Bazelais, David John Lemay, Tenzin Doleck, Xiao Shen Hu, Anh Vu, and Jacqueline Yao. Grit, Mindset, and Academic Performance: A Study of Pre-University Science Students. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 14(12), August 2018. ISSN 13058223. doi: 10.29333/ejmste/94570.

Angèle M. Beausoleil. *Business Design Thinking and Doing: Frameworks, Strategies and Techniques for Sustainable Innovation*. Springer International Publishing, Cham, 2022. ISBN 978-3-030-86488-0 978-3-030-86489-7. doi: 10.1007/978-3-030-86489-7.

Betsy Jane Becker. Synthesizing standardized mean-change measures. *British Journal of Mathematical and Statistical Psychology*, 41(2):257–278, November 1988. ISSN 0007-1102, 2044-8317. doi: 10.1111/j.2044-8317.1988.tb00901.x.

Christian Becker-Carus and Mike Wendt. *Allgemeine Psychologie*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017. ISBN 978-3-662-53005-4 978-3-662-53006-1. doi: 10.1007/978-3-662-53006-1.

Peter Bednorz and Martin Schuster. *Einführung in die Lernpsychologie*. Number 1305 in UTB. Reinhardt, München, 3. völlig neu bearbeitete und erweiterte aufl

edition, 2002. ISBN 978-3-8252-1305-3.

Christina Bejjani, Samantha DePasque, and Elizabeth Tricomi. Intelligence mindset shapes neural learning signals and memory. *Biological Psychology*, 146:107715, September 2019. ISSN 03010511. doi: 10.1016/j.biopsycho.2019.06.003.

R.S. Bergen. *Beliefs about Intelligence and Achievement Related Behaviors*. Unpublished doctoral dissertation, University of Illinois at Urbana-Champaign, 1991.

Vera F. Birkenbihl. *Stroh im Kopf? vom Gehirn-Besitzer zum Gehirn-Benutzer*. mvgVerl, Landsberg München, 40. aufl edition, 2002. ISBN 978-3-478-08322-5.

Felicitas Biwer, Wisnu Wiradhany, Mirjam G. A. Oude Egbrink, and Anique B. H. De Bruin. Understanding effort regulation: Comparing 'Pomodoro' breaks and self-regulated breaks. *British Journal of Educational Psychology*, 93(S2):353–367, August 2023. ISSN 0007-0998, 2044-8279. doi: 10.1111/bjep.12593.

E. L. Bjork and R. A. Bjork. *Making Things Hard on Yourself, but in a Good Way: Creating Desirable Difficulties to Enhance Learning. In: Psychology and the Real World: Essays Illustrating Fundamental Contributions to Society*. Worth Publishers, New York, NY, 2011. ISBN 978-1-4292-3043-8.

Robert A. Bjork and Elizabeth L. Bjork. Desirable difficulties in theory and practice. *Journal of Applied Research in Memory and Cognition*, 9(4):475–479, December 2020. ISSN 2211-369X, 2211-3681. doi: 10.1016/j.jarmac.2020.09.003.

Robert A. Bjork, John Dunlosky, and Nate Kornell. Self-Regulated Learning: Beliefs, Techniques, and Illusions. *Annual Review of Psychology*, 64(1):417–444, January 2013. ISSN 0066-4308, 1545-2085. doi: 10.1146/annurev-psych-113011-143823.

Lisa S. Blackwell, Kali H. Trzesniewski, and Carol Sorich Dweck. Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention. *Child Development*, 78(1):246–263, January 2007. ISSN 0009-3920, 1467-8624. doi: 10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x.

Lisa S. Blackwell, Sylvia Rodriguez, and Belén Guerra-Carrillo. Intelligence as a Malleable Construct. In Sam Goldstein, Dana Princiotta, and Jack A. Naglieri, editors, *Handbook of Intelligence*, pages 263–282. Springer New York, New York, NY, 2015. ISBN 978-1-4939-1561-3 978-1-4939-1562-0. doi: 10.1007/978-1-4939-1562-0_18.

Irmela Blüthmann, Steffen Lepa, and Felicitas Thiel. Studienabbruch und -wechsel in den neuen Bachelorstudiengängen. *Zeitschrift für Erziehungswissenschaft*, 11(3):406–429, November 2008. ISSN 1434-663X, 1862-5215. doi: 10.1007/s11618-008-0038-y.

Eckart Böhmer. Kaspar Hauser, das Kind Europas. 2023.

A. Bolu Ajiboye, Leigh R. Hochberg, and Robert F. Kirsch. Restoring Functional Reach-to-Grasp in a Person with Chronic Tetraplegia Using Implanted Functional Electrical Stimulation and Intracortical Brain-Computer Interfaces. In Christoph Guger, Brendan Z. Allison, and Kai Miller, editors, *Brain–Computer Interface Research*, pages 35–45. Springer International Publishing, Cham, 2020. ISBN 978-3-030-49582-4 978-3-030-49583-1. doi: 10.1007/978-3-030-49583-1_4.

Jürgen Bortz and Gustav A. Lienert. *Kurzgefasste Statistik für die klinische Forschung: Leitfaden für die verteilungsfreie Analyse kleiner Stichproben ; mit 13 Abblidungen und 97 Tabellen sowie zahlreichen Formeln*. Springer-Lehrbuch Bachelor, Master. Springer, Heidelberg, 3., aktualisierte und bearbeitete auflage edition, 2008. ISBN 978-3-540-75737-5.

Jürgen Bortz and Christof Schuster. *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: mit ... 163 Tabellen*. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin Heidelberg New York, 7., vollst. überarb. und erw. aufl edition, 2010. ISBN 978-3-642-12769-4.

Jane Dr Bozarth. Video Viewer Study 2021 – TechSmith, 2021.

Shannon T. Brady, Stephanie L. Reeves, Julio Garcia, Valerie Purdie-Vaughns, Jonathan E. Cook, Suzanne Taborsky-Barba, Sarah Tomasetti, Eden M. Davis, and Geoffrey L. Cohen. The psychology of the affirmed learner: Spontaneous self-affirmation in the face of stress. *Journal of Educational Psychology*, 108(3): 353–373, April 2016. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/edu0000091.

Hermann Brandstätter, Ludwig Grillich, and Alois Farthofer. Prognose des Studienabbruchs. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 38(3):121–131, July 2006. ISSN 0049-8637, 2190-6262. doi: 10.1026/0049-8637.38.3.121.

Bernt Bratsberg and Ole Rogeberg. Flynn effect and its reversal are both environmentally caused. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(26): 6674–6678, June 2018. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.1718793115.

Michael Broda, John Yun, Barbara Schneider, David S. Yeager, Gregory M. Walton, and Matthew Diemer. Reducing Inequality in Academic Success for Incoming College Students: A Randomized Trial of Growth Mindset and Belonging Interventions. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 11(3):317–338, July 2018. ISSN 1934-5747, 1934-5739. doi: 10.1080/19345747.2018.1429037.

Patrick Broome. *Implizite Begabungstheorien Und Erlernte Hilflosigkeit*, volume 617 of *Europäische Hochschulschriften*. Peter Lang, reihe vi psychologie edition, 1998.

Patricia E. Brosseau-Liard and Victoria Savalei. Adjusting Incremental Fit Indices for Nonnormality. *Multivariate Behavioral Research*, 49(5):460–470, September 2014. ISSN 0027-3171, 1532-7906. doi: 10.1080/00273171.2014.933697.

Peter C. Brown, Henry L. Roediger, and Mark A. McDaniel. *Das merk ich mir! erfolgreich lernen und für immer behalten mit der Make-it-stick-Methode*. Number 17850 in Goldmann. Goldmann, München, deutsche erstausgabe edition, 2019. ISBN 978-3-442-17850-6.

Markus Bühner. *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion*. Pearson Studium - Psychologie. Pearson Studium, München, 3., aktualisierte und erw. aufl edition, 2011. ISBN 978-3-86894-033-6.

Markus Bühner and Matthias Ziegler. *Statistik für Psychologen und Sozialwissenschaftler*. ps psychologie. Pearson Deutschland GmbH, Hallbergmoos, 2., aktualisierte und erweiterte auflage edition, 2017. ISBN 978-3-86326-809-1 978-3-86894-130-2.

Jan-Philipp Burde. *Konzeption und Evaluation eines Unterrichtskonzepts zu einfachen Stromkreisen auf Basis des Elektronengasmodells*. Logos Verlag Berlin, June 2018. ISBN 978-3-8325-4726-4. doi: 10.30819/4726.

Jeni L. Burnette, Ernest H. O'Boyle, Eric M. VanEpps, Jeffrey M. Pollack, and Eli J. Finkel. Mind-sets matter: A meta-analytic review of implicit theories and self-regulation. *Psychological Bulletin*, 139(3):655–701, 2013. ISSN 1939-1455, 0033-2909. doi: 10.1037/a0029531.

Jeni L. Burnette, Crystal L. Hoyt, V. Michelle Russell, Barry Lawson, Carol S. Dweck, and Eli Finkel. A Growth Mind-Set Intervention Improves Interest but Not Academic Performance in the Field of Computer Science. *Social Psychological and Personality Science*, 11(1):107–116, January 2020. ISSN 1948-5506, 1948-5514. doi: 10.1177/1948550619841631.

Kathleen C. Burns and Linda M. Isbell. Promoting malleability is not one size fits all: Priming implicit theories of intelligence as a function of self-theories. *Self and Identity*, 6(1):51–63, January 2007. ISSN 1529-8868, 1529-8876. doi: 10.1080/15298860600823864.

David Buschhüter, Christian Spoden, and Andreas Borowski. Mathematische Kenntnisse und Fähigkeiten von Physikstudierenden zu Studienbeginn. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1):61–75, November 2016. ISSN 0949-1147, 2197-988X. doi: 10.1007/s40573-016-0041-4.

David Buschhüter, Christian Spoden, and Andreas Borowski. Studienerfolg im Physikstudium: Inkrementelle Validität physikalischen Fachwissens und physikali-

scher Kompetenz. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 23(1):127–141, November 2017. ISSN 0949-1147, 2197-988X. doi: 10.1007/s40573-017-0062-7.

Charles Calderwood, Phillip L. Ackerman, and Erin Marie Conklin. What else do college students "do" while studying? An investigation of multitasking. *Computers & Education*, 75:19–29, June 2014. ISSN 03601315. doi: 10.1016/j.compedu.2014.02.004.

Natale Canale, Alessio Vieno, Mattia Doro, Erika Rosa Mineo, Claudia Marino, and Joël Billieux. Emotion-related impulsivity moderates the cognitive interference effect of smartphone availability on working memory. *Scientific Reports*, 9(1):18519, December 2019. ISSN 2045-2322. doi: 10.1038/s41598-019-54911-7.

James Carifio and Rocco Perla. Resolving the 50-year debate around using and misusing Likert scales. *Medical Education*, 42(12):1150–1152, December 2008. ISSN 03080110, 13652923. doi: 10.1111/j.1365-2923.2008.03172.x.

Kevin D. Carlson and Frank L. Schmidt. Impact of experimental design on effect size: Findings from the research literature on training. *Journal of Applied Psychology*, 84(6):851–862, December 1999. ISSN 1939-1854, 0021-9010. doi: 10.1037/0021-9010.84.6.851.

Nicholas J. Cepeda, Edward Vul, Doug Rohrer, John T. Wixted, and Harold Pashler. Spacing Effects in Learning: A Temporal Ridgeline of Optimal Retention. *Psychological Science*, 19(11):1095–1102, November 2008. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1111/j.1467-9280.2008.02209.x.

Jason A. Chen and Frank Pajares. Implicit theories of ability of Grade 6 science students: Relation to epistemological beliefs and academic motivation and achievement in science. *Contemporary Educational Psychology*, 35(1):75–87, January 2010. ISSN 0361476X. doi: 10.1016/j.cedpsych.2009.10.003.

Patricia Chen, Joseph T. Powers, Kruthika R. Katragadda, Geoffrey L. Cohen, and Carol S. Dweck. A strategic mindset: An orientation toward strategic behavior during goal pursuit. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 117(25):14066–14072, June 2020. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.2002529117.

Sapna Cheryan and Hazel Rose Markus. Masculine defaults: Identifying and mitigating hidden cultural biases. *Psychological Review*, 127(6):1022–1052, November 2020. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/rev0000209.

Sapna Cheryan, Sianna A. Ziegler, Amanda K. Montoya, and Lily Jiang. Why are some STEM fields more gender balanced than others? *Psychological Bulletin*, 143(1):1–35, January 2017. ISSN 1939-1455, 0033-2909. doi: 10.1037/bul0000052.

Michelene T. H. Chi, Paul J. Feltovich, and Robert Glaser. Categorization and Representation of Physics Problems by Experts and Novices*. *Cognitive Science*, 5(2):121–152, April 1981. ISSN 03640213. doi: 10.1207/s15516709cog0502_2.

Robert B. Cialdini. Crafting Normative Messages to Protect the Environment. *Current Directions in Psychological Science*, 12(4):105–109, August 2003. ISSN 0963-7214, 1467-8721. doi: 10.1111/1467-8721.01242.

Robert B. Cialdini and Noah J. Goldstein. Social Influence: Compliance and Conformity. *Annual Review of Psychology*, 55(1):591–621, February 2004. ISSN 0066-4308, 1545-2085. doi: 10.1146/annurev.psych.55.090902.142015.

Francesco Cirillo. *The Pomodoro Technique: The Acclaimed Time Management System That Has Transformed How We Work*. Currency, New York, NY, first edition edition, 2018. ISBN 978-1-5247-6070-0.

Susana Claro and Susanna Loeb. Self-Management skills and student achievement gains: Evidence from California's CORE Districts [Working paper]. *Policy Analysis for California Education*, 2018.

Geoffrey L. Cohen and David K. Sherman. The Psychology of Change: Self-Affirmation and Social Psychological Intervention. *Annual Review of Psychology*, 65(1):333–371, January 2014. ISSN 0066-4308, 1545-2085. doi: 10.1146/annurev-psych-010213-115137.

Geoffrey L. Cohen, Julio Garcia, Valerie Purdie-Vaughns, Nancy Apfel, and Patricia Brzustoski. Recursive Processes in Self-Affirmation: Intervening to Close the Minority Achievement Gap. *Science*, 324(5925):400–403, April 2009. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.1170769.

Jacob Cohen. *Statistical Power Analysis for the Behavioral Sciences (2nd Ed.)*. Routledge, 2nd edition, July 1988. ISBN 978-1-134-74270-7. doi: 10.4324/9780203771587.

Katherine A. Cohen and Jessica L. Schleider. Adolescent dropout from brief digital mental health interventions within and beyond randomized trials. *Internet Interventions*, 27:100496, March 2022. ISSN 22147829. doi: 10.1016/j.invent.2022.100496.

Dylan Colbert, Ian Tyndall, Bryan Roche, and Sarah Cassidy. Can SMART Training Really Increase Intelligence? A Replication Study. *Journal of Behavioral Education*, 27(4):509–531, December 2018. ISSN 1053-0819, 1573-3513. doi: 10.1007/s10864-018-9302-2.

Andrew R. A. Conway and Kristof Kovacs. Working Memory and Intelligence. In Robert J. Sternberg, editor, *The Cambridge Handbook of Intelligence*, pages

504–527. Cambridge University Press, 2 edition, December 2019. ISBN 978-1-108-75581-8 978-1-108-48510-4 978-1-108-71919-3. doi: 10.1017/9781108770422.022.

Danielle L. Cormier, John G. H. Dunn, and Janice Causgrove Dunn. Examining the domain specificity of grit. *Personality and Individual Differences*, 139:349–354, March 2019. ISSN 0191-8869. doi: 10.1016/j.paid.2018.11.026.

J. David Creswell, William T. Welch, Shelley E. Taylor, David K. Sherman, Tara L. Gruenewald, and Traci Mann. Affirmation of Personal Values Buffers Neuroendocrine and Psychological Stress Responses. *Psychological Science*, 16(11):846–851, November 2005. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1111/j.1467-9280.2005.01624.x.

Lee J. Cronbach. Five Perspectives on Validity Argument. In Henry I. Braun and Howard Wainer, editors, *Test Validity*, pages 3–17. L. Erlbaum Associates, Hillsdale, N.J., 1988. ISBN 978-1-136-56452-9.

Edward L Deci and Richard M Ryan. The "whatänd "whyöf goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. *Psychological inquiry*, 11(4):227–268, 2000.

Anne Deiglmayr, Elsbeth Stern, and Renate Schubert. Beliefs in “Brilliance” and Belonging Uncertainty in Male and Female STEM Students. *Frontiers in Psychology*, 10:1114, May 2019. ISSN 1664-1078. doi: 10.3389/fpsyg.2019.01114.

Malte Diederich. Navigating the STEM University Transition - Effects of a Combined Mindset and Learning Strategy Online Intervention, August 2023.

Malte Diederich and Verena Spatz. Welche Rolle spielt das Mindset beim Studienabbruch im MINT-Studium? *Deutsche Physikalische Gesellschaft*, Tagungsband Didaktik der Physik 2022 (virtuelle Frühjahrestagung 2022), 2022.

Malte Diederich, Verena Spatz, Jana Rehberg, and Thomas Wilhelm. Weiterentwicklung einer synergetischen Mindset-Intervention für die MINT-Studieneingangsphase. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Tagungsband 2023 - Band 43 (Jahrestagung in Aachen 2022):551–554, 2023.

Carol I. Diener and Carol S. Dweck. An analysis of learned helplessness: Continuous changes in performance, strategy, and achievement cognitions following failure. *Journal of Personality and Social Psychology*, 36(5):451–462, 1978. ISSN 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.36.5.451.

Åge Diseth, Eivind Meland, and Hans Johan Breidablik. Self-beliefs among students: Grade level and gender differences in self-esteem, self-efficacy and implicit theories of intelligence. *Learning and Individual Differences*, 35:1–8, October 2014. ISSN 10416080. doi: 10.1016/j.lindif.2014.06.003.

Franziska Dobrigkeit, Christoph Matthies, Ralf Teusner, and Michael Perscheid. Joining Forces: Applying Design Thinking Techniques in Scrum Meetings. In Christoph Meinel and Larry Leifer, editors, *Design Thinking Research*, pages 315–345. Springer International Publishing, Cham, 2021. ISBN 978-3-030-76323-7 978-3-030-76324-4. doi: 10.1007/978-3-030-76324-4_17.

Nicola Döring and Jürgen Bortz. *Forschungsmethoden und Evaluation in den Sozial- und Humanwissenschaften*. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-642-41088-8 978-3-642-41089-5. doi: 10.1007/978-3-642-41089-5.

Gulsah Dost and Laura Mazzoli Smith. Understanding higher education students' sense of belonging: A qualitative meta-ethnographic analysis. *Journal of Further and Higher Education*, 47(6):822–849, July 2023. ISSN 0309-877X, 1469-9486. doi: 10.1080/0309877X.2023.2191176.

B. Draganski, C. Gaser, G. Kempermann, H. G. Kuhn, J. Winkler, C. Buchel, and A. May. Temporal and Spatial Dynamics of Brain Structure Changes during Extensive Learning. *Journal of Neuroscience*, 26(23):6314–6317, June 2006. ISSN 0270-6474, 1529-2401. doi: 10.1523/JNEUROSCI.4628-05.2006.

Markus Dresel and Robert Grassinger. Changes in Achievement Motivation among University Freshmen. *Journal of Education and Training Studies*, 1(2):159–173, June 2013. ISSN 2324-8068, 2324-805X. doi: 10.11114/jets.v1i2.147.

Markus Dresel and Albert Ziegler. Langfristige Förderung von Fähigkeitsselbstkonzept und impliziter Fähigkeitstheorie durch computerbasiertes attributionales Feedback. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 20(1/2):49–63, January 2006. ISSN 1010-0652, 1664-2910. doi: 10.1024/1010-0652.20.12.49.

Joenna Driemeyer, Janina Boyke, Christian Gaser, Christian Büchel, and Arne May. Changes in Gray Matter Induced by Learning—Revisited. *PLoS ONE*, 3(7):e2669, July 2008. ISSN 1932-6203. doi: 10.1371/journal.pone.0002669.

Georg Düchs and Gert-Ludwig Ingold. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2018. 8/9, 2018.

Georg Düchs and Klaus Mecke. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2019. 8/9, 2019.

Angela Duckworth. *Grit: Why Passion and Resilience Are the Secrets to Success*. Vermilion, London, 2017. ISBN 978-1-78504-020-7.

Angela L. Duckworth. 12-ItemGritScale. https://angeladuckworth.com/research/, 2013.

Angela L. Duckworth, Christopher Peterson, Michael D. Matthews, and Dennis R. Kelly. Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6):1087–1101, 2007. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.92.6.1087.

William P. Dunlap, Jose M. Cortina, Joel B. Vaslow, and Michael J. Burke. Meta-analysis of experiments with matched groups or repeated measures designs. *Psychological Methods*, 1(2):170–177, June 1996. ISSN 1939-1463, 1082-989X. doi: 10.1037/1082-989X.1.2.170.

John Dunlosky. Strengthening the Student Toolbox: Study Strategies to Boost Learning. *American Educator*, 37(3), 2013. ISSN ISSN-0148-432X.

John Dunlosky, Katherine A. Rawson, Elizabeth J. Marsh, Mitchell J. Nathan, and Daniel T. Willingham. Improving Students' Learning With Effective Learning Techniques: Promising Directions From Cognitive and Educational Psychology. *Psychological Science in the Public Interest*, 14(1):4–58, January 2013. ISSN 1529-1006, 1539-6053. doi: 10.1177/1529100612453266.

Carol S. Dweck. The role of expectations and attributions in the alleviation of learned helplessness. *Journal of Personality and Social Psychology*, 31(4):674–685, April 1975. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/h0077149.

Carol S. Dweck. *Self-Theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development.* Self-Theories: Their Role in Motivation, Personality, and Development. Psychology Press, New York, NY, US, 1999. ISBN 0-86377-570-5 (Hardcover).

Carol S. Dweck. The development of ability conceptions. In *Development of Achievement Motivation*, pages 57–88. 2002.

Carol S. Dweck. Is Math a Gift? Beliefs That Put Females at Risk. In Stephen J. Ceci and Wendy M. Williams, editors, *Why Aren't More Women in Science?: Top Researchers Debate the Evidence.*, pages 47–55. American Psychological Association, Washington, 2007. ISBN 978-1-59147-485-2. doi: 10.1037/11546-004.

Carol S. Dweck. *Mindset - The New Psychology of Success*. Ballantine Books, New York, ballantine books trade pbk. ed edition, 2008a. ISBN 978-0-345-47232-8.

Carol S. Dweck. Mindsets and Math/Science Achievement. 2008b.

Carol S. Dweck. From needs to goals and representations: Foundations for a unified theory of motivation, personality, and development. *Psychological Review*, 124(6): 689–719, November 2017. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/rev0000082.

Carol S. Dweck. The Choice to Make a Difference. *Perspectives on Psychological Science*, 14(1):21–25, January 2019. ISSN 1745-6916, 1745-6924. doi: 10.1177/

1745691618804180.

Carol S. Dweck and Ellen L. Leggett. A social^cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95(2):256–273, 1988. ISSN 0033-295X. doi: 10.1037/0033-295X.95.2.256.

Carol S. Dweck and N. Dickon Reppucci. Learned helplessness and reinforcement responsibility in children. *Journal of Personality and Social Psychology*, 25(1): 109–116, 1973. ISSN 0022-3514. doi: 10.1037/h0034248.

Carol S. Dweck and Lisa A. Sorich. *Coping: The Psychology of What Works*. Oxford University Press, New York, 1999. ISBN 978-0-19-511934-3. doi: 10.1093/med:psych/9780195119343.003.0011.

Carol S. Dweck and David S. Yeager. Mindsets: A View From Two Eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3):481–496, May 2019. ISSN 1745-6916, 1745-6924. doi: 10.1177/1745691618804166.

Carol S. Dweck, Chi-yue Chiu, and Ying-yi Hong. Implicit Theories and Their Role in Judgments and Reactions: A Word From Two Perspectives. *Psychological Inquiry*, 6(4):267–285, October 1995a. ISSN 1047-840X, 1532-7965. doi: 10.1207/s15327965pli0604_1.

Carol S. Dweck, Chi-yue Chiu, and Ying-yi Hong. Implicit Theories and Their Role in Judgments and Reactions: A Word From Two Perspectives. *Psychological Inquiry*, 6(4):267–285, October 1995b. ISSN 1047-840X, 1532-7965. doi: 10.1207/s15327965pli0604_1.

Joyce Ehrlinger and E Ashley Shain. How accuracy in students' self perceptions relates to success in learning. *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum*, pages 142–151, 2014.

Joyce Ehrlinger, Ainsley L. Mitchum, and Carol S. Dweck. Understanding overconfidence: Theories of intelligence, preferential attention, and distorted self-assessment. *Journal of Experimental Social Psychology*, 63:94–100, March 2016. ISSN 00221031. doi: 10.1016/j.jesp.2015.11.001.

Michael Eid, Mario Gollwitzer, and Manfred Schmitt. *Statistik und Forschungsmethoden: mit Online-Materialien*. Beltz, Weinheim Basel, 5., korrigierte auflage edition, 2017. ISBN 978-3-621-28248-2 978-3-621-28201-7.

Ejersbo and Magnusson. *Handbook of Design Research Methods in Education: Innovations in Science, Technology, Engineering, and Mathematics Learning and Teaching*. Routledge, New York : London, 2008. ISBN 978-0-8058-6058-0 978-0-8058-6059-7.

Elaine S. Elliott and Carol S. Dweck. Goals: An approach to motivation and achievement. *Journal of Personality and Social Psychology*, 54(1):5–12, 1988. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.54.1.5.

Stefan Engeser. Messung des expliziten Leistungsmotivs: Kurzform der Achievement Motives Scale. 2005.

K. Anders Ericsson, Ralf T. Krampe, and Clemens Tesch-Römer. The role of deliberate practice in the acquisition of expert performance. *Psychological Review*, 100(3):363–406, 1993. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/0033-295X.100.3.363.

Peter S. Eriksson, Ekaterina Perfilieva, Thomas Björk-Eriksson, Ann-Marie Alborn, Claes Nordborg, Daniel A. Peterson, and Fred H. Gage. Neurogenesis in the adult human hippocampus. *Nature Medicine*, 4(11):1313–1317, November 1998. ISSN 1078-8956, 1546-170X. doi: 10.1038/3305.

Thommy Eriksson, Tom Adawi, and Christian Stöhr. "Time is the bottleneck": A qualitative study exploring why learners drop out of MOOCs. *Journal of Computing in Higher Education*, 29(1):133–146, April 2017. ISSN 1042-1726, 1867-1233. doi: 10.1007/s12528-016-9127-8.

Günter Faber, editor. *Selbstkonzept, Kausalattributionen und Leistungsangst im Rechtschreiben: schulfachspezifische Analysen zu den Selbsteinschätzungen von Grundschulkindern*. AV Akademikerverlag, Saarbrücken, 2. vollst. überarb. u. erw. neuaufl edition, 2012. ISBN 978-3-639-42411-9.

Andy P. Field. *Discovering Statistics Using IBM SPSS Statistics: And Sex and Drugs and Rock 'n' Roll*. Sage, Los Angeles, 4th edition edition, 2013. ISBN 978-1-4462-4917-8 978-1-4462-4918-5.

Nadine Fischer, Theresa Pfeiffer, and Oliver Dickhäuser. *Stark im Scheitern - Motivation nach Misserfolgen: Motivationsförderung im Arbeitskontext*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2021. ISBN 978-3-658-33280-8 978-3-658-33281-5. doi: 10.1007/978-3-658-33281-5.

Abraham E. Flanigan, Markeya S. Peteranetz, Duane F. Shell, and Leen-Kiat Soh. Implicit intelligence beliefs of computer science students: Exploring change across the semester. *Contemporary Educational Psychology*, 48:179–196, January 2017. ISSN 0361476X. doi: 10.1016/j.cedpsych.2016.10.003.

Johanna Fleckenstein, Fabian T. C. Schmidt, and Jens Möller. Wer hat Biss? Beharrlichkeit und beständiges Interesse von Lehramtsstudierenden. Eine deutsche

Adaptation der 12-Item Grit Scale. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61 (4):281, September 2014. ISSN 0342-183X. doi: 10.2378/peu2014.art22d.

Theresa Fleming, Lynda Bavin, Mathijs Lucassen, Karolina Stasiak, Sarah Hopkins, and Sally Merry. Beyond the Trial: Systematic Review of Real-World Uptake and Engagement With Digital Self-Help Interventions for Depression, Low Mood, or Anxiety. *Journal of Medical Internet Research*, 20(6):e199, June 2018. ISSN 1438-8871. doi: 10.2196/jmir.9275.

James R. Flynn. Massive IQ gains in 14 nations: What IQ tests really measure. *Psychological Bulletin*, 101(2):171–191, March 1987. ISSN 1939-1455, 0033-2909. doi: 10.1037/0033-2909.101.2.171.

Dieter Frey, editor. *Psychologie der Werte*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-662-48013-7 978-3-662-48014-4. doi: 10.1007/978-3-662-48014-4.

Katja Freyer. *Zum Einfluss von Studieneingangsvoraussetzungen auf den Studienerfolg Erstsemesterstudierender im Fach Chemie*. Doktorarbeit, Universität Duisburg-Essen, 2013.

Christian Fruböse. Der ungeliebte Physikunterricht. *MNU - Verlag Klaus Seeberger, Neuss*, 63/7:388–392, 2010. ISSN 0025-5866.

Susanne Frühauf. *Bereichsspezifische schulische Selbstkonzepte bei Grundschulkindern: Operationalisierung und Validierung eines hypothetischen Konstrukts*. PhD thesis, Kovač, Hamburg, 2008.

Eva Furrer. p-hacking – kein Kavaliersdelikt, November 2019.

Matthew Fyfield, Michael Henderson, and Michael Phillips. 25 principles for effective instructional video design. *ASCILITE Publications*, pages 418–423, September 2022. ISSN 2653-665X. doi: 10.14742/apubs.2019.299.

Kathleen Gali, Sabrina Kastaun, Claudia R. Pischke, and Daniel Kotz. Trends and consumption patterns in the use of e-cigarettes among adolescents and young adults in Germany (the DEBRA study). *Addictive Behaviors*, 133:107375, October 2022. ISSN 03064603. doi: 10.1016/j.addbeh.2022.107375.

Alejandro J. Ganimian. Growth-Mindset Interventions at Scale: Experimental Evidence From Argentina. *Educational Evaluation and Policy Analysis*, 42(3):417–438, September 2020. ISSN 0162-3737, 1935-1062. doi: 10.3102/0162373720938041.

Howard Gardner. *Multiple Intelligences: New Horizons*. BasicBooks, New York, completely rev. and updated edition, 2006. ISBN 978-0-465-04768-0.

Vjenka Garms-Homolová. *Sozialpsychologie der Einstellungen und Urteilsbildung: Lässt sich menschliches Verhalten vorhersagen?* Psychologie für Studium und Beruf. Springer, Berlin, 2020. ISBN 978-3-662-62433-3.

Gerald F. Gebhart and Robert F. Schmidt, editors. *DSM-IV, DSM-IVR.* Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2013. ISBN 978-3-642-28752-7 978-3-642-28753-4. doi: 10.1007/978-3-642-28753-4_100651.

Gerd Gigerenzer and Wolfgang Gaissmaier. Heuristic Decision Making. *Annual Review of Psychology*, 62(1):451–482, January 2011. ISSN 0066-4308, 1545-2085. doi: 10.1146/annurev-psych-120709-145346.

Jaap Glerum, Sofie M. M. Loyens, and Remy M. J. P. Rikers. Mind your mindset. An empirical study of mindset in secondary vocational education and training. *Educational Studies*, 46(3):273–281, May 2020. ISSN 0305-5698, 1465-3400. doi: 10.1080/03055698.2019.1573658.

Paul W. Glimcher. Understanding dopamine and reinforcement learning: The dopamine reward prediction error hypothesis. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(supplement_3):15647–15654, September 2011. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.1014269108.

Laura Goldhorn. *Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik - eine Interviewstudie.* Wissenschaftliche Hausarbeit, July 2017.

Laura Goldhorn and Verena Spatz. Mindsets im Fach Physik – eine Interviewstudie. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Tagungsband 2018 - Band 38 (Jahrestagung in Regensburg 2017):182–185, 2018.

Eleftheria Gonida, Grigoris Kiosseoglou, and Angeliki Leondari. Implicit theories of intelligence, perceived academic competence, and school achievement: Testing alternative models. *The American Journal of Psychology*, 119(2):223–238, 2006. ISSN 0002-9556.

Catherine Good, Joshua Aronson, and Michael Inzlicht. Improving adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 24(6):645–662, December 2003. ISSN 01933973. doi: 10.1016/j.appdev.2003.09.002.

Alison Gopnik. Scientific Thinking in Young Children: Theoretical Advances, Empirical Research, and Policy Implications. *Science*, 337(6102):1623–1627, September 2012. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.1223416.

Thomas Götz, editor. *Emotion, Motivation und selbstreguliertes Lernen.* Number 3481 in UTB Pädagogische Psychologie, Schulpädagogik. Ferdinand Schöningh,

Paderborn, 2., aktualisierte auflage edition, 2017. ISBN 978-3-8252-4813-0.

Heidi Grant and Carol S. Dweck. Clarifying Achievement Goals and Their Impact. *Journal of Personality and Social Psychology*, 85(3):541–553, 2003. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.85.3.541.

Sarah A. Gray, Peter Fettes, Steven Woltering, Karizma Mawjee, and Rosemary Tannock. Symptom Manifestation and Impairments in College Students With ADHD. *Journal of Learning Disabilities*, 49(6):616–630, November 2016. ISSN 0022-2194, 1538-4780. doi: 10.1177/0022219415576523.

Werner Greve, editor. *Psychologie des Selbst*. Beltz, Psychologie-Verl.-Union, Weinheim, 2000. ISBN 978-3-621-27462-3.

Christopher Gros. *Weiterentwicklung eines Fragebogens zu den Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik*. Wissenschaftliche Hausarbeit, November 2017.

Thomas Gruber. *Gedächtnis*. Basiswissen Psychologie. Springer, Berlin, Germany [Heidelberg], 2., überarbeitete auflage edition, 2018. ISBN 978-3-662-56362-5 978-3-662-56361-8.

Rosanna E. Guadagno, Nicole L. Muscanell, Lindsay M. Rice, and Nicole Roberts. Social influence online: The impact of social validation and likability on compliance. *Psychology of Popular Media Culture*, 2(1):51–60, January 2013. ISSN 2160-4142, 2160-4134. doi: 10.1037/a0030592.

Richard Gunstone. Advance Organizer. In *Encyclopedia of Science Education*, pages 19–19. Springer Netherlands, Dordrecht, 2015. ISBN 978-94-007-2149-4 978-94-007-2150-0. doi: 10.1007/978-94-007-2150-0_100001.

Michael Gurven, Christopher von Rueden, Maxim Massenkoff, Hillard Kaplan, and Marino Lero Vie. How universal is the Big Five? Testing the five-factor model of personality variation among forager–farmers in the Bolivian Amazon. *Journal of Personality and Social Psychology*, 104(2):354–370, February 2013. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/a0030841.

Claudia Haagen-Schützenhöfer, Markus Obczovsky, and Paula Kislinger. Design-based research–Tension between practical relevance and knowledge generation–What can we learn from projects? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(1):em2378, January 2024. ISSN 1305-8215, 1305-8223. doi: 10.29333/ejmste/13928.

Sebastian Haase, Jürgen Kirstein, and Volkhard Nordmeier. tet.folio: Neue Ansätze zur digitalen Unterstützung individualisierten Lernens. *DPG Frühjahrstagung –*

Hannover 2016, 2016.

T. Hailikari, N. Katajavuori, and H. Asikainen. Understanding procrastination: A case of a study skills course. *Social Psychology of Education*, 24(2):589–606, April 2021. ISSN 1381-2890, 1573-1928. doi: 10.1007/s11218-021-09621-2.

Lisa Handke and Luisa Barthauer. Heider (1958): The Psychology of Interpersonal Relations. In Boris Holzer and Christian Stegbauer, editors, *Schlüsselwerke Der Netzwerkforschung*, pages 259–262. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2019. ISBN 978-3-658-21741-9 978-3-658-21742-6. doi: 10.1007/978-3-658-21742-6_59.

Judith M. Harackiewicz and Stacy J. Priniski. Improving Student Outcomes in Higher Education: The Science of Targeted Intervention. *Annual Review of Psychology*, 69(1):409–435, January 2018. ISSN 0066-4308, 1545-2085. doi: 10.1146/annurev-psych-122216-011725.

Bettina Harder. Deliberate Practice https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/deliberate-practice. *Dorsch - Lexikon der Psychologie*, August 2019.

Marissa K. Hartwig and John Dunlosky. Study strategies of college students: Are self-testing and scheduling related to achievement? *Psychonomic Bulletin & Review*, 19(1):126–134, February 2012. ISSN 1069-9384, 1531-5320. doi: 10.3758/s13423-011-0181-y.

Paul Harvey and Mark J Martinko. Attribution theory and motivation. *Organizational behavior, theory and design in health care*, pages 143–158, 2009.

Claire M. A. Haworth, Margaret J. Wright, Nicolas W. Martin, Nicholas G. Martin, Dorret I. Boomsma, Meike Bartels, Danielle Posthuma, Oliver S. P. Davis, Angela M. Brant, Robin P. Corley, John K. Hewitt, William G. Iacono, Matthew McGue, Lee A. Thompson, Sara A. Hart, Stephen A. Petrill, David Lubinski, and Robert Plomin. A Twin Study of the Genetics of High Cognitive Ability Selected from 11,000 Twin Pairs in Six Studies from Four Countries. *Behavior Genetics*, 39(4):359–370, July 2009. ISSN 0001-8244, 1573-3297. doi: 10.1007/s10519-009-9262-3.

Zahra Hazari, Robert H. Tai, and Philip M. Sadler. Gender differences in introductory university physics performance: The influence of high school physics preparation and affective factors. *Science Education*, 91(6):847–876, November 2007. ISSN 00368326, 1098237X. doi: 10.1002/sce.20223.

Donald O. Hebb. *The Organization of Behavior - A Neuropsychological Theory*, volume 50. JOHN WHAT & SONS. INC., New York, 1949.

Cameron A. Hecht, David S. Yeager, Carol S. Dweck, and Mary C. Murphy. Beliefs, affordances, and adolescent development: Lessons from a decade of growth mindset interventions. In *Advances in Child Development and Behavior*, volume 61, pages 169–197. Elsevier, 2021. ISBN 978-0-12-824577-4. doi: 10.1016/bs.acdb.2021.04.004.

Jutta Heckhausen and Heinz Heckhausen, editors. *Motivation und Handeln*. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin [Heidelberg], 5., überarbeitete und erweiterte auflage edition, 2018a. ISBN 978-3-662-53926-2. doi: 10.1007/978-3-662-53927-9.

Jutta Heckhausen and Heinz Heckhausen, editors. *Motivation and Action*. Springer International Publishing, Cham, 2018b. ISBN 978-3-319-65093-7 978-3-319-65094-4. doi: 10.1007/978-3-319-65094-4.

Fritz Heider. *The Psychology of Interpersonal Relations.* John Wiley & Sons Inc, Hoboken, 1958. doi: 10.1037/10628-000.

Aiso Heinze, Irene Neumann, and Colin Jeschke. Predicting Early Dropout from University Mathematics: A Measure of Mathematics-Specific Academic Buoyancy. *Csíkos, C., Rausch, A., & Szitányi J., (Hrsg.): Proceedings of the 40th Conference of the International Group for the Psychology of Mathematics Education, Szeged, Ungarn: PME*, Band 3:43–50, 2016.

Ilke Heller, Stefanie Von Andrian, David Stahmann, and Verena Gehrmann-Linnerth. *Der Design Thinking Ansatz*, pages 19–25. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2020. ISBN 978-3-658-29839-5 978-3-658-29840-1. doi: 10.1007/978-3-658-29840-1_3.

Astrid Herbold. Schwer kalkulierbares Risiko. *Der Tagesspiegel Online*, November 2017. ISSN 1865-2263.

Sibylle C. Herholz and Robert J. Zatorre. Musical Training as a Framework for Brain Plasticity: Behavior, Function, and Structure. *Neuron*, 76(3):486–502, November 2012. ISSN 08966273. doi: 10.1016/j.neuron.2012.10.011.

Ulrich Heublein and Robert Schmelzer. *Die Entwicklung Der Studienabbruchquoten an Den Deutschen Hochschulen.* DZHW-Projektbericht. 2018.

Ulrich Heublein and Andrä Wolter. Studienabbruch in Deutschland. Definition, Häufigkeit, Ursachen, Maßnahmen. *Zeitschrift für Pädagogik*, Jahrgang 57 - Heft 2:214–236, März/April 2011.

Ulrich Heublein, Julia Ebert, Christopher Hutzsch, Sören Isleib, Richard König, Johanna Richter, and Andreas Woisch. *Zwischen Studienerwartungen und Studienwirklichkeit*. Number 2017, 1 in Forum Hochschule. DZHW, Deutsches Zentrum für Hochschul- und Wissenschaftsforschung, Hannover, 2017. ISBN 978-3-86426-055-1.

Ulrich Heublein, Christopher Hutzsch, and Robert Schmelzer. Die Entwicklung der Studienabbruchquoten in Deutschland. *DZHW Brief*, 2022. doi: 10.34878/2022.05.DZHW_BRIEF.

Anke Heyder, Anne F. Weidinger, and Ricarda Steinmayr. Only a Burden for Females in Math? Gender and Domain Differences in the Relation Between Adolescents' Fixed Mindsets and Motivation. *Journal of Youth and Adolescence*, 50(1):177–188, January 2021. ISSN 0047-2891, 1573-6601. doi: 10.1007/s10964-020-01345-4.

E.Tory Higgins and William S Rholes. "Saying is believing": Effects of message modification on memory and liking for the person described. *Journal of Experimental Social Psychology*, 14(4):363–378, July 1978. ISSN 00221031. doi: 10.1016/0022-1031(78)90032-X.

W. David Hill, Ruben C. Arslan, Charley Xia, Michelle Luciano, Carmen Amador, Pau Navarro, Caroline Hayward, Reka Nagy, David J. Porteous, Andrew M. McIntosh, Ian J. Deary, Chris S. Haley, and Lars Penke. Genomic analysis of family data reveals additional genetic effects on intelligence and personality. *Molecular Psychiatry*, 23(12):2347–2362, December 2018. ISSN 1359-4184, 1476-5578. doi: 10.1038/s41380-017-0005-1.

Donald S. Hiroto and Martin E. Seligman. Generality of learned helplessness in man. *Journal of Personality and Social Psychology*, 31(2):311–327, February 1975. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/h0076270.

Ying-yi Hong, Chi-yue Chiu, Carol S. Dweck, Derrick M.-S. Lin, and Wendy Wan. Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(3):588–599, 1999. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.77.3.588.

Li-tze Hu and Peter M. Bentler. Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1):1–55, January 1999. ISSN 1070-5511, 1532-8007. doi: 10.1080/10705519909540118.

Job Hudig, Ad W. A. Scheepers, Michaéla C. Schippers, and Guus Smeets. Motivational Mindsets and Reasons for Studying: Development and Validation of a Classification Tool. *Frontiers in Psychology*, 11:535801, December 2020. ISSN 1664-1078. doi: 10.3389/fpsyg.2020.535801.

Krista L. Hyde, Jason Lerch, Andrea Norton, Marie Forgeard, Ellen Winner, Alan C. Evans, and Gottfried Schlaug. Musical Training Shapes Structural Brain Development. *The Journal of Neuroscience*, 29(10):3019–3025, March 2009. ISSN

0270-6474, 1529-2401. doi: 10.1523/JNEUROSCI.5118-08.2009.

Michael Inzlicht, Amitai Shenhav, and Christopher Y. Olivola. The Effort Paradox: Effort Is Both Costly and Valued. *Trends in Cognitive Sciences*, 22(4):337–349, April 2018. ISSN 13646613. doi: 10.1016/j.tics.2018.01.007.

Susanne M. Jaeggi, Martin Buschkuehl, John Jonides, and Priti Shah. Short- and long-term benefits of cognitive training. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 108(25):10081–10086, June 2011. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.1103228108.

Max P. Jansen. Reconfigurations of Social Structures and the Impostor Phenomenon (IP) - A Profound Sociological Perspective and an Innovative Empirical Research Design, February 2023.

Jürgen Janssen and Wilfried Laatz. *Statistische Datenanalyse mit SPSS: eine anwendungsorientierte Einführung in das Basissystem und das Modul Exakte Tests*. Springer Gabler, Berlin [Heidelberg], 9., überarbeitete und erweiterte auflage edition, 2017. ISBN 978-3-662-53477-9 978-3-662-53476-2. doi: 10.1007/978-3-662-53477-9.

Matthias Jerusalem and Diether Hopf. Selbstwirksamkeit und Motivationsprozesse in Bildungsinstitutionen. *DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation*, page 214, 2002. doi: 10.25656/01:7863.

Matthias Jerusalem and Ralf Schwarzer, editors. *Skalen zur Erfassung von Lehrer- und Schülermerkmalen: Dokumentation der psychometrischen Verfahren im Rahmen der wissenschaftlichen Begleitung des Modellversuchs Selbstwirksame Schulen*. R. Schwarzer, Berlin, 1999. ISBN 978-3-00-003708-5.

Christopher J. Johnstone, Sandra J. Thompson, Nicole A. Bottsford-Miller, and Martha L. Thurlow. Universal Design and Multimethod Approaches to Item Review. *Educational Measurement: Issues and Practice*, 27(1):25–36, March 2008. ISSN 0731-1745, 1745-3992. doi: 10.1111/j.1745-3992.2008.00112.x.

Klaus Jonas and Felix C. Brodbeck, editors. *Sozialpsychologie: mit ... 25 Tabellen*. Lehrbuch. Springer, Berlin, 6., vollst. überarb. aufl edition, 2014. ISBN 978-3-642-41090-1.

Z. Yasemin Kalender, Emily Marshman, Christian D. Schunn, Timothy J. Nokes-Malach, and Chandralekha Singh. Framework for unpacking students' mindsets in physics by gender. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1):010116, February 2022. ISSN 2469-9896. doi: 10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010116.

Melissa L. Kamins and Carol S. Dweck. Person versus process praise and criticism: Implications for contingent self-worth and coping. *Developmental Psychology*, 35(3): 835–847, May 1999. ISSN 1939-0599, 0012-1649. doi: 10.1037/0012-1649.35.3.835.

Michael T. Kane. Validating the Interpretations and Uses of Test Scores: Validating the Interpretations and Uses of Test Scores. *Journal of Educational Measurement*, 50(1):1–73, March 2013. ISSN 00220655. doi: 10.1111/jedm.12000.

Jeffrey D. Karpicke and Althea Bauernschmidt. Spaced retrieval: Absolute spacing enhances learning regardless of relative spacing. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(5):1250–1257, 2011. ISSN 1939-1285, 0278-7393. doi: 10.1037/a0023436.

Jeffrey D. Karpicke and Janell R. Blunt. Retrieval Practice Produces More Learning than Elaborative Studying with Concept Mapping. *Science*, 331(6018):772–775, February 2011. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.1199327.

Jeffrey D. Karpicke, Andrew C. Butler, and Henry L. Roediger Iii. Metacognitive strategies in student learning: Do students practise retrieval when they study on their own? *Memory*, 17(4):471–479, April 2009. ISSN 0965-8211, 1464-0686. doi: 10.1080/09658210802647009.

Gerd Kempermann. Delayed gratification in the adult brain. *eLife*, 9:e59786, July 2020. ISSN 2050-084X. doi: 10.7554/eLife.59786.

Dushiyanthini (Toni) Kenthirarajah and Gregory M. Walton. How Brief Social-Psychological Interventions Can Cause Enduring Effects. In Robert A Scott and Stephan M Kosslyn, editors, *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences*, pages 1–15. Wiley, 1 edition, May 2015. ISBN 978-1-118-90077-2. doi: 10.1002/9781118900772.etrds0026.

Karlo Kimer. Consumption analysis of youtube's entertaining and educational content from fifth to the eighth class of primary school. *Život i škola*, 67(1):45–62, October 2021. ISSN 18490972, 00444855. doi: 10.32903/zs.67.1.3.

Asher Koriat and Robert A. Bjork. Illusions of Competence in Monitoring One's Knowledge During Study. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 31(2):187–194, 2005. ISSN 1939-1285, 0278-7393. doi: 10.1037/0278-7393.31.2.187.

Asher Koriat and Robert A. Bjork. Illusions of competence during study can be remedied by manipulations that enhance learners' sensitivity to retrieval conditions at test. *Memory & Cognition*, 34(5):959–972, July 2006. ISSN 0090-502X, 1532-5946. doi: 10.3758/BF03193244.

Georg Krammer and Barbara Pflanzl. Faking von Persönlichkeitseigenschaften bei Zulassungsverfahren für Lehramtsstudien. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 29(3-4):205–214, October 2015. ISSN 1010-0652, 1664-2910. doi: 10.1024/1010-0652/a000161.

Dirk Krüger, Ilka Parchmann, and Horst Schecker, editors. *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2014. ISBN 978-3-642-37826-3 978-3-642-37827-0. doi: 10.1007/978-3-642-37827-0.

Tim Kühl, Alexander Eitel, Gregor Damnik, and Hermann Körndle. The impact of disfluency, pacing, and students' need for cognition on learning with multimedia. *Computers in Human Behavior*, 35:189–198, June 2014. ISSN 07475632. doi: 10.1016/j.chb.2014.03.004.

Eckehard Kuhlmei. *Lerne mit uns komplexe Statistik!: Drei Studis erklären fortgeschrittene statistische Verfahren und ihre SPSS-Anwendungen*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2020. ISBN 978-3-662-61750-2 978-3-662-61751-9. doi: 10.1007/978-3-662-61751-9.

G. Tarcan Kumkale and Dolores Albarracín. The Sleeper Effect in Persuasion: A Meta-Analytic Review. *Psychological Bulletin*, 130(1):143–172, January 2004. ISSN 1939-1455, 0033-2909. doi: 10.1037/0033-2909.130.1.143.

Ursula Kusay-Merkle. *Agiles Projektmanagement im Berufsalltag: Für mittlere und kleine Projekte*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2021. ISBN 978-3-662-62809-6 978-3-662-62810-2. doi: 10.1007/978-3-662-62810-2.

Jennifer LaCosse, Elizabeth A. Canning, Nicholas A. Bowman, Mary C. Murphy, and Christine Logel. A social-belonging intervention improves STEM outcomes for students who speak English as a second language. *Science Advances*, 6(40): eabb6543, October 2020. ISSN 2375-2548. doi: 10.1126/sciadv.abb6543.

Jonas W.B. Lang and Stefan Fries. A Revised 10-Item Version of the Achievement Motives Scale. *European Journal of Psychological Assessment*, 22(3):216–224, January 2006. ISSN 1015-5759, 2151-2426. doi: 10.1027/1015-5759.22.3.216.

Douglas P Larsen, Andrew C Butler, and Henry L Roediger Iii. Comparative effects of test-enhanced learning and self-explanation on long-term retention. *Medical Education*, 47(7):674–682, July 2013. ISSN 03080110. doi: 10.1111/medu.12141.

Andrew B. Leber, Nicholas B. Turk-Browne, and Marvin M. Chun. Neural predictors of moment-to-moment fluctuations in cognitive flexibility. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 105(36):13592–13597, September 2008. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.0805423105.

Sarah-Jane Leslie, Andrei Cimpian, Meredith Meyer, and Edward Freeland. Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*, 347(6219):262–265, January 2015. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.1261375.

Sheri R. Levy, Tara L. West, Luisa Ramirez, and Dina M. Karafantis. The Protestant Work Ethic: A Lay Theory with Dual Intergroup Implications. *Group Processes & Intergroup Relations*, 9(1):95–115, January 2006. ISSN 1368-4302, 1461-7188. doi: 10.1177/1368430206059874.

Lisa Limeri, Nathan T Carter, Franchesca Lyra, Joel Martin, Halle Mastronardo, Jay Patel, and Erin L Dolan. Undergraduate Lay Theories of Abilities: Mindset, universality, and brilliance beliefs uniquely predict undergraduate educational outcomes. Preprint, PsyArXiv, May 2022.

Lisa B. Limeri, Nathan T. Carter, Jun Choe, Hannah G. Harper, Hannah R. Martin, Annaleigh Benton, and Erin L. Dolan. Growing a growth mindset: Characterizing how and why undergraduate students' mindsets change. *International Journal of STEM Education*, 7(1):35, December 2020a. ISSN 2196-7822. doi: 10.1186/s40594-020-00227-2.

Lisa B. Limeri, Jun Choe, Hannah G. Harper, Hannah R. Martin, Annaleigh Benton, and Erin L. Dolan. Knowledge or Abilities? How Undergraduates Define Intelligence. *CBE—Life Sciences Education*, 19(1):ar5, March 2020b. ISSN 1931-7913. doi: 10.1187/cbe.19-09-0169.

Xiaodong Lin-Siegler, Janet N. Ahn, Jondou Chen, Fu-Fen Anny Fang, and Myra Luna-Lucero. Even Einstein struggled: Effects of learning about great scientists' struggles on high school students' motivation to learn science. *Journal of Educational Psychology*, 108(3):314–328, April 2016. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/edu0000092.

Shaun Liverpool, Catarina Pinheiro Mota, Célia M D Sales, Anja Čuš, Sara Carletto, Camellia Hancheva, Sónia Sousa, Sonia Conejo Cerón, Patricia Moreno-Peral, Giada Pietrabissa, Bettina Moltrecht, Randi Ulberg, Nuno Ferreira, and Julian Edbrooke-Childs. Engaging Children and Young People in Digital Mental Health Interventions: Systematic Review of Modes of Delivery, Facilitators, and Barriers. *Journal of Medical Internet Research*, 22(6):e16317, June 2020. ISSN 1438-8871. doi: 10.2196/16317.

Arnold Lohaus and Marc Vierhaus. *Entwicklungspsychologie des Kindes- und Jugendalters für Bachelor*. Lehrbuch. Springer, Berlin, 4., vollständig überarbeitete

auflage edition, 2019. ISBN 978-3-662-59191-8. doi: 10.1007/978-3-662-59192-5.

Daniel H. Lowenstein and Jack M. Parent. Brain, Heal Thyself. *Science*, 283(5405): 1126–1127, February 1999. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.283.5405.1126.

Marko Lüftenegger and Jason A. Chen. Conceptual Issues and Assessment of Implicit Theories. *Zeitschrift für Psychologie*, 225(2):99–106, April 2017. ISSN 2190-8370, 2151-2604. doi: 10.1027/2151-2604/a000286.

Wolfgang Lutz, Sebastian Haase, Jan-Philipp Burde, Thomas Wilhelm, and Thomas Trefzger. Ein interaktiver Lehrgang zur geometrischen Optik auf tet.folio. *DPG Frühjahrstagung – Online 2021*, 2021.

Alexander Maedche, Shirley Gregor, Stefan Morana, and Jasper Feine. Conceptualization of the Problem Space in Design Science Research. In Bengisu Tulu, Soussan Djamasbi, and Gondy Leroy, editors, *Extending the Boundaries of Design Science Theory and Practice*, volume 11491, pages 18–31. Springer International Publishing, Cham, 2019. ISBN 978-3-030-19503-8 978-3-030-19504-5. doi: 10.1007/978-3-030-19504-5_2.

Eleanor A. Maguire, David G. Gadian, Ingrid S. Johnsrude, Catriona D. Good, John Ashburner, Richard S. J. Frackowiak, and Christopher D. Frith. Navigation-related structural change in the hippocampi of taxi drivers. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 97(8):4398–4403, April 2000. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.070039597.

Steven F. Maier and Martin E. Seligman. Learned helplessness: Theory and evidence. *Journal of Experimental Psychology: General*, 105(1):3–46, 1976. ISSN 0096-3445. doi: 10.1037/0096-3445.105.1.3.

Steven F. Maier and Martin E. P. Seligman. Learned helplessness at fifty: Insights from neuroscience. *Psychological Review*, 123(4):349–367, July 2016. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/rev0000033.

Jennifer A. Mangels, Brady Butterfield, Justin Lamb, Catherine Good, and Carol S. Dweck. Why do beliefs about intelligence influence learning success? A social cognitive neuroscience model. *Social Cognitive and Affective Neuroscience*, 1(2): 75–86, September 2006. ISSN 1749-5024, 1749-5016. doi: 10.1093/scan/nsl013.

Andrew J. Martin and Herbert W. Marsh. Workplace and Academic Buoyancy: Psychometric Assessment and Construct Validity Amongst School Personnel and Students. *Journal of Psychoeducational Assessment*, 26(2):168–184, June 2008. ISSN 0734-2829, 1557-5144. doi: 10.1177/0734282907313767.

Andrew J. Martin, Herbert W. Marsh, Alan Williamson, and Raymond L. Debus. Self-handicapping, defensive pessimism, and goal orientation: A qualitative study of university students. *Journal of Educational Psychology*, 95(3):617–628, 2003. ISSN 0022-0663. doi: 10.1037/0022-0663.95.3.617.

Marie-Amélie Martinie, Anna Potocki, Lucie Broc, and Pascale Larigauderie. Predictors of procrastination in first-year university students: Role of achievement goals and learning strategies. *Social Psychology of Education*, 26(2):309–331, April 2023. ISSN 1381-2890, 1573-1928. doi: 10.1007/s11218-022-09743-1.

Nicolas Mascret, Peggy Roussel, and François Cury. Using implicit measures to highlight science teachers' implicit theories of intelligence. *European Journal of Psychology of Education*, 30(3):269–280, September 2015. ISSN 0256-2928, 1878-5174. doi: 10.1007/s10212-015-0249-6.

René Matz and Georg Düchs. Statistiken zum Physikstudium an den Universitäten in Deutschland 2013. page 5, 2013.

Louis D. Matzel, Bruno Sauce, and Christopher Wass. The Architecture of Intelligence: Converging Evidence From Studies of Humans and Animals. *Current Directions in Psychological Science*, 22(5):342–348, October 2013. ISSN 0963-7214, 1467-8721. doi: 10.1177/0963721413491764.

Iris Mauss and Allison Troy. *Handbook of Emotion Regulation*, volume preprint. The Guilford Press, New York, third edition edition, 2023.

Peter McGuffin, Brien Riley, and Robert Plomin. Toward Behavioral Genomics. *Science*, 291(5507):1232–1249, February 2001. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.1057264.

Wilbert J. McKeachie and Marilla Svinicki. *McKeachie's Teaching Tips*. Cengage, Mason, OH, 14th ed edition, 2013. ISBN 978-1-285-49980-2.

Ian A. McKenzie, David Ohayon, Huiliang Li, Joana Paes de Faria, Ben Emery, Koujiro Tohyama, and William D. Richardson. Motor skill learning requires active central myelination. *Science*, 346(6207):318–322, October 2014. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.1254960.

Niels G. Mede, Mike S. Schäfer, Ricarda Ziegler, and Markus Weißkopf. The "replication crisis" in the public eye: Germans' awareness and perceptions of the (ir)reproducibility of scientific research. *Public Understanding of Science*, 30(1): 91–102, January 2021. ISSN 0963-6625, 1361-6609. doi: 10.1177/0963662520954370.

John Medina. *Brain Rules: 12 Principles for Surviving and Thriving at Work, Home, and School*. Pear Press, Seattle, WA, second edition edition, 2014. ISBN

978-0-9832633-7-1.

Christoph Meinel and Larry Leifer, editors. *Design Thinking Research: Achieving Real Innovation*. Understanding Innovation. Springer International Publishing, Cham, 2022. ISBN 978-3-031-09296-1 978-3-031-09297-8. doi: 10.1007/978-3-031-09297-8.

Claudia Meinhardt. *Entwicklung und Validierung eines Testinstruments zu Selbstwirksamkeitserwartungen von (angehenden) Physiklehrkräften in physikdidaktischen Handlungsfeldern*. PhD thesis, Martin-Luther-Universität, Halle-Wittenberg, December 2018.

Claudia Meinhardt, Thorid Rabe, and Olaf Krey. Formulierung eines evidenzbasierten Validitätsarguments am Beispiel der Erfassung physikdidaktischer Selbstwirksamkeitserwartungen mit einem neu entwickelten Instrument. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 24(1):131–150, December 2018. ISSN 0949-1147, 2197-988X. doi: 10.1007/s40573-018-0079-6.

Janet Metcalfe and Bridgid Finn. People's hypercorrection of high-confidence errors: Did they know it all along? *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*, 37(2):437–448, 2011. ISSN 1939-1285, 0278-7393. doi: 10.1037/a0021962.

Janet Metcalfe and Walter Mischel. A hot/cool-system analysis of delay of gratification: Dynamics of willpower. *Psychological Review*, 106(1):3–19, 1999. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/0033-295X.106.1.3.

David B. Miele, Alexander S. Browman, and Marina Vasilyeva. Individual differences in students' effort source beliefs predict their judgments of ability. *Motivation Science*, 6(2):110–132, June 2020. ISSN 2333-8121, 2333-8113. doi: 10.1037/mot0000124.

Rosemarie Mielke. *Lernen Und Erwartung: Zur Selbst-Wirksamkeits-Theorie von Albert Bandura*. H. Huber, Bern, 1984. ISBN 978-3-456-81307-3.

Daniel C. Molden and Carol S. Dweck. Finding 'Meaning' in Psychology: A Lay Theories Approach to Self-Regulation, Social Perception, and Social Development. *American Psychologist*, 61(3):192–203, 2006. ISSN 1935-990X, 0003-066X. doi: 10.1037/0003-066X.61.3.192.

Helfried Moosbrugger and Augustin Kelava. *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Springer-Lehrbuch. Springer, Berlin, 2., aktualisierte und überarbeitete auflage edition, 2012. ISBN 978-3-642-20071-7.

Helfried Moosbrugger and Augustin Kelava, editors. *Testtheorie und Fragebogenkonstruktion*. Lehrbuch. Springer, Berlin, 3., vollständig neu bearbeitete, erweiterte

und aktualisierte auflage edition, 2020. ISBN 978-3-662-61532-4 978-3-662-61531-7.

Scott B. Morris. Estimating Effect Sizes From Pretest-Posttest-Control Group Designs. *Organizational Research Methods*, 11(2):364–386, April 2008. ISSN 1094-4281, 1552-7425. doi: 10.1177/1094428106291059.

Jason S. Moser, Hans S. Schroder, Carrie Heeter, Tim P. Moran, and Yu-Hao Lee. Mind Your Errors: Evidence for a Neural Mechanism Linking Growth Mind-Set to Adaptive Posterror Adjustments. *Psychological Science*, 22(12):1484–1489, December 2011. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1177/0956797611419520.

Rainer Muche, Stefanie Lanzinger, and Michael Rau. *Medizinische Statistik mit R und Excel: Einführung in die RExcel- und R-Commander-Oberflächen zur statistischen Auswertung*. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2011. ISBN 978-3-642-19483-2 978-3-642-19484-9. doi: 10.1007/978-3-642-19484-9.

Claudia M. Mueller and Carol S. Dweck. Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(1):33–52, 1998. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.75.1.33.

Katherine Muenks and David B. Miele. Students' Thinking About Effort and Ability: The Role of Developmental, Contextual, and Individual Difference Factors. *Review of Educational Research*, 87(4):707–735, August 2017. ISSN 0034-6543, 1935-1046. doi: 10.3102/0034654316689328.

Katherine Muenks, David B. Miele, and Allan Wigfield. How students' perceptions of the source of effort influence their ability evaluations of other students. *Journal of Educational Psychology*, 108(3):438–454, April 2016. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/edu0000068.

Katherine Muenks, Allan Wigfield, Ji Seung Yang, and Colleen R. O'Neal. How true is grit? Assessing its relations to high school and college students' personality characteristics, self-regulation, engagement, and achievement. *Journal of Educational Psychology*, 109(5):599–620, July 2017. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/edu0000153.

Katherine Muenks, Ji Seung Yang, and Allan Wigfield. Associations between grit, motivation, and achievement in high school students. *Motivation Science*, 4(2): 158–176, June 2018. ISSN 2333-8121, 2333-8113. doi: 10.1037/mot0000076.

Derek Alexander Muller. *Designing Effective Multimedia for Physics Education*. Doctoral thesis, University of Sydney, 2008.

Karen D. Multon, Steven D. Brown, and Robert W. Lent. Relation of self-efficacy beliefs to academic outcomes: A meta-analytic investigation. *Journal of Counseling*

Psychology, 38(1):30–38, January 1991. ISSN 1939-2168, 0022-0167. doi: 10.1037/0022-0167.38.1.30.

Kou Murayama, Reinhard Pekrun, Stephanie Lichtenfeld, and Rudolf vom Hofe. Predicting Long-Term Growth in Students' Mathematics Achievement: The Unique Contributions of Motivation and Cognitive Strategies. *Child Development*, 84(4): 1475–1490, 2013. ISSN 00093920. doi: 10.1111/cdev.12036.

Mary Murphy, Jennifer Chatman, Laura Kray, Carol Dweck, Katherine Emerson, and Elizabeth Canning. Organizational Mindsets Predict Cultural Norms and Employee Trust and Commitment. *Academy of Management Proceedings*, 2018 (1):15049, August 2018. ISSN 0065-0668, 2151-6561. doi: 10.5465/AMBPP.2018.15049abstract.

David G. Myers. *Psychologie*. Springer-Lehrbuch. Springer, Heidelberg, 3., vollst. überarb. u. erw. aufl edition, 2014. ISBN 978-3-642-40782-6.

David G. Myers and C. Nathan DeWall. *Psychology in Everyday Life*. Worth Publishers, Macmillan Learning, New York, fourth edition edition, 2017. ISBN 978-1-319-01373-8.

Irene Neumann, Stefan Sorge, Colin Jeschke, Aiso Heinze, and Knut Neumann. Zur Academic Buoyancy von Physikstudierenden. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Tagungsband 2016 - Band 36 (Jahrestagung in Berlin 2015):86–88, 2016.

Irene Neumann, Colin Jeschke, and Aiso Heinze. First Year Students' Resilience to Cope with Mathematics Exercises in the University Mathematics Studies. *Journal für Mathematik-Didaktik*, 42(2):307–333, October 2021. ISSN 0173-5322, 1869-2699. doi: 10.1007/s13138-020-00177-w.

Thomas W. H. Ng, Lillian T. Eby, Kelly L. Sorensen, and Daniel C. Feldman. PREDICTORS OF OBJECTIVE AND SUBJECTIVE CAREER SUCCESS: A META-ANALYSIS. *Personnel Psychology*, 58(2):367–408, June 2005. ISSN 0031-5826, 1744-6570. doi: 10.1111/j.1744-6570.2005.00515.x.

Kien Nghi Ha. 'People of Color' als Diversity-Ansatz in der antirassistischen Selbstbenennungs- und Identitätspolitik | heimatkunde | Migrationspolitisches Portal der Heinrich-Böll-Stiftung. https://heimatkunde.boell.de/de/2009/11/01/people-color-als-diversity-ansatz-der-antirassistischen-selbstbenennungs-und, 2013.

John G Nicholls. Effort is virtuous, but it's better to have ability: Evaluative responses to perceptions of effort and ability. *Journal of Research in Personality*, 10(3):

306–315, September 1976. ISSN 00926566. doi: 10.1016/0092-6566(76)90020-9.

John G. Nicholls. Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice, and performance. *Psychological Review*, 91(3):328–346, July 1984. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/0033-295X.91.3.328.

Marcel Noack. Faktorenanalyse. April 2007.

Susan Nolen-Hoeksema, Rita L. Atkinson, and Ernest R. Hilgard, editors. *Atkinson & Hilgard's Introduction to Psychology*. Wadsworth Cengage Learning, Andover, 15. ed edition, 2009. ISBN 978-1-84480-728-4.

Ludmila D. Nunes and Jeffrey D. Karpicke. Retrieval-Based Learning: Research at the Interface between Cognitive Science and Education. In Robert A Scott and Stephan M Kosslyn, editors, *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences*, pages 1–16. Wiley, 1 edition, May 2015. ISBN 978-1-118-90077-2. doi: 10.1002/9781118900772.etrds0289.

A. David Nussbaum and Carol S. Dweck. Defensiveness Versus Remediation: Self-Theories and Modes of Self-Esteem Maintenance. *Personality and Social Psychology Bulletin*, 34(5):599–612, May 2008. ISSN 0146-1672, 1552-7433. doi: 10.1177/0146167207312960.

K Ochsner and J Gross. The cognitive control of emotion. *Trends in Cognitive Sciences*, 9(5):242–249, May 2005. ISSN 13646613. doi: 10.1016/j.tics.2005.03.010.

OECD. *PISA 2012 Results: Ready to Learn (Volume III): Students' Engagement, Drive and Self-Beliefs*. PISA. OECD, December 2013. ISBN 978-92-64-20116-3 978-92-64-20117-0. doi: 10.1787/9789264201170-en.

Uzeyir Ogurlu and Adnan Özbey. Personality differences in gifted versus non-gifted individuals: A three-level meta-analysis. *High Ability Studies*, 33(2):227–251, July 2022. ISSN 1359-8139, 1469-834X. doi: 10.1080/13598139.2021.1985438.

Open Science Collaboration. Estimating the reproducibility of psychological science. *Science*, 349(6251):aac4716, August 2015. ISSN 0036-8075, 1095-9203. doi: 10.1126/science.aac4716.

Daeun Park, Eli Tsukayama, Alisa Yu, and Angela L. Duckworth. The development of grit and growth mindset during adolescence. *Journal of Experimental Child Psychology*, 198:104889, October 2020. ISSN 0022-0965. doi: 10.1016/j.jecp.2020.104889.

David Paunesku, Gregory M. Walton, Carissa Romero, Eric N. Smith, David S. Yeager, and Carol S. Dweck. Mind-Set Interventions Are a Scalable Treatment

for Academic Underachievement. *Psychological Science*, 26(6):784–793, June 2015. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1177/0956797615571017.

Stephanie C. Payne, Satoris S. Youngcourt, and J. Matthew Beaubien. A meta-analytic examination of the goal orientation nomological net. *Journal of Applied Psychology*, 92(1):128–150, 2007. ISSN 1939-1854, 0021-9010. doi: 10.1037/0021-9010.92.1.128.

Lars-Eric Petersen, Dagmar Stahlberg, and Dirk Dauenheimer. Selbstkonsistenz und Selbstwerterhöhung: Der Integrative Selbstschemaansatz. (Weinheim: Psychologie Verlags Union):239–243, 2000.

Hans-Rüdiger Pfister, Helmut Jungermann, and Katrin Fischer. *Die Psychologie der Entscheidung: Eine Einführung*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2017. ISBN 978-3-662-53037-5 978-3-662-53038-2. doi: 10.1007/978-3-662-53038-2.

Hasso Plattner, Christoph Meinel, and Ulrich Weinberg. *Design Thinking: Innovation lernen - Ideenwelten öffnen*. mi-Wirtschaftsbuch, Finanzbuch Verl, München, nachdr edition, 2009. ISBN 978-3-86880-013-5.

Robert Plomin and Sophie von Stumm. The new genetics of intelligence. *Nature Reviews Genetics*, 19(3):148–159, March 2018. ISSN 1471-0056, 1471-0064. doi: 10.1038/nrg.2017.104.

Michael I. Posner and Steven E. Petersen. The Attention System of the Human Brain. *Annual Review of Neuroscience*, 13(1):25–42, March 1990. ISSN 0147-006X, 1545-4126. doi: 10.1146/annurev.ne.13.030190.000325.

Sonia Rahimi and Nathan C. Hall. Why Are You Waiting? Procrastination on Academic Tasks Among Undergraduate and Graduate Students. *Innovative Higher Education*, 46(6):759–776, December 2021. ISSN 0742-5627, 1573-1758. doi: 10.1007/s10755-021-09563-9.

Björn Rasch, Malte Friese, Wilhelm Hofmann, and Ewald Naumann. *Quantitative Methoden 1: Einführung in die Statistik für Psychologie, Sozial- & Erziehungswissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2021a. ISBN 978-3-662-63281-9 978-3-662-63282-6. doi: 10.1007/978-3-662-63282-6.

Björn Rasch, Malte Friese, Wilhelm Hofmann, and Ewald Naumann. *Quantitative Methoden 2: Einführung in die Statistik für Psychologie, Sozial- & Erziehungswissenschaften*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2021b. ISBN 978-3-662-63283-3 978-3-662-63284-0. doi: 10.1007/978-3-662-63284-0.

Rim Razzouk and Valerie Shute. What Is Design Thinking and Why Is It Important? *Review of Educational Research*, 82(3):330–348, September 2012. ISSN 0034-6543,

1935-1046. doi: 10.3102/0034654312457429.

Mari Rege, Paul Hanselman, Ingeborg Foldøy Solli, Carol S. Dweck, Sten Ludvigsen, Eric Bettinger, Robert Crosnoe, Chandra Muller, Gregory Walton, Angela Duckworth, and David S. Yeager. How can we inspire nations of learners? An investigation of growth mindset and challenge-seeking in two countries. *Accepted Manuscript - American Psychologist*, 76(5):755–767, July 2021. ISSN 1935-990X, 0003-066X. doi: 10.1037/amp0000647.

Arndt Regorz. *Einführung in die Pfadanalyse mit R / lavaan*. 1 edition, 2022.

Jana Rehberg, Thomas Wilhelm, Verena Spatz, and Malte Diederich. Längsschnittstudie und Online-Workshop zum physikspezifischen Mindset. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Tagungsband 2023 - Band 43 (Jahrestagung in Aachen 2022):358–361, 2023.

André Reis and Frank M. Spinath. Genetik der allgemeinen kognitiven Fähigkeit. *Medizinische Genetik*, 30(3):306–317, October 2018. ISSN 1863-5490, 0936-5931. doi: 10.1007/s11825-018-0201-7.

Karl-Heinz Renner, Timo Heydasch, and Gerhard Ströhlein. *Forschungsmethoden der Psychologie: von der Fragestellung zur Präsentation*. Basiswissen Psychologie. Springer VS, Verl. für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 2012. ISBN 978-3-531-16729-9.

Matthew R. Reynolds and Timothy Z. Keith. Multi-group and hierarchical confirmatory factor analysis of the Wechsler Intelligence Scale for Children—Fifth Edition: What does it measure? *Intelligence*, 62:31–47, May 2017. ISSN 01602896. doi: 10.1016/j.intell.2017.02.005.

Eric Ries. *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Crown Business, New York, 1st ed edition, 2011. ISBN 978-0-307-88791-7.

Stuart J. Ritchie and Elliot M. Tucker-Drob. How Much Does Education Improve Intelligence? A Meta-Analysis. *Psychological Science*, 29(8):1358–1369, August 2018. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1177/0956797618774253.

Anthony Robbins. *Awaken the Giant within: How to Take Immediate Control of Your Mental, Emotional, Physical and Financial Destiny*. Pocket, London, 2001. ISBN 978-0-7434-0938-4.

Richard W. Robins and Jennifer L. Pals. Implicit Self-Theories in the Academic Domain: Implications for Goal Orientation, Attributions, Affect, and Self-Esteem

Change. *Self and Identity*, 1(4):313–336, October 2002. ISSN 1529-8868. doi: 10.1080/15298860290106805.

Mark A. Robinson. Using multi-item psychometric scales for research and practice in human resource management: Multi-Item Psychometric Scales. *Human Resource Management*, 57(3):739–750, May 2018. ISSN 00904848. doi: 10.1002/hrm.21852.

Carissa Romero, Dave Paunesku, Christopher S. Hulleman, Barbara Schneider, Cintia Hinojosa, Hae Yeon Lee, Joseph O'Brien, Kate Flint, Alice Roberts, Jill Trott, Daniel Greene, Gregory M. Walton, Carol S. Dweck, and David Yeager. Using design thinking to improve psychological interventions: The case of the growth mindset during the transition to high school. *Journal of Educational Psychology*, 108(3):374–391, April 2016. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/edu0000098.

Robert Rosenthal and Donald B. Rubin. A simple, general purpose display of magnitude of experimental effect. *Journal of Educational Psychology*, 74(2):166–169, April 1982. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/0022-0663.74.2.166.

Jürgen Rost. Reliabilitäts-Validitätsdilemma https://dorsch.hogrefe.com/stichwort/reliabilitaets-validitaetsdilemma. *Dorsch - Lexikon der Psychologie*, August 2019.

Bettina Roth, Nicolas Becker, Sara Romeyke, Sarah Schäfer, Florian Domnick, and Frank M. Spinath. Intelligence and school grades: A meta-analysis. *Intelligence*, 53:118–137, November 2015. ISSN 01602896. doi: 10.1016/j.intell.2015.09.002.

Christopher A. Rowland. The effect of testing versus restudy on retention: A meta-analytic review of the testing effect. *Psychological Bulletin*, 140(6):1432–1463, 2014. ISSN 1939-1455, 0033-2909. doi: 10.1037/a0037559.

Martin Rüdiger and Astrid Schütz. Das Selbst, wenn es scheitert. In René John and Antonia Langhof, editors, *Scheitern - Ein Desiderat der Moderne?*, pages 263–278. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2014. ISBN 978-3-531-19180-5 978-3-531-19181-2. doi: 10.1007/978-3-531-19181-2_14.

Udo Rudolph. *Motivationspsychologie kompakt: mit Online-Materialien*. Beltz, Weinheim Basel, 3., vollständ. überarb. aufl edition, 2013. ISBN 978-3-621-27793-8.

Stephen Ryan and Sarah Mercer. Language Learning Mindsets Across Cultural Settings: English Learners in Austria and Japan. *OnCUE Journal*, (6(1)):6–22, 2012.

Angela Sandmann. Lautes Denken – die Analyse von Denk-, Lern- und Problemlöseprozessen. In Dirk Krüger, Ilka Parchmann, and Horst Schecker, editors, *Methoden in Der Naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, pages 179–188. Sprin-

ger Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2014. ISBN 978-3-642-37827-0. doi: 10.1007/978-3-642-37827-0_15.

Christian Santiago and Melanie Gurat. Effect of Pomodoro technique on student Mendelian genetics concept mastery during synchronous remote learning. *International research journal of management, IT and social sciences*, 10(4):233–243, June 2023. ISSN 2395-7492. doi: 10.21744/irjmis.v10n4.2287.

Bruno Sauce and Louis D. Matzel. The paradox of intelligence: Heritability and malleability coexist in hidden gene-environment interplay. *Psychological Bulletin*, 144(1):26–47, January 2018. ISSN 1939-1455, 0033-2909. doi: 10.1037/bul0000131.

Victoria Savalei. On the Computation of the RMSEA and CFI from the Mean-And-Variance Corrected Test Statistic with Nonnormal Data in SEM. *Multivariate Behavioral Research*, 53(3):419–429, May 2018. ISSN 0027-3171, 1532-7906. doi: 10.1080/00273171.2018.1455142.

Steffen Schaal, Konrad Kunsch, and Steffen Kunsch. *1 Der Körper des Menschen*, pages 1–279. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-642-55398-1 978-3-642-55399-8. doi: 10.1007/978-3-642-55399-8_1.

Thomas Schäfer. *Methodenlehre und Statistik*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2016. ISBN 978-3-658-11935-5 978-3-658-11936-2. doi: 10.1007/978-3-658-11936-2.

Daniel R.A. Schallmo and Klaus Lang. *Design Thinking erfolgreich anwenden: So entwickeln Sie in 7 Phasen kundenorientierte Produkte und Dienstleistungen*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2020. ISBN 978-3-658-28324-7 978-3-658-28325-4. doi: 10.1007/978-3-658-28325-4.

Horst Schecker, Thomas Wilhelm, Martin Hopf, and Reinders Duit, editors. *Schülervorstellungen und Physikunterricht: Ein Lehrbuch für Studium, Referendariat und Unterrichtspraxis*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2018. ISBN 978-3-662-57269-6 978-3-662-57270-2. doi: 10.1007/978-3-662-57270-2.

Thomas J. Scheff. Shame and the Social Bond: A Sociological Theory. *Sociological Theory*, 18(1):84–99, March 2000. ISSN 0735-2751, 1467-9558. doi: 10.1111/0735-2751.00089.

Bernhard Schlag. *Lern- und Leistungsmotivation*. Number 1855 in UTB Erziehungswissenschaft. VS, Verl. für Sozialwiss, Wiesbaden, 2., überarb. aufl edition, 2004. ISBN 978-3-8252-1855-3 978-3-8100-3608-7.

Jessica L. Schleider, Mallory L. Dobias, Jenna Y. Sung, and Michael C. Mullarkey. Future Directions in Single-Session Youth Mental Health Interventions. *Journal*

of Clinical Child & Adolescent Psychology, 49(2):264–278, March 2020a. ISSN 1537-4416, 1537-4424. doi: 10.1080/15374416.2019.1683852.

Jessica Lee Schleider, Mallory Dobias, Jenna Sung, Emma Mumper, and Michael C Mullarkey. Acceptability and Utility of an Open-Access, Online Single-Session Intervention Platform for Adolescent Mental Health. *JMIR Mental Health*, 7(6): e20513, June 2020b. ISSN 2368-7959. doi: 10.2196/20513.

Fabian T. C. Schmidt, Johanna Fleckenstein, Jan Retelsdorf, Lauren Eskreis-Winkler, and Jens Möller. Measuring Grit: A German Validation and a Domain-Specific Approach to Grit. *European Journal of Psychological Assessment*, 35(3):436–447, May 2019. ISSN 1015-5759, 2151-2426. doi: 10.1027/1015-5759/a000407.

Philipp Schmiemann and Markus Lücken. Validität – Misst mein Test, was er soll? In Dirk Krüger, Ilka Parchmann, and Horst Schecker, editors, *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, pages 107–118. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2014. ISBN 978-3-642-37826-3 978-3-642-37827-0. doi: 10.1007/978-3-642-37827-0_9.

Franziska Schmithüsen, editor. *Lernskript Psychologie: Die Grundlagenfächer kompakt*. Springer-Lehrbuch. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2015. ISBN 978-3-662-43563-2 978-3-662-44941-7. doi: 10.1007/978-3-662-44941-7.

Klaus A. Schneewind. Entwicklung des Multidimensionalen Bereichsspezifischen Attributionsfragebogens fuer Kinder und Jugendliche (MBAF-K). *Pädagogische Rundschau*, (4(2):97-104), 1990. ISSN 0030-9273.

Wolfgang Schneider, Marcus Hasselhorn, Joachim Stiensmeier-Pelster, and Malte Schwinger, editors. *Handbuch der pädagogischen Psychologie*. Number Band 10 in Handbuch der Psychologie. Hogrefe, Göttingen, 2008. ISBN 978-3-8017-1863-3.

Hans S. Schroder, Tim P. Moran, M. Brent Donnellan, and Jason S. Moser. Mindset induction effects on cognitive control: A neurobehavioral investigation. *Biological Psychology*, 103:27–37, 2014. ISSN 03010511. doi: 10.1016/j.biopsycho.2014.08.004.

Hans S. Schroder, Sindes Dawood, Matthew M. Yalch, M. Brent Donnellan, and Jason S. Moser. Evaluating the Domain Specificity of Mental Health–Related Mind-Sets. *Social Psychological and Personality Science*, 7(6):508–520, August 2016. ISSN 1948-5506, 1948-5514. doi: 10.1177/1948550616644657.

Hans S. Schroder, Megan E. Fisher, Yanli Lin, Sharon L. Lo, Judith H. Danovitch, and Jason S. Moser. Neural evidence for enhanced attention to mistakes among school-aged children with a growth mindset. *Developmental Cognitive Neuroscience*, 24:42–50, April 2017. ISSN 18789293. doi: 10.1016/j.dcn.2017.01.004.

John Schulz and Victoria V. Iskru. Video in Education From 'Sage on the Stage' to 'TV Talk Show Host': Where to Next? *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(9):em2005, August 2021. ISSN 13058215, 13058223. doi: 10.29333/ejmste/11154.

Michael J. Scott and Gheorghita Ghinea. On the Domain-Specificity of Mindsets: The Relationship Between Aptitude Beliefs and Programming Practice. *IEEE Transactions on Education*, 57(3):169–174, August 2014. ISSN 0018-9359, 1557-9638. doi: 10.1109/TE.2013.2288700.

Martin E. Seligman and Steven F. Maier. Failure to escape traumatic shock. *Journal of Experimental Psychology*, 74(1):1–9, 1967. ISSN 0022-1015. doi: 10.1037/h0024514.

Carla Shatz. Neuron Q & A, three decades of exciting neuroscience, since 1988. Neuron, 880–883, September 2018 (5). doi: https://doi.org/10.1016/j.neuron.2018.08.027.

Rebecca L. Shively and Carey S. Ryan. Longitudinal changes in college math students' implicit theories of intelligence. *Social Psychology of Education*, 16(2):241–256, June 2013. ISSN 1381-2890, 1573-1928. doi: 10.1007/s11218-012-9208-0.

Robert Siegler, Nancy Eisenberg, Judy DeLoache, and Jenny Saffran. *Entwicklungspsychologie im Kindes- und Jugendalter*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2016. ISBN 978-3-662-47027-5 978-3-662-47028-2. doi: 10.1007/978-3-662-47028-2.

Victoria F. Sisk, Alexander P. Burgoyne, Jingze Sun, Jennifer L. Butler, and Brooke N. Macnamara. To What Extent and Under Which Circumstances Are Growth Mind-Sets Important to Academic Achievement? Two Meta-Analyses. *Psychological Science*, 29(4):549–571, April 2018. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1177/0956797617739704.

Ellen Skinner, Carrie Furrer, Gwen Marchand, and Thomas Kindermann. Engagement and disaffection in the classroom: Part of a larger motivational dynamic? *Journal of Educational Psychology*, 100(4):765–781, November 2008. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/a0012840.

Stefan Sorge, Stefan Petersen, and Knut Neumann. Die Bedeutung der Studierfähigkeit für den Studienerfolg im 1. Semester in Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 22(1):165–180, November 2016. ISSN 0949-1147, 2197-988X. doi: 10.1007/s40573-016-0048-x.

Jörn R. Sparfeldt, Susanne R. Buch, Linda Wirthwein, and Detlef H. Rost. Zielorientierungen: Zur Relevanz der Schulfächer. *Zeitschrift für Entwicklungspsychologie und Pädagogische Psychologie*, 39(4):165–176, October 2007. ISSN 0049-8637, 2190-6262. doi: 10.1026/0049-8637.39.4.165.

Verena Spatz and Christopher Gros. Fragebogenentwicklung zu den Mindsets von Lernenden in Physik. *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Tagungsband 2019 - Band 39 (Jahrestagung in Kiel 2018):652–655, 2019.

Julia Spielmann, Hee Jun Roy Yoon, Mona Ayoub, Yueyang Chen, Nathaniel S. Eckland, Ulrich Trautwein, Anqing Zheng, and Brent W. Roberts. An In-depth Review of Conscientiousness and Educational Issues. *Educational Psychology Review*, 34(4):2745–2781, December 2022. ISSN 1040-726X, 1573-336X. doi: 10.1007/s10648-022-09693-2.

Birgit Spinath and Verena Freiberger. *Selbstkonzepte im Grundschulalter: Modelle, empirische Ergebnisse, pädagogische Konsequenzen*. Schulpädagogik. Kohlhammer, Stuttgart, 2011. ISBN 978-3-17-021389-0.

Birgit Spinath and Joachim Stiensmeier-Pelster. Implicit theories about the malleability of intelligence and ability. 43(1):53–76, 2001.

Werner Stangl. Stigmatisierung. *Online Lexikon für Psychologie & Pädagogik*, 2022.

Elsbeth Stern and Aljoscha Neubauer. Intelligenz: kein Mythos, sondern Realität. *Psychologische Rundschau*, 67(1):15–27, January 2016. ISSN 0033-3042, 2190-6238. doi: 10.1026/0033-3042/a000290.

Fabio Sticca, Thomas Goetz, Madeleine Bieg, Nathan C. Hall, Franz Eberle, and Ludwig Haag. Examining the accuracy of students' self-reported academic grades from a correlational and a discrepancy perspective: Evidence from a longitudinal study. *PLOS ONE*, 12(11):e0187367, November 2017. ISSN 1932-6203. doi: 10.1371/journal.pone.0187367.

Eric Stice, Heather Shaw, Cara Bohon, C. Nathan Marti, and Paul Rohde. A meta-analytic review of depression prevention programs for children and adolescents: Factors that predict magnitude of intervention effects. *Journal of Consulting and Clinical Psychology*, 77(3):486–503, June 2009. ISSN 1939-2117, 0022-006X. doi: 10.1037/a0015168.

Edward Taub, Gitendra Uswatte, and Victor W. Mark. The functional significance of cortical reorganization and the parallel development of CI therapy. *Frontiers in Human Neuroscience*, 8, June 2014. ISSN 1662-5161. doi: 10.3389/fnhum.2014.00396.

Matthew J. Taylor and Karl R. White. An Evaluation of Alternative Methods for Computing Standardized Mean Difference Effect Size. *The Journal of Experimental Education*, 61(1):63–72, July 1992. ISSN 0022-0973, 1940-0683. doi: 10.1080/00220973.1992.9943850.

Dirk T. Tempelaar, Bart Rienties, Bas Giesbers, and Wim H. Gijselaers. The Pivotal Role of Effort Beliefs in Mediating Implicit Theories of Intelligence and Achievement Goals and Academic Motivations. *Social Psychology of Education*, 18(1):101–120, March 2015. ISSN 1381-2890, 1573-1928. doi: 10.1007/s11218-014-9281-7.

Bruce Teter and J. Wesson Ashford. Neuroplasticity in Alzheimer's disease. *Journal of Neuroscience Research*, 70(3):402–437, November 2002. ISSN 0360-4012, 1097-4547. doi: 10.1002/jnr.10441.

Felicitas Thiel, Susanne Veith, Irmela Blüthmann, Steffen Lepa, and Markus Ficzko. Ergebnisse der Befragung der Studierenden in den Bachelorstudiengängen an der Freien Universität Berlin - Sommersemester 2008, 2008.

Andrew Thomson, Ruth Bridgstock, and Christaan Willems. 'Teachers flipping out' beyond the online lecture: Maximising the educational potential of video. *Journal of Learning Design*, Vol. 3(No 3), 2014.

Catharina Tibken, Tobias Richter, Nicole Linden, Sandra Schmiedeler, and Wolfgang Schneider. The role of metacognitive competences in the development of school achievement among gifted adolescents. *Child Development*, 93(1):117–133, January 2022. ISSN 0009-3920, 1467-8624. doi: 10.1111/cdev.13640.

Kirsi Tirri and Teija Kujala. Students' Mindsets for Learning and Their Neural Underpinnings. *Psychology*, 07(09):1231–1239, 2016. ISSN 2152-7180, 2152-7199. doi: 10.4236/psych.2016.79125.

Verena Tobias and Martin Hopf. Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik Oder: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt. . . ". *Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik*, Tagungsband 2017 - Band 37 (Jahrestagung in Zürich 2016):344–347, 2017.

Sabrina Trapmann, Benedikt Hell, Sonja Weigand, and Heinz Schuler. Die Validität von Schulnoten zur Vorhersage des Studienerfolgs - eine Metaanalyse 1Dieser Beitrag entstand im Kontext des Projekts "Eignungsdiagnostische Auswahl von Studierenden", das im Rahmen des Aktionsprogramms "StudierendenAuswahl" des Stifterverbands für die Deutsche Wissenschaft und der Landesstiftung Baden-Württemberg durchgeführt wird. *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 21(1): 11–27, January 2007. ISSN 1010-0652, 1664-2910. doi: 10.1024/1010-0652.21.1.11.

Detlef Urhahne, Markus Dresel, and Frank Fischer, editors. *Psychologie für den Lehrberuf*. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2019. ISBN 978-3-662-55753-2 978-3-662-55754-9. doi: 10.1007/978-3-662-55754-9.

Nemanja Vaci, Peter Edelsbrunner, Elsbeth Stern, Aljoscha Neubauer, Merim Bilalić, and Roland H. Grabner. The joint influence of intelligence and practice on skill development throughout the life span. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 116(37):18363–18369, September 2019. ISSN 0027-8424, 1091-6490. doi: 10.1073/pnas.1819086116.

Matthew P. Walker. *Why We Sleep: Unlocking the Power of Sleep and Dreams*. Scribner, an imprint of Simon & Schuster, Inc, New York, first scribner hardcover edition edition, 2017. ISBN 978-1-5011-4431-8 978-1-5011-4432-5.

Gregory M. Walton. The New Science of Wise Psychological Interventions. *Current Directions in Psychological Science*, 23(1):73–82, February 2014. ISSN 0963-7214, 1467-8721. doi: 10.1177/0963721413512856.

Gregory M. Walton and David Yeager. Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic. *Review of Educational Research*, 81(2):267–301, June 2011. ISSN 0034-6543, 1935-1046. doi: 10.3102/0034654311405999.

Yiran Wang, Melissa Niiya, Gloria Mark, Stephanie M. Reich, and Mark Warschauer. Coming of Age (Digitally): An Ecological View of Social Media Use among College Students. In *Proceedings of the 18th ACM Conference on Computer Supported Cooperative Work & Social Computing*, pages 571–582, Vancouver BC Canada, February 2015. ACM. ISBN 978-1-4503-2922-4. doi: 10.1145/2675133.2675271.

Marley W. Watkins. *A Step-by-Step Guide to Exploratory Factor Analysis with SPSS*. Routledge, New York, NY, 2021. ISBN 978-0-367-71031-6 978-0-367-71111-5.

Tyler W. Watts, Greg J. Duncan, and Haonan Quan. Revisiting the Marshmallow Test: A Conceptual Replication Investigating Links Between Early Delay of Gratification and Later Outcomes. *Psychological Science*, 29(7):1159–1177, July 2018. ISSN 0956-7976, 1467-9280. doi: 10.1177/0956797618761661.

Daniel M. Wegner. Setting free the bears: Escape from thought suppression. *American Psychologist*, 66(8):671–680, November 2011. ISSN 1935-990X, 0003-066X. doi: 10.1037/a0024985.

Daniel M. Wegner, David J. Schneider, Samuel R. Carter, and Teri L. White. Paradoxical effects of thought suppression. *Journal of Personality and Social Psychology*, 53(1):5–13, 1987. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.53.1.5.

Bernard Weiner. An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological Review*, 92(4):548–573, 1985. ISSN 1939-1471, 0033-295X. doi: 10.1037/0033-295X.92.4.548.

Bernard Weiner. The Development of an Attribution-Based Theory of Motivation: A History of Ideas. *Educational Psychologist*, 45(1):28–36, January 2010. ISSN 0046-1520, 1532-6985. doi: 10.1080/00461520903433596.

Dirk Wentura and Markus Pospeschill. *Multivariate Datenanalyse*. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2015. ISBN 978-3-531-17118-0 978-3-531-93435-8. doi: 10.1007/978-3-531-93435-8.

Benedikt Weygandt. *Durchführung und Ergebnisse der explorativen Faktorenanalyse*, pages 253–289. Springer Fachmedien Wiesbaden, Wiesbaden, 2021. ISBN 978-3-658-34661-4 978-3-658-34662-1. doi: 10.1007/978-3-658-34662-1_14.

Elke Wild and Jens Möller, editors. *Pädagogische Psychologie*. Lehrbuch. Springer, Berlin, 3., vollständig überarbeitete und aktualisierte auflage edition, 2020. ISBN 978-3-662-61403-7 978-3-662-61402-0.

T. Wilhelm and D. Heuer. Fehlvorstellungen in der Kinematik vermeiden - durch Beginn mit der zweidimensionalen Bewegung. *Praxis der Naturwissenschaften – Physik in der Schule*, 51(7):29–34, 2002.

Thomas Wilhelm and Martin Hopf. Design-Forschung. In Dirk Krüger, Ilka Parchmann, and Horst Schecker, editors, *Methoden in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung*, pages 31–42. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2014. ISBN 978-3-642-37826-3 978-3-642-37827-0. doi: 10.1007/978-3-642-37827-0_3.

Daniel T. Willingham. *Why Don't Students like School? A Cognitive Scientist Answers Questions about How the Mind Works and What It Means for the Classroom*. Jossey-Bass, San Francisco, CA, 1st ed edition, 2009. ISBN 978-0-470-27930-4 978-0-470-59196-3.

Daniel T. Willingham. *Cognition: Pearson New International Edition*. Pearson Education Limited, Place of publication not identified, 03 edition, 2013. ISBN 978-1-292-03591-8.

Timothy D. Wilson. The Message Is the Method: Celebrating and Exporting the Experimental Approach. *Psychological Inquiry*, 16(4):185–193, October 2005. ISSN 1047-840X, 1532-7965. doi: 10.1207/s15327965pli1604_09.

David Woitkowski. Erfolgreicher Wissenserwerb im ersten Semester Physik: Analyse mithilfe eines Niveaumodells. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissen-*

schaften, 25(1):97–114, December 2019. ISSN 0949-1147, 2197-988X. doi: 10.1007/s40573-019-00094-7.

Christof Wolf and Henning Best, editors. *Handbuch Der Sozialwissenschaftlichen Datenanalyse*. VS Verlag für Sozialwissenschaften, Wiesbaden, 1. aufl edition, 2010. ISBN 978-3-531-16339-0.

Piotr A. Wozniak. Optimization of learning A new approach and computer application. Master's thesis, University of Technology in Poznan Computer Science Center, Poznan, Polen, 1990.

Chunliang Yang, Siew-Jong Chew, Bukuan Sun, and David R. Shanks. The forward effects of testing transfer to different domains of learning. *Journal of Educational Psychology*, 111(5):809–826, July 2019. ISSN 1939-2176, 0022-0663. doi: 10.1037/edu0000320.

David S. Yeager and Carol S. Dweck. What can be learned from growth mindset controversies? *American Psychologist*, 75(9):1269–1284, December 2020. ISSN 1935-990X, 0003-066X. doi: 10.1037/amp0000794.

David S. Yeager, Ronald E. Dahl, and Carol S. Dweck. Why Interventions to Influence Adolescent Behavior Often Fail but Could Succeed. *Perspectives on Psychological Science*, 13(1):101–122, January 2018. ISSN 1745-6916, 1745-6924. doi: 10.1177/1745691617722620.

David S. Yeager, Paul Hanselman, Gregory M. Walton, Jared S. Murray, Robert Crosnoe, Chandra Muller, Elizabeth Tipton, Barbara Schneider, Chris S. Hulleman, Cintia P. Hinojosa, David Paunesku, Carissa Romero, Kate Flint, Alice Roberts, Jill Trott, Ronaldo Iachan, Jenny Buontempo, Sophia Man Yang, Carlos M. Carvalho, P. Richard Hahn, Maithreyi Gopalan, Pratik Mhatre, Ronald Ferguson, Angela L. Duckworth, and Carol S. Dweck. A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, 573(7774):364–369, September 2019. ISSN 0028-0836, 1476-4687. doi: 10.1038/s41586-019-1466-y.

David S. Yeager, Christopher J. Bryan, James J. Gross, Jared S. Murray, Danielle Krettek Cobb, Pedro H. F. Santos, Hannah Gravelding, Meghann Johnson, and Jeremy P. Jamieson. A synergistic mindsets intervention protects adolescents from stress. *Nature*, July 2022. ISSN 0028-0836, 1476-4687. doi: 10.1038/s41586-022-04907-7.

David Scott Yeager and Carol S. Dweck. Mindsets That Promote Resilience: When Students Believe That Personal Characteristics Can Be Developed. *Educational Psychologist*, 47(4):302–314, October 2012. ISSN 0046-1520, 1532-6985. doi:

10.1080/00461520.2012.722805.

Kai Yu and Andrew J. Martin. Personal best (PB) and 'classic' achievement goals in the Chinese context: Their role in predicting academic motivation, engagement and buoyancy. *Educational Psychology*, 34(5):635–658, July 2014. ISSN 0144-3410, 1469-5820. doi: 10.1080/01443410.2014.895297.

C. Zhao. Distinct Morphological Stages of Dentate Granule Neuron Maturation in the Adult Mouse Hippocampus. *Journal of Neuroscience*, 26(1):3–11, 2006. ISSN 0270-6474, 1529-2401. doi: 10.1523/JNEUROSCI.3648-05.2006.

Pei Zhu, Yvonne Garcia, and Erick Alonzo. An Independent Evaluation of the Growth Mindset Intervention. April 2019.

Miron Zuckerman, Suzanne C. Kieffer, and C. Raymond Knee. Consequences of self-handicapping: Effects on coping, academic performance, and adjustment. *Journal of Personality and Social Psychology*, 74(6):1619–1628, 1998. ISSN 1939-1315, 0022-3514. doi: 10.1037/0022-3514.74.6.1619.

Leehu Zysberg, Karla Verlinden, and Cora Zingerle. To Have What It Takes: A Multi-Tiered Psychological Resource Model of First-Generation College Student Success. *Psychology*, 12(10):1561–1574, 2021. ISSN 2152-7180, 2152-7199. doi: 10.4236/psych.2021.1210098.

Bisher erschienene Bände der Reihe
Studien zum Physik- und Chemielernen

ISSN 1614-8967

Vollständige Übersicht auf unserer Website

https://www.logos-verlag.de/spcl

Aktuelle Bände

300 Amany Annaggar (2020): A Design Framework for Video Game-Based Gamification Elements to Assess Problem-solving Competence in Chemistry Education
ISBN 978-3-8325-5150-6 52.00 EUR

301 Alexander Engl (2020): CHEMIE PUR – Unterrichten in der Natur. Entwicklung und Evaluation eines kontextorientierten Unterrichtskonzepts im Bereich Outdoor Education zur Änderung der Einstellung zu „Chemie und Natur“
ISBN 978-3-8325-5174-2 59.00 EUR (open access)

302 Christin Marie Sajons (2020): Kognitive und motivationale Dynamik in Schülerlaboren. Kontextualisierung, Problemorientierung und Autonomieunterstützung der didaktischen Struktur analysieren und weiterentwickeln
ISBN 978-3-8325-5155-1 56.00 EUR (open access)

303 Philipp Bitzenbauer (2020): Quantenoptik an Schulen. Studie im Mixed-Methods Design zur Evaluation des Erlanger Unterrichtskonzepts zur Quantenoptik
ISBN 978-3-8325-5123-0 59.00 EUR (open access)

304 Malte Ubben (2020): Typisierung des Verständnisses mentaler Modelle mittels empirischer Datenerhebung am Beispiel der Quantenphysik
ISBN 978-3-8325-5181-0 43.50 EUR (open access)

305 Wiebke Hinrike Kuske-Janßen (2020): Sprachlicher Umgang mit Formeln von LehrerInnen im Physikunterricht am Beispiel des elektrischen Widerstandes in Klassenstufe 8
ISBN 978-3-8325-5183-4 47.50 EUR (open access)

306 Kai Bliesmer (2020): Physik der Küste für außerschulische Lernorte. Eine Didaktische Rekonstruktion
ISBN 978-3-8325-5190-2 58.00 EUR (open access)

307 Nikola Schild (2021): Eignung von domänenspezifischen Studieneingangsvariablen als Prädiktoren für Studienerfolg im Fach und Lehramt Physik
ISBN 978-3-8325-5226-8 42.00 EUR (open access)

308 Daniel Averbeck (2021): Zum Studienerfolg in der Studieneingangsphase des Chemiestudiums. Der Einfluss kognitiver und affektiv-motivationaler Variablen
ISBN 978-3-8325-5227-5 51.00 EUR

309 Martina Strübe (2021): Modelle und Experimente im Chemieunterricht. Eine Videostudie zum fachspezifischen Lehrerwissen und -handeln
ISBN 978-3-8325-5245-9 45.50 EUR

310 Wolfgang Becker (2021): Auswirkungen unterschiedlicher experimenteller Repräsentationen auf den Kenntnisstand bei Grundschulkindern
ISBN 978-3-8325-5255-8 50.00 EUR

311 Marvin Rost (2021): Modelle als Mittel der Erkenntnisgewinnung im Chemieunterricht der Sekundarstufe I. Entwicklung und quantitative Dimensionalitätsanalyse eines Testinstruments aus epistemologischer Perspektive
ISBN 978-3-8325-5256-5 44.00 EUR (open access)

312 Christina Kobl (2021): Förderung und Erfassung der Reflexionskompetenz im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5259-6 41.00 EUR (open access)

313 Ann-Kathrin Beretz (2021): Diagnostische Prozesse von Studierenden des Lehramts. eine Videostudie in den Fächern Physik und Mathematik
ISBN 978-3-8325-5288-6 45.00 EUR (open access)

314 Judith Breuer (2021): Implementierung fachdidaktischer Innovationen durch das Angebot materialgestützter Unterrichtskonzeptionen. Fallanalysen zum Nutzungsverhalten von Lehrkräften am Beispiel des Münchener Lehrgangs zur Quantenmechanik
ISBN 978-3-8325-5293-0 50.50 EUR (open access)

315 Michaela Oettle (2021): Modellierung des Fachwissens von Lehrkräften in der Teilchenphysik. Eine Delphi-Studie
ISBN 978-3-8325-5305-0 57.50 EUR (open access)

316 Volker Brüggemann (2021): Entwicklung und Pilotierung eines adaptiven Multistage-Tests zur Kompetenzerfassung im Bereich naturwissenschaftlichen Denkens
ISBN 978-3-8325-5331-9 40.00 EUR (open access)

317 Stefan Müller (2021): Die Vorläufigkeit und soziokulturelle Eingebundenheit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Kritische Reflexion, empirische Befunde und fachdidaktische Konsequenzen für die Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5343-2 63.00 EUR

318 Laurence Müller (2021): Alltagsentscheidungen für den Chemieunterricht erkennen und Entscheidungsprozesse explorativ begleiten
ISBN 978-3-8325-5379-1 59.00 EUR

319 Lars Ehlert (2021): Entwicklung und Evaluation einer Lehrkräftefortbildung zur Planung von selbstgesteuerten Experimenten
ISBN 978-3-8325-5393-7 41.50 EUR (open access)

320 Florian Seiler (2021): Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der experimentellen Planungskompetenz von Lehramtsstudierenden im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5397-5 47.50 EUR (open access)

321 Nadine Boele (2021): Entwicklung eines Messinstruments zur Erfassung der professionellen Unterrichtswahrnehmung von (angehenden) Chemielehrkräften hinsichtlich der Lernunterstützung
ISBN 978-3-8325-5402-6 46.50 EUR

322 Franziska Zimmermann (2022): Entwicklung und Evaluation digitalisierungsbezogener Kompetenzen von angehenden Chemielehrkräften
ISBN 978-3-8325-5410-1 49.50 EUR

323 Lars-Frederik Weiß (2021): Der Flipped Classroom in der Physik-Lehre. Empirische Untersuchungen in Schule und Hochschule
ISBN 978-3-8325-5418-7 51.00 EUR

324 Tilmann Steinmetz (2021): Kumulatives Lehren und Lernen im Lehramtsstudium Physik. Theorie und Evaluation eines Lehrkonzepts
ISBN 978-3-8325-5421-7 51.50 EUR

325 Kübra Nur Celik (2022): Entwicklung von chemischem Fachwissen in der Sekundarstufe I. Validierung einer Learning Progression für die Basiskonzepte „Struktur der Materie“, „Chemische Reaktion“ und „Energie“ im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“
ISBN 978-3-8325-5431-6 55.00 EUR

326 Matthias Ungermann (2022): Förderung des Verständnisses von Nature of Science und der experimentellen Kompetenz im Schüler*innen-Labor Physik in Abgrenzung zum Regelunterricht
ISBN 978-3-8325-5442-2 55.50 EUR

327 Christoph Hoyer (2022): Multimedial unterstütztes Experimentieren im webbasierten Labor zur Messung, Visualisierung und Analyse des Feldes eines Permanentmagneten
ISBN 978-3-8325-5453-8 45.00 EUR

328 Tobias Schüttler (2022): Schülerlabore als interessefördernde authentische Lernorte für den naturwissenschaftlichen Unterricht nutzen
ISBN 978-3-8325-5454-5 50.50 EUR

329 Christopher Kurth (2022): Die Kompetenz von Studierenden, Schülerschwierigkeiten beim eigenständigen Experimentieren zu diagnostizieren
ISBN 978-3-8325-5457-6 58.50 EUR

330 Dagmar Michna (2022): Inklusiver Anfangsunterricht Chemie. Entwicklung und Evaluation einer Unterrichtseinheit zur Einführung der chemischen Reaktion
ISBN 978-3-8325-5463-7 49.50 EUR

331 Marco Seiter (2022): Die Bedeutung der Elementarisierung für den Erfolg von Mechanikunterricht in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5471-2 66.00 EUR

332 Jörn Hägele (2022): Kompetenzaufbau zum experimentbezogenen Denken und Arbeiten. Videobasierte Analysen zu Aktivitäten und Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern der gymnasialen Oberstufe bei der Bearbeitung von fachmethodischer Instruktion
ISBN 978-3-8325-5476-7 56.50 EUR (open access)

333 Erik Heine (2022): Wissenschaftliche Kontroversen im Physikunterricht. Explorationsstudie zum Umgang von Physiklehrkräften und Physiklehramtsstudierenden mit einer wissenschaftlichen Kontroverse am Beispiel der Masse in der Speziellen Relativitätstheorie
ISBN 978-3-8325-5478-1 48.50 EUR (open access)

334 Simon Goertz (2022): Module und Lernzirkel der Plattform FLexKom zur Förderung experimenteller Kompetenzen in der Schulpraxis. Verlauf und Ergebnisse einer Design-Based Research Studie
ISBN 978-3-8325-5494-1 66.50 EUR

335 Christina Toschka (2022): Lernen mit Modellexperimenten. Empirische Untersuchung der Wahrnehmung und des Denkens in Analogien beim Umgang mit Modellexperimenten
ISBN 978-3-8325-5495-8 50.00 EUR (open access)

336 Alina Behrendt (2022): Chemiebezogene Kompetenzen in der Übergangsphase zwischen dem Sachunterricht der Primarstufe und dem Chemieunterricht der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5498-9 40.50 EUR (open access)

337 Manuel Daiber (2022): Entwicklung eines Lehrkonzepts für eine elementare Quantenmechanik. Formuliert mit In-Out Symbolen
ISBN 978-3-8325-5507-8 48.50 EUR

338 Felix Pawlak (2022): Das Gemeinsame Experimentieren (an-)leiten. Eine qualitative Studie zum chemiespezifischen Classroom-Management
ISBN 978-3-8325-5508-5 46.50 EUR

339 Liza Dopatka (2022): Konzeption und Evaluation eines kontextstrukturierten Unterrichtskonzeptes für den Anfangs-Elektrizitätslehreunterricht
ISBN 978-3-8325-5514-6 69.50 EUR

340 Arne Bewersdorff (2022): Untersuchung der Effektivität zweier Fortbildungsformate zum Experimentieren mit dem Fokus auf das Unterrichtshandeln
ISBN 978-3-8325-5522-1 39.00 EUR (open access)

341 Thomas Christoph Münster (2022): Wie diagnostizieren Studierende des Lehramtes physikbezogene Lernprozesse von Schüler*innen?. Eine Videostudie zur Mechanik
ISBN 978-3-8325-5534-4 44.50 EUR (open access)

342 Ines Komor (2022): Förderung des symbolisch-mathematischen Modellverständnisses in der Physikalischen Chemie
ISBN 978-3-8325-5546-7 46.50 EUR

343 Verena Petermann (2022): Überzeugungen von Lehrkräften zum Lehren und Lernen von Fachinhalten und Fachmethoden und deren Beziehung zu unterrichtsnahem Handeln
ISBN 978-3-8325-5545-0 47.00 EUR (open access)

344 Jana Heinze (2022): Einfluss der sprachlichen Konzeption auf die Einschätzung der Qualität instruktionaler Unterrichtserklärungen im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5553-5 42.00 EUR (open access)

345 Jannis Weber (2022): Mathematische Modellbildung und Videoanalyse zum Lernen der Newtonschen Dynamik im Vergleich
ISBN 978-3-8325-5566-5 68.00 EUR (open access)

346 Fabian Sterzing (2022): Zur Lernwirksamkeit von Erklärvideos in der Physik. Eine Untersuchung in Abhängigkeit von ihrer fachdidaktischen Qualität und ihrem Einbettungsformat
ISBN 978-3-8325-5576-4 52.00 EUR (open access)

347 Lars Greitemann (2022): Wirkung des Tablet-Einsatzes im Chemieunterricht der Sekundarstufe I unter besonderer Berücksichtigung von Wissensvermittlung und Wissenssicherung
ISBN 978-3-8325-5580-1 50.00 EUR

348 Fabian Poensgen (2022): Diagnose experimenteller Kompetenzen in der laborpraktischen Chemielehrer*innenbildung
ISBN 978-3-8325-5587-0 48.00 EUR

349 William Lindlahr (2023): Virtual-Reality-Experimente. Entwicklung und Evaluation eines Konzepts für den forschend-entwickelnden Physikunterricht mit digitalen Medien
ISBN 978-3-8325-5595-5 49.00 EUR

350 Bert Schlüter (2023): Teilnahmemotivation und situationales Interesse von Kindern und Eltern im experimentellen Lernsetting KEMIE
ISBN 978-3-8325-5598-6 43.00 EUR

351 Katharina Nave (2023): Charakterisierung situativer mentaler Modellkomponenten in der Chemie und die Bildung von Hypothesen. Eine qualitative Studie zur Operationalisierung mentaler Modell-komponenten für den Fachbereich Chemie
ISBN 978-3-8325-5599-3 43.00 EUR

352 Anna B. Bauer (2023): Experimentelle Kompetenz Physikstudierender. Entwicklung und erste Erprobung eines performanzorientierten Kompetenzstrukturmodells unter Nutzung qualitativer Methoden
ISBN 978-3-8325-5625-9 47.00 EUR (open access)

353 Jan Schröder (2023): Entwicklung eines Performanztests zur Messung der Fähigkeit zur Unterrichtsplanung bei Lehramtsstudierenden im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5655-6 46.50 EUR

354 Susanne Gerlach (2023): Aspekte einer Fachdidaktik Körperpflege. Ein Beitrag zur Standardentwicklung
ISBN 978-3-8325-5659-4 45.00 EUR

355 Livia Murer (2023): Diagnose experimenteller Kompetenzen beim praktisch-naturwissenschaftlichen Arbeiten. Vergleich verschiedener Methoden und kognitive Validierung eines Testverfahrens
ISBN 978-3-8325-5657-0 41.50 EUR (open access)

356 Andrea Maria Schmid (2023): Authentische Kontexte für MINT-Lernumgebungen. Eine zweiteilige Interventionsstudie in den Fachdidaktiken Physik und Technik
ISBN 978-3-8325-5605-1 57.00 EUR (open access)

357 Julia Ortmann (2023): Bedeutung und Förderung von Kompetenzen zum naturwissenschaftlichen Denken und Arbeiten in universitären Praktika
ISBN 978-3-8325-5670-9 37.00 EUR (open access)

358 Axel-Thilo Prokop (2023): Entwicklung eines Lehr-Lern-Labors zum Thema Radioaktivität. Eine didaktische Rekonstruktion
ISBN 978-3-8325-5671-6 49.50 EUR

359 Timo Hackemann (2023): Textverständlichkeit sprachlich variierter physikbezogener Sachtexte
ISBN 978-3-8325-5675-4 41.50 EUR (open access)

360 Dennis Dietz (2023): Vernetztes Lernen im fächerdifferenzierten und integrierten naturwissenschaftlichen Unterricht aufgezeigt am Basiskonzept Energie. Eine Studie zur Analyse der Wirksamkeit der Konzeption und Implementation eines schulinternen Curriculums für das Unterrichtsfach „Integrierte Naturwissenschaften 7/8“
ISBN 978-3-8325-5676-1 49.50 EUR

361 Ann-Katrin Krebs (2023): Vielfalt im Physikunterricht. Zur Wirkung von Lehrkräftefortbildungen unter Diversitätsaspekten
ISBN 978-3-8325-5672-3 65.50 EUR (open access)

362 Simon Kaulhausen (2023): Strukturelle Ursachen für Klausurmisserfolg in Allgemeiner Chemie an der Universität
ISBN 978-3-8325-5699-0 37.50 EUR (open access)

363 Julia Eckoldt (2023): Den (Sach-)Unterricht öffnen. Selbstkompetenzen und motivationale Orientierungen von Lehrkräften bei der Implementation einer Innovation untersucht am Beispiel des Freien Explorierens und Experimentierens
ISBN 978-3-8325-5663-1 48.50 EUR (open access)

364 Albert Teichrew (2023): Physikalische Modellbildung mit dynamischen Modellen
ISBN 978-3-8325-5710-2 58.50 EUR (open access)

365 Sascha Neff (2023): Transfer digitaler Innovationen in die Schulpraxis. Eine explorative Untersuchung zur Förderung der Implementation
ISBN 978-3-8325-5687-7 59.00 EUR (open access)

366 Rahel Schmid (2023): Verständnis von Nature of Science-Aspekten und Umgang mit Fehlern von Schüler*innen der Sekundarstufe I. Am Beispiel von digital-basierten Lernprozessen im informellen Lernsetting Smartfeld
ISBN 978-3-8325-5722-5 53.50 EUR (open access)

367 Dennis Kirstein (2023): Individuelle Bedingungs- und Risikofaktoren für erfolgreiche Lernprozesse mit kooperativen Experimentieraufgaben im Chemieunterricht. Eine Untersuchung zum Zusammenhang von Lernvoraussetzungen, Lerntätigkeiten, Schwierigkeiten und Lernerfolg beim Experimentieren in Kleingruppen der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5729-4 50.50 EUR (open access)

368 Frauke Düwel (2024): Argumentationslinien in Lehr-Lernkontexten. Potenziale englischer Fachtexte zur Chromatografie und deren hochschuldidaktische Einbindung
ISBN 978-3-8325-5731-7 63.00 EUR (open access)

369 Fabien Güth (2023): Interessenbasierte Differenzierung mithilfe systematisch variierter Kontextaufgaben im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5737-9 48.00 EUR (open access)

370 Oliver Grewe (2023): Förderung der professionellen Unterrichtswahrnehmung und Selbstwirksamkeitsüberzeugungen hinsichtlich sprachsensibler Maßnahmen im naturwissenschaftlichen Sachunterricht. Konzeption und Evaluation einer video- und praxisbasierten Lehrveranstaltung im Masterstudium
ISBN 978-3-8325-5738-6 44.50 EUR (open access)

371 Anna Nowak (2023): Untersuchung der Qualität von Selbstreflexionstexten zum Physikunterricht. Entwicklung des Reflexionsmodells REIZ
ISBN 978-3-8325-5739-3 59.00 EUR (open access)

372 Dominique Angela Holland (2023): Bildung für nachhaltige Entwicklung (BNE) kooperativ gestalten. Vergleich monodisziplinärer und interdisziplinärer Kooperation von Lehramtsstudierenden bei der Planung, Durchführung und Reflexion von Online-BNE-Unterricht
ISBN 978-3-8325-5760-7 47.00 EUR (open access)

373 Renan Marcello Vairo Nunes (2024): MINT-Personal an Schulen. Eine Untersuchung der Arbeitssituation und professionellen Kompetenzen von MINT-Lehrkräften verschiedener Ausbildungswege
ISBN 978-3-8325-5778-2 51.00 EUR (open access)

374 Mats Kieserling (2024): Digitalisierung im Chemieunterricht. Entwicklung und Evaluation einer experimentellen digitalen Lernumgebung mit universeller Zugänglichkeit
ISBN 978-3-8325-5786-7 45.50 EUR

375 Cem Aydin Salim (2024): Die Untersuchung adaptiver Lernsettings im Themenbereich „Schwimmen und Sinken“ im naturwissenschaftlichen Unterricht
ISBN 978-3-8325-5787-4 49.00 EUR (open access)

376 Novid Ghassemi (2024): Evaluation eines Lehramtsmasterstudiengangs mit dem Profil Quereinstieg im Fach Physik. Erkenntnisse zu Eingangsbedingungen, professionellen Kompetenzen und Aspekten individueller Angebotsnutzung
ISBN 978-3-8325-5789-8 41.50 EUR (open access)

377 Martina Flurina Cavelti (2024): Entwicklung und Validierung eines Messinstruments zur Erfassung der Schülerkompetenzen im Bereich des wissenschaftlichen Skizzierens im Fach Chemie in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5829-1 45.00 EUR (open access)

378 Tom Bleckmann (2024): Formatives Assessment auf Basis von maschinellem Lernen. Eine Studie über automatisiertes Feedback zu Concept Maps aus dem Bereich Mechanik
ISBN 978-3-8325-5842-0 46.50 EUR (open access)

379 Jana Marlies Rehberg (2024): Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn. Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention
ISBN 978-3-8325-5850-5 59.50 EUR (open access)

380 Florian Trauten (2024): Entwicklung und Evaluation von automatisierten Feedbackschleifen in Online-Aufgaben im Fach Chemie
ISBN 978-3-8325-5859-8 46.00 EUR (open access)

381 Johanna Dejanovikj (2024): Reflexion als Lerngegenstand im Unterricht zur Förderung von Bewertungskompetenz
ISBN 978-3-8325-5860-4 41.00 EUR (open access)

382 Katharina Flieser (2024): Verständlichkeit physikalischer Sachtexte. Untersuchungen zum Wirkungsgefüge zwischen sprachlicher Textgestaltung und der Behaltensleistung sowie der Textwahrnehmung im Schulfach Physik
ISBN 978-3-8325-5858-1 44.00 EUR (open access)

383 Stephanie Neppl (2024): Perspektivenübernahme im Physikunterricht. Explorative Interviewstudie zu einer Seminarkonzeption mit dem Schwerpunkt Perspektivenübernahme bei der Planung von Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-5865-9 48.00 EUR (open access)

384 Katja Plicht (2024): Ein Physikübungskonzept zur Förderung der Problemlösekompetenz. Entwicklung und empirische Evaluation eines Strategietrainings auf der Basis von Expertisemerkmalen
ISBN 978-3-8325-5875-8 45.00 EUR (open access)

Vollständige Übersicht unter: https://www.logos-verlag.de/spcl

Alle erschienenen Bücher können unter der angegebenen ISBN direkt online (http://www.logos-verlag.de) oder telefonisch (030 - 42 85 10 90) beim Logos Verlag Berlin bestellt werden.

Studien zum Physik- und Chemielernen

Herausgegeben von Martin Hopf und Mathias Ropohl

Die Reihe umfasst inzwischen eine große Zahl von wissenschaftlichen Arbeiten aus vielen Arbeitsgruppen der Physik- und Chemiedidaktik und zeichnet damit ein gültiges Bild der empirischen physik- und chemiedidaktischen Forschung im deutschsprachigen Raum.
Die Herausgeber laden daher Interessenten zu neuen Beiträgen ein und bitten sie, sich im Bedarfsfall an den Logos-Verlag oder an ein Mitglied des Herausgeberteams zu wenden.

Kontaktadressen:

Univ.-Prof. Dr. Martin Hopf
Universität Wien,
Österreichisches Kompetenzzentrum
für Didaktik der Physik,
Porzellangasse 4, Stiege 2,
1090 Wien, Österreich,
Tel. +43-1-4277-60330,
e-mail: martin.hopf@univie.ac.at

Prof. Dr. Mathias Ropohl
Didaktik der Chemie,
Fakultät für Chemie,
Universität Duisburg-Essen,
Schützenbahn 70, 45127 Essen,
Tel. 0201-183 2704,
e-mail: mathias.ropohl@uni-due.de

Gerade im Physikstudium zeigen sich hohe Abbruchquoten trotz guter schulischer Vorleistungen. Dies ist auch auf psychologische Faktoren wie das (Growth) Mindset zurückzuführen. Internationale Forschung zeigt, dass Lernende mit dieser (Wachstums-) Überzeugung motivierter und leistungsbereiter sind.

Jedoch sind deutschsprachige Instrumente und Interventionen rar bzw. fehlen – insbesondere im physikspezifischen Kontext. Es werden daher die Erkenntnisstufen aus fünf Jahrzehnten Forschung herausgearbeitet und daraus zwei Schwerpunkte abgeleitet:

Zum einen wird die Entwicklung und Validierung eines deutschsprachigen Fragebogens zum physikspezifischen Mindset mit den Subskalen Anstrengungs- und Begabungsüberzeugung vorgestellt. Diese wurden zu fünf Messpunkten ($113 < N < 541$) validiert und dabei von bestehenden Skalen empirisch abgegrenzt. Sie eignen sich somit, um auch längsschnittliche Entwicklungen zu erheben.

Zum anderen wird die Konzeption und Evaluation der ersten deutschsprachigen synergetischen Mindset-Lernstrategien-Intervention für Physik-Studienbeginnende nach den Prinzipien des Design-Thinkings präsentiert ($N = 338$). Es zeigen sich eine hohe Akzeptanz der selbstgesteuerten 45-minütigen Online-Intervention und eine positive Wirkung auf lernförderliche Überzeugungen – insbesondere auch bei Studierenden marginalisierter Gruppen. Damit stellt diese Intervention eine geeignete Grundlage für die Weiterarbeit in zukünftigen Zyklen bzw. Epochen im Design-Based-Research dar.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-5850-5