

Goldhorn, Laura

Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht. Entwicklung eines Fragebogens und Pilotierung einer Intervention

Berlin : Logos Verlag Berlin 2026, 202 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 402) - (Dissertation, Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main, 2026)



Quellenangabe/ Reference:

Goldhorn, Laura: Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht. Entwicklung eines Fragebogens und Pilotierung einer Intervention. Berlin : Logos Verlag Berlin 2026, 202 S. - (Studien zum Physik- und Chemielernen; 402) - (Dissertation, Johann Wolfgang Goethe-Universität in Frankfurt am Main, 2026) - URN: urn:nbn:de:0111-pedocs-364134 - DOI: 10.25656/01:36413; 10.30819/6146

<https://nbn-resolving.org/urn:nbn:de:0111-pedocs-364134>

<https://doi.org/10.25656/01:36413>

in Kooperation mit / in cooperation with:



<https://www.logos-verlag.de>

Nutzungsbedingungen

Dieses Dokument steht unter folgender Creative Commons-Lizenz: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.de> - Sie dürfen das Werk bzw. den Inhalt unter folgenden Bedingungen vervielfältigen, verbreiten und öffentlich zugänglich machen: Sie müssen den Namen des Autors/Rechteinhabers in der von ihm festgelegten Weise nennen. Dieses Werk bzw. dieser Inhalt darf nicht für kommerzielle Zwecke verwendet werden und es darf nicht bearbeitet, abgewandelt oder in anderer Weise verändert werden.

Mit der Verwendung dieses Dokuments erkennen Sie die Nutzungsbedingungen an.

Terms of use

This document is published under following Creative Commons-License: <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.en> - You may copy, distribute and transmit, adapt or exhibit the work in the public as long as you attribute the work in the manner specified by the author or licensor. You are not allowed to make commercial use of the work or its contents. You are not allowed to alter, transform, or change this work in any other way.

By using this particular document, you accept the above-stated conditions of use.



Kontakt / Contact:

peDOCS
DIPF | Leibniz-Institut für Bildungsforschung und Bildungsinformation
Informationszentrum (IZ) Bildung
E-Mail: pedocs@dipf.de
Internet: www.pedocs.de

Mitglied der


Leibniz-Gemeinschaft

Laura Goldhorn

Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht

Entwicklung eines Fragebogens
und Pilotierung einer 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 402

Laura Goldhorn

Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht

Entwicklung eines Fragebogens
und Pilotierung einer 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 2026

ISBN 978-3-8325-6146-8

ISSN 1614-8967

DOI 10.30819/6146

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>

Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht

Entwicklung eines Fragebogens
und Pilotierung einer Intervention

Dissertation
zur Erlangung des Doktorgrades
der Naturwissenschaften

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

von
Laura Goldhorn
aus Frankfurt am Main

Frankfurt 2026
(D 30)

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

Dekan: Prof. Dr. Marc Wagner

Gutachter: Prof. Dr. Thomas Wilhelm
Prof. Dr. Verena Spatz

Datum der Disputation: 03.06.2026

Kurzfassung

Das Mindset von Schülerinnen – verstanden als implizite Theorien über Intelligenz und Fähigkeiten – beeinflusst maßgeblich ihren Umgang mit Lernsituationen, insbesondere bei der Bewältigung von Herausforderungen. Während Schülerinnen mit einem Fixed Mindset Intelligenz und Fähigkeiten als stabile Eigenschaften betrachten und bei Schwierigkeiten eher vermeidende oder aufgebende Reaktionsmuster zeigen, gehen Schüler*-innen mit einem Growth Mindset davon aus, dass Fähigkeiten entwickelbar sind und wenden häufiger adaptive Lernstrategien an. Da Physik von vielen Schüler*innen als besonders anspruchsvolles Fach wahrgenommen wird und zugleich durch hohe Abwahlquoten in der gymnasialen Oberstufe gekennzeichnet ist, ergibt sich ein besonderes Forschungsinteresse am physikbezogenen Mindset.

Zur Untersuchung dieses Konstrukts wurde ein dreifaktorieller Fragebogen entwickelt und validiert, der die impliziten Überzeugungen von Schülerinnen zur (Un)Veränderbarkeit von Intelligenz sowie zur Bedeutung von Begabung und Anstrengung beim Physiklernen erfasst. Die Auswertung der Daten von rund 1600 Schüler*innen verschiedener Jahrgangsstufen zeigt, dass im ersten Lernjahr Physik der Anteil eines physikbezogenen Fixed Mindsets signifikant zunimmt, während der Anteil eines fachbezogenen Growth Mindsets abnimmt. Zudem weist ein höherer Anteil von Mädchen ein physikbezogenes Fixed Mindset auf als Jungen, was mit Befunden zu stärkeren Begabungsüberzeugungen von Mädchen in den Naturwissenschaften übereinstimmt.

Aufbauend auf dem Forschungsstand der Mindset-Interventionsforschung wurde eine Lerneinheit zur Förderung eines physikbezogenen Growth Mindsets entwickelt. Eine explorative Interventionsstudie im Pre-Post-Design liefert erste Hinweise auf die Wirksamkeit dieser Lerneinheit insbesondere bei Schüler*innen mit einem initialen Fixed Mindset.

Die vorliegende Dissertation präsentiert die Entwicklung und Validierung des Fragebogens sowie die Konzeption der Lerneinheit und berichtet die Ergebnisse einer Querschnittserhebung und der explorativ angelegten Interventionsstudie im Pre-Post-Design. Abschließend werden Limitationen der Untersuchung diskutiert und Implikationen für zukünftige Forschung zu domänenspezifischen Mindsets im schulischen Kontext aufgezeigt.

Abstract

Students' mindsets, understood as implicit theories of intelligence and abilities, significantly influence how they approach learning situations, particularly when dealing with challenges. While students with a fixed mindset perceive intelligence and abilities as stable traits and are more likely to show avoidance patterns or give up when encountering difficulties, students with a growth mindset assume that abilities can be developed and therefore tend to employ more adaptive learning strategies. As physics is perceived by many students as a particularly demanding subject and it is characterized by high dropout rates in upper secondary education, there is a specific research interest in physics-related mindsets.

To investigate this construct, a three-factor questionnaire was developed and validated to assess students' implicit beliefs about the (im)mutability of intelligence as well as the role of talent and effort in learning physics. The analysis of data from approximately 1600 students across different grade levels indicates that during the first year of physics instruction, the proportion of students exhibiting a physics-related fixed mindset increases significantly, while the proportion of students with a subject-specific growth mindset decreases. In addition, a higher number of female students shows a physics-related fixed mindset compared to male students, which is consistent with findings indicating stronger talent beliefs among girls in the natural sciences and physics in particular.

Based on previous research on mindset interventions, a teaching unit aimed at fostering a physics-related growth mindset was developed. An exploratory intervention study employing a pre–post design provides initial evidence for the effectiveness of this teaching unit among students who initially held a fixed mindset.

The dissertation presents the development and validation of the questionnaire as well as the design of the teaching unit and reports the results of both a cross-sectional survey and the intervention study. Finally, the limitations of the study are discussed and implications for future research on domain-specific mindsets in school contexts are outlined.

Abkürzungsverzeichnis

ANOVA	ANalysis Of VAriance (einfaktorielle Varianzanalyse)
CFI	Comparative Fit Index
EFA	Explorative Faktorenanalyse
E-Phase	Einführungsphase
FABs	Field-specific Ability Beliefs
FF	Forschungsfrage
FIMI	Framework for the Implementation of Mindset Interventions
G8 / G9	Bezeichnung für ein achtjähriges bzw. neunjähriges Sekundarschulkonzept (Gymnasium 8 / Gymnasium 9)
IGS	Integrierte Gesamtschule
ITIS	Implicit Theories of Intelligence Scale
KFA	Konfirmatorische Faktorenanalyse)
KMO-Kriterium	Kaiser-Meyer-Olkin-Kriterium
M	Mittelwert
NSLM	National Study of Learning Mindsets
PCA	Principal Component Analysis (Hauptkomponentenanalyse)
Q-Phase	Qualifizierungsphase
Q-Q-Plot	Quantil-Quantil-Plot
RMSEA	Root Mean Square Error of Approximation
SD	Standard Deviation (Standardabweichung)
SIB-Effekt	Saying-is-Believing-Effekt
SRMR	Standardized Root Mean Square Residual
TLI	Tucker-Lewis-Index

Inhaltsverzeichnis

Kurzfassung.....	III
Abstract	V
Abkürzungsverzeichnis	VII
Inhaltsverzeichnis	IX
1 Einleitung	1
2 Mindsets: Ein Überblick über Theorie und Forschungsstand.....	5
2.1 Mindset-Theorie nach Dweck	5
2.1.1 Implizite Theorien zur Intelligenz	5
2.1.2 Abgrenzung der impliziten Theorien von anderen sozial- kognitiven Konstrukten.....	7
2.1.3 Begriffsklärung: Implizite Theorien oder Mindset.....	10
2.1.4 Fixed Mindset und Growth Mindset.....	11
2.1.5 Welches Mindset ist richtig?.....	12
2.1.6 Das Mindset messen	14
2.1.7 Physikbezogenes Mindset.....	15
2.2 Mindset-Interventionen	17
2.2.1 Wise Interventions	18
2.2.2 Effekte von Growth-Mindset-Interventionen	19
2.2.3 Umsetzungstreue von Mindset-Interventionen.....	21
2.2.4 Fachbezogene Growth-Mindset-Interventionen	23
2.3 Growth Mindset Classroom Culture: Wie wachstumsorientierte Lernumgebungen auf das Mindset wirken	24
2.4 Status quo der Mindset-Forschung und Desiderata.....	27
3 Forschungsziele.....	31
3.1 Forschungsmotivation	31
3.2 Forschungsfragen	33
3.3 Design der vorliegenden Forschungsarbeit	34
4 Entwicklung eines physikbezogenen Mindset-Fragebogens	37
4.1 Physikbezogene Mindset-Skalen.....	37
4.2 Weitere Konstrukte	38
4.3 Pilotierungsstudie mit dem vorläufigen Mindset-Fragebogen	40

4.3.1	Beschreibung der Stichprobe	41
4.3.2	Durchführung der Studie	41
4.3.3	Aufbau des Fragebogens.....	42
4.4	Auswertung	43
4.4.1	Explorative Faktorenanalyse mit allen Items.....	43
4.4.2	Explorative Faktorenanalyse mit den Mindset-Items	49
4.4.3	Auswertung der Items zur Leistungsattribution.....	59
4.4.4	Auswertung der Grit-Skala	60
4.5	Physikbezogener Mindset-Fragebogen	61
5	Querschnittserhebung: Mindset-Messung.....	63
5.1	Ziel der Studie	63
5.2	Beschreibung der Stichprobe	63
5.2.1	Aufbau des Fragebogens.....	65
5.3	Konfirmatorische Faktorenanalyse	66
5.3.1	Aufteilung des Datensatzes.....	66
5.3.2	Explorative Faktorenanalyse mit der Teilgruppe N_{EFA}	66
5.3.3	Konfirmatorische Faktorenanalyse mit der Teilgruppe N_{KFA} ...	70
5.4	Mittelwertanalysen	73
5.4.1	Mittelwertanalysen in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe...	75
5.4.2	Genderbezogene Mittelwertanalysen.....	77
5.5	Clusteranalyse: Ergebnisse einer Mindset-Typisierung	79
5.5.1	Interpretation der Vier-Cluster-Lösung	83
5.5.2	Mindset-Verteilungen auf Grundlage der Clusteranalyse	86
5.6	Zuordnungsregel: Merkmale der Cluster-Zuordnung übertragbar machen	92
5.7	Exkurs: Mindsets in Physik nach einem Jahr Covid-Pandemie	97
5.7.1	Lernen unter Pandemie-Bedingungen	98
5.7.2	Beschreibung der Stichprobe	98
5.7.3	Ergebnisse: Mindset-Verteilungen	99
5.8	Diskussion	101
5.8.1	Evaluation des Mindset-Fragebogens	101
5.8.2	Physikbezogene Mindsets in verschiedenen Jahrgangsstufen	102
5.8.3	Physikbezogene Mindsets bei Mädchen und Jungen.....	104
5.9	Exkurs: Intelligenzdefinition und Mindset-Messung.....	106
5.9.1	Wie Schüler*innen Intelligenz definieren	107

5.9.2	Intelligenzdefinition und Mindset.....	108
5.9.3	Diskussion.....	110
6	Entwicklung einer physikbezogenen Growth-Mindset-Intervention.....	113
6.1	Umsetzung der Mindset-Intervention im Fach Physik.....	113
6.1.1	Elemente der Mindset-Intervention	115
6.1.2	Das Lernbuch zur Intervention: „Mach dein Gehirn fit für Physik“.....	121
6.2	Pilotierung des Lernbuchs	126
6.2.1	Auswertung der Pilotierung	126
6.3	Smart-Mindset.....	128
7	Interventionsstudie mit der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“	133
7.1	Ziel der Studie	133
7.2	Stichprobe/Durchführung.....	133
7.3	Ergebnisse	136
7.3.1	Responsivität der Teilnehmer*innen	136
7.3.2	Ergebnisse des Manipulations-Checks innerhalb der Lerneinheit	137
7.3.3	Antworten der Schüler*innen bei der SIB-Übung.....	140
7.3.4	Das physikbezogene Mindset der Schüler*innen im Pre-Post-Vergleich.....	142
7.4	Diskussion	147
7.4.1	Responsivität der Teilnehmer*innen	147
7.4.2	Manipulations-Check innerhalb der Lerneinheit	148
7.4.3	SIB-Effekt: Sind die Schüler*innenantworten überzeugend?	149
7.4.4	Pre-Post-Vergleich: Veränderungen beim Mindset der Schüler*innen	151
8	Schlussbetrachtung	155
8.1	Zusammenfassende Diskussion.....	155
8.1.1	Beantwortung der Forschungsfragen	156
8.2	Limitationen	161
8.3	Fazit und Implikationen für die weitere physikbezogene Mindsetforschung im Schulkontext	162

Summary	165
Glossar	167
Danksagung	175
Literaturverzeichnis	177
Abbildungsverzeichnis	195
Tabellenverzeichnis	199
 Anhang.....	 i
A. Items der Fragebogenentwicklung	i
B. Mindset-Fragebogen.....	v
C. Ergänzende Daten zur Querschnittserhebung	ix
D. Material zur Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“	xi
Deutsche Adaption des Informationstexts „You Can Grow Your Intelligence“.....	xv
Das trainierbare Gehirn	xv

“When Do You Feel Smart: When You’re Flawless or When You’re Learning?”

(Carol S. Dweck, 2008a, S. 24)

1 Einleitung

Physik gilt, nicht nur aber auch im schulischen Kontext, als besonders schwierig. Die wahrgenommene Schwierigkeit entsteht durch ein hohes Abstraktionsniveau und Mathematisierung, komplexe Fachsprache und wenig Alltagsbezug für die Schüler*innen (Winkelmann et al., 2021). Gleichzeitig wird Physik gesellschaftlich und institutionell häufig als eine Fachdisziplin dargestellt, die nur für Menschen mit einer besonderen Begabung zugänglich ist. Diese starke Begabungsüberzeugung führt dazu, dass sich viele Schüler*innen von Physik distanzieren und glauben, Physik sei nichts für sie bzw. ihnen fehle eben die nötige Begabung für Physik (Archer et al., 2020). Auch innerhalb der Fachdisziplin sind die Begabungsüberzeugungen stark vertreten (stärker als in anderen Fachdisziplinen) und führen dazu, dass Anstrengung und Persistenz weniger stark hervorgehoben werden, obwohl beides eng mit dem fachlichen Lern- und Leistungsfortschritt verbunden ist (Leslie et al., 2015; Malespina et al., 2022).

Vor diesem Hintergrund gewinnen implizite Fähigkeitstheorien, sog. Mindsets, an Bedeutung. Das von Carol S. Dweck entwickelte Konzept unterscheidet zwischen einem *Fixed Mindset*, das Intelligenz als statisch und determiniert auffasst, und einem *Growth Mindset*, das von einer grundsätzlichen Entwicklungsfähigkeit kognitiver Fähigkeiten ausgeht (Dweck, 2008a). Abhängig vom Mindset lassen sich bei Schüler*innen (auch bei gleichem Leistungsniveau) unterschiedliche Reaktions- und Handlungsmuster beobachten. Lernende mit einem Fixed Mindset interpretieren auftretende Schwierigkeiten eher als Hinweis auf mangelnde Fähigkeiten, tendieren schnell zum Aufgeben und bearbeiten besonders gern Aufgaben auf einem von ihnen selbst als bewältigbar eingestuften Anforderungsniveau. Lernende mit einem Growth Mindset wählen eher die herausfordernden Aufgaben und verstehen Anstrengung und Fehler als Teil des Lernprozesses (Dweck & Leggett, 1988).

Meta-Analysen weisen darauf hin, dass es zwar nur schwache Zusammenhänge zwischen Mindsets und schulischer Leistung gibt, diese jedoch insbesondere bei leistungsschwächeren oder sozioökonomisch benachteiligten Gruppen von Schüler*innen konsistent sind (Burnette et al., 2022; Macnamara & Burgoyne, 2023). Vor allem ist jedoch der Zusammenhang von Mindsets und motivationalen Faktoren, wie einem fachbezogenen Selbstkonzept, Leistungsattributionen und Lernzielorientierung gut belegt (Dweck, 2000; Dweck & Yeager, 2019; Hong et al., 1999).

Mindsets sind außerdem kontextsensitiv und können domänenspezifisch variieren. Schüler*innen unterscheiden also zwischen allgemeinen Überzeugungen zur Intelligenz und fachspezifischen impliziten Fähigkeitstheorien (Limeri, 2025). Insbesondere für den naturwissenschaftlichen und mathematischen Bereich scheinen die kontextspezifischen Mindsets prädiktiv für den Studienerfolg zu sein (ebenda) und auch im deutschsprachigen Kontext konnte ein fachspezifisches Growth Mindset mit geringeren Studienabbruchintentionen und höherer Anstrengungsbereitschaft und Persistenz im Studium in Verbindung gebracht werden (Diederich, 2024; Rehberg, 2024).

Auch für den Physikunterricht ist die Perspektive fachbezogener Mindsets relevant. Lernen in Physik ist kein linearer Prozess, sondern durchsetzt von kognitiven Konflikten, Modellbildungsprozessen und der Revision alltagsnaher Fehlvorstellungen. Das bedeutet, temporäre Irritation und Nicht-Verstehen sind für die meisten Lernenden Teil der fachlichen Entwicklung. Wenn solche Erfahrungen jedoch durch ein Fixed Mindset als Fähigkeitsdefizit interpretiert werden, führt dies zu dem in Physik häufig beobachteten Vermeidungsverhalten: Physikkurse mit erhöhtem Anforderungsniveau werden nur von wenigen Schüler*innen gewählt (Heise & Godau, 2014) und viele andere distanzieren sich von dem Fach („Ich kann einfach kein Physik“). Aufgrund der starken Begabungsüberzeugungen kommt es also zu einer frühen Selbstselektion im Fach Physik. Während viele physikdidaktische Ansätze versuchen, die Lernenden durch veränderte Aufgabenformate, Kontexte oder Unterrichtsstrukturen in konkreten Lernsituationen zu unterstützen, setzt eine physikbezogene Mindset-Forschung auf einer anderen Ebene an. Sie adressiert den individuellen Interpretationsrahmen für Schwierigkeiten, Anstrengung und auch Fehler im Lernprozess. Wenn die verbreitete Annahme,

„Physik können nur Menschen mit einer besonderen Begabung“, Ausdruck eines physikbezogenen Fixed Mindsets ist (und darauf deuten bisherige Forschungsergebnisse hin, vgl. dafür Rehberg (2024) und Spatz & Goldhorn (2021)), könnte die gezielte Förderung eines physikbezogenen Growth Mindsets potenziell die langfristige Lernhaltung gegenüber dem Fach Physik beeinflussen.

Vor diesem Hintergrund wird in der vorliegenden Arbeit ein Erhebungsinstrument zur Erfassung der physikbezogenen Mindsets von Schüler*innen entwickelt und evaluiert, um damit die Verteilungen von Fixed und Growth Mindset im Fach Physik zu erfassen. Außerdem soll der Einfluss einer kurzen Intervention auf das physikbezogene Mindset der Schüler*innen in einer explorativen Studie im Pre-Post-Design untersucht werden. Damit soll ein Beitrag zur Verbindung von Motivationspsychologie und Physikdidaktik geleistet werden, um potenziell über situative Maßnahmen im Physikunterricht hinaus Einfluss auf grundlegende Lernüberzeugungen von Schüler*innen nehmen zu können.

In Kapitel 2 („Mindsets: Ein Überblick über Theorie und Forschungsstand“) wird das theoretische Konstrukt der Mindsets genauer vorgestellt und ein Überblick über die für diese Forschungsarbeit wichtige Mindset-Forschung gegeben, also insbesondere über die domänenspezifische Mindset-Forschung und die Interventions-Forschung zur Förderung des Growth Mindsets. Kapitel 3 („Forschungsziele“) geht genauer auf die Forschungs-lücke ein, bei der die vorliegende Arbeit ansetzt und benennt die konkreten Forschungsfragen, die mit dieser Dissertation beantwortet werden sollen.

Mit Kapitel 4 („Entwicklung eines physikbezogenen Mindset-Fragebogens“) beginnt der empirische Teil der Arbeit. Zunächst wird das Erhebungsinstrument zusammengestellt und in einer Pilotierungsstudie wird ein im Umfang gekürzter und den statistischen Gütekriterien entsprechender Mindset-Fragebogen herausgearbeitet. Kapitel 5 („Querschnittserhebung: Mindset-Messung“) ist die Hauptstudie der vorliegenden Arbeit, in der die physikbezogenen Mindsets von Schüler*innen und deren genderbezogene Ausprägungen bzw. Verteilungen in verschiedenen Jahrgangsstufen untersucht werden. In Kapitel 6 („Entwicklung einer physikbezogenen Growth-Mindset-Intervention“) wird eine Lerneinheit entwickelt, die angelehnt an die Erkenntnisse aus der Mindset-Interventionsforschung eine im Physikunterricht verankerte Growth-Mindset-Förderung bewirken soll. In

Kapitel 7 („Interventionsstudie mit der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“) wird die entwickelte Growth-Mindset-Lerneinheit in einer explorativen Studie im Pre-Post-Design eingesetzt, um ihren Effekt auf das physikbezogene Mindset der Schüler*innen zu untersuchen.

Kapitel 8 („Schlussbetrachtung“) fasst die empirische Arbeit zusammen, bezieht die Ergebnisse auf die Forschungsziele und stellt die Implikationen für weitere physikbezogene Mindset-Forschung im Schulkontext dar.

“When you enter a mindset, you enter a new world. In one world – the world of fixed traits – success is about proving you're smart or talented. Validating yourself. In the other – the world of changing qualities – it's about stretching yourself to learn something new. Developing yourself.”

(Dweck, 2008a, S. 15)

2 Mindsets: Ein Überblick über Theorie und Forschungsstand

2.1 Mindset-Theorie nach Dweck

2.1.1 Implizite Theorien zur Intelligenz

Die Begriffe „*Fixed Mindset*“ und „*Growth Mindset*“ wurden erst für die populärwissenschaftliche Verbreitung der Idee von entwickelbarer oder statischer Intelligenz eingeführt (Dweck (2008): „Mindset: The New Psychology of Success“), die motivationspsychologische Forschung dazu geht jedoch bis in die 1980er Jahre zurück. Dweck und Kolleg*innen beschreiben in ihren ersten Arbeiten die sog. *impliziten Theorien zur Intelligenz* als Erklärungsansatz, warum Menschen unterschiedlich auf Herausforderungen, Misserfolg und Feedback reagieren (Dweck & Leggett, 1988). Implizite Theorien beziehen sich dabei auf strukturierte, erklärungsleitende Annahmen, die Menschen z. B. über Intelligenz haben und die ihre Denk- und Handlungsmuster vorbewusst beeinflussen. Kognitionspsychologisch können implizite Theorien als kohärentes System von Überzeugungen zu einem Thema beschrieben werden. Diese Überzeugungen sind von Personen subjektiv für wahr gehaltene Annahmen über bestimmte Sachverhalte. Wenn Menschen annehmen, dass Intelligenz angeboren ist, handelt es sich dabei um eine Überzeugung (Fishbein & Ajzen, 1975). Überzeugungen bilden auch die Bausteine für Einstellungen, die eine kognitive, affektive oder behaviorale Bewertung von Themen bedeuten (z. B. „Intelligenz ist eine wichtige Eigenschaft“). Während implizite Theorien mehrere Überzeugungen zur Veränderbarkeit bzw. Stabilität von Eigen-

schaften zusammenfassen, haben Eigenschaften immer einen evaluativen Charakter (Fishbein & Ajzen, 1975). Überzeugungen können auch für Schemata genutzt werden, also Teil von Wissensstrukturen zu einem Thema sein. Bei einem Schema über Intelligenz könnten beispielsweise Eigenschaften (analytisch denkend, klug) mit guter Leistung oder Erfolg und Anerkennung verknüpft sein (Fiske & Taylor, 1991), jedoch ohne die evaluierende Komponente von Einstellungen oder die Frage der Veränderbarkeit, die implizite Theorien nach Dweck beinhalten.

Der Begriff der impliziten Theorien bzw. genauer impliziten Persönlichkeitstheorien, ist bereits in der Sozialpsychologie der 1950er Jahre zu finden und sie werden als laienhafte Annahmen über Zusammenhänge von Persönlichkeitsmerkmalen beschrieben (Bruner & Tagiuri, 1954). Aufbauend auf Arbeiten zur Eindrucksbildung wurden die Persönlichkeitstheorien als implizite Wissensstrukturen definiert, die bestimmen, welche Eigenschaften bei Personen als konsistent miteinander wahrgenommen werden. Mit diesem Rahmen der sozialen Wahrnehmung hat das von Dweck und Kolleg*innen beschriebene Konzept der impliziten Theorien zur Intelligenz nicht viel zu tun, es handelt sich nicht um eine Weiterentwicklung, sondern um eine Neukonzeptualisierung des Begriffs im motivationspsychologischen Rahmen und zur Frage der Veränderbarkeit von Intelligenz oder Fähigkeiten. Gemeinsam haben beide Ansätze, dass es sich bei den impliziten Theorien um nicht explizit reflektierte, meist vorbewusst und automatisch wirksame Annahmen handelt, die eine strukturierende Funktion für Reaktions- und Handlungsmuster übernehmen (Bruner & Tagiuri, 1954; Dweck & Leggett, 1988).

Bei den impliziten Theorien nach der Definition von Dweck und Kolleg*innen (auf die sich die vorliegende Arbeit bezieht) ist die Frage der Veränderbarkeit im Fokus: sind persönliche Eigenschaften, wie insbesondere die Intelligenz, stabil und festgelegt, bezeichnen die Forscher*innen dies als *Entitätstheorie* (*Entity Theory*). Können sie jedoch durch Lernen und Anstrengung entwickelt werden, handelt es sich um die *Veränderbarkeitstheorie* (*Incremental Theory*) (Dweck & Leggett, 1988). Abhängig davon, welcher dieser Theorien Menschen (eher) zustimmen, verändert sich ihr motivationales Verhalten in verschiedenen Situationen, unter anderem bei der Wahl von Aufgaben. Schüler*innen, die eher der Idee der Entitätstheorie zustimmen, entscheiden sich überwiegend für Aufgaben, bei denen sie ihre bereits erlernten Kompetenzen unter Beweis stellen können (sog. Performance

Goal Tasks), während Schüler*innen mit einer inkrementellen impliziten Theorie eher Aufgaben wählen, bei denen sie neue Fähigkeiten erlernen können (sog. Learning Goal Tasks). Auch beim Umgang mit Schwierigkeiten im Lernprozess zeigen sich Unterschiede: während Schüler*innen mit einer Entitätstheorie Schwierigkeiten und Rückschläge auf mangelnde Fähigkeiten zurückführen und mit Rückzug und Vermeidung reagieren, passen Schüler*innen mit einer inkrementellen Theorie ihre Strategie an und sehen in der herausfordernden Situation keine Bedrohung, sondern eine Lerngelegenheit (Dweck & Leggett, 1988).

2.1.2 Abgrenzung der impliziten Theorien von anderen sozial-kognitiven Konstrukten

Das Konstrukt der impliziten Theorien wurde in den darauffolgenden Jahren weiter ausdifferenziert, unter anderem wird es von der Intelligenz auf weitere Persönlichkeitsmerkmale und auch soziale Kompetenzen erweitert und auch mit anderen sozial-kognitiven Konzepten verglichen und davon abgegrenzt (Dweck, 2000). Während sich insbesondere die Motivationspsychologie auf dispositionale Persönlichkeitsmerkmale (sog. Traits, vgl. Atkinson (1957)) fokussierte, die gerade im Bildungskontext häufig Stabilitätsannahmen voraussetzen, betont Dweck mit den impliziten Theorien die individuelle Interpretation der Fähigkeiten und daraus abgeleitete Zielsetzungen. Die Interpretation und Einschätzung der eigenen Fähigkeiten findet auch im Konzept der **Selbstwirksamkeitserwartung** nach Bandura (Bandura, 1997) Anwendung, doch Dweck grenzt die impliziten Theorien davon ebenfalls ab: Während die Selbstwirksamkeitserwartung situations- und aufgabenspezifisch ein Kompetenzurteil fällt, stellen die impliziten Theorien eine von der einzelnen Situation losgelöste Theorie zur individuellen Kompetenzerwartung dar. Dweck formuliert die impliziten Theorien als Framework, innerhalb dessen eine Selbstwirksamkeitserwartung ausgebildet wird. Als empirischen Beleg dieser Abgrenzung zeigt sie, dass Personen mit hoher Selbstwirksamkeit, aber einer Entitätstheorie, bei Misserfolgen dennoch hilflos reagieren, während Personen mit niedriger Selbstwirksamkeit, aber mit einer Veränderbarkeitstheorie persistent und lernorientiert sind (Dweck, 2000).

Ein weiteres Konstrukt der Motivationspsychologie, das eng mit den impliziten Theorien verknüpft ist, ist die **Attributionstheorie**. In ihren ersten Publikationen beschäftigte sich Dweck selbst mit erlernter Hilflosigkeit und Leistungsattribution (Dweck & Reppucci, 1973). Daraus entwickelten sich auch die impliziten Theorien, da sich allein auf der Basis der kausalen Zusammenhänge der Attributionstheorie nach Weiner (Weiner, 1979) die Unterschiede in motivationalen Prozessen nicht erklären lassen (Dweck, 1986). Nach der Attributionstheorie erklären Menschen ihren situationsbezogenen Erfolg bzw. Misserfolg entlang von drei Dimensionen: Lokus, Stabilität und Kontrollierbarkeit. Lokus bezieht sich darauf, ob die Ursachenzuschreibung für den (Miss-)Erfolg internal ist (z. B. Begabung) oder external (z. B. Zufall oder Glück). Stabilität bezieht sich darauf, ob die Ursachenzuschreibung konstant (stabil, z. B. Begabung) oder variabel (instabil, z. B. Anstrengung) ist, und Kontrollierbarkeit betrachtet den individuellen Einfluss auf die Ursache: Anstrengung liegt im Einflussbereich der Person (kontrollierbar), die Aufgabenschwierigkeit bei einer Prüfung nicht (unkontrollierbar) (Weiner, 1985). Motivational wirksam werden dann bestimmte Kombinationen dieser Kausalattributionen, von denen einige exemplarisch in Tabelle 2.1.1 dargestellt sind.

Tabelle 2.1.1: Exemplarische Darstellung einiger typischerweise auftretenden Kombinationen von Attributionen nach Weiner (1979) und den daraus entstehenden motivationalen Folgen im Lernprozess.

Ursache	Attributionen (Lokus, Stabilität, Kontrollierbarkeit)	Motivationale Folge
Begabung	internal, stabil, unkontrollierbar	Stolz (bei Erfolg), Hilflosigkeit (bei Misserfolg)
Anstrengung	internal, instabil, kontrollierbar	Hoffnung, Persistenz
Aufgaben- schwierigkeit	external, stabil, unkontrollierbar	Resignation
Zufall/Glück	external, instabil, unkontrollierbar	geringe Lernsteuerung

Dweck (2000) argumentiert, dass die Kausalattributionen situationsbezogen sind und von den impliziten Theorien beeinflusst werden. Personen mit einer Entitätstheorie neigen dazu, Misserfolge auf eine mangelnde Begabung zurückzuführen (internal, stabil, unkontrollierbar), während Personen mit einer Veränderbarkeitstheorie Misserfolge häufiger auf fehlende Anstrengung oder eine schlechte Strategie (internal, instabil, kontrollierbar) attribuieren. Darüber hinaus wird der Stabilitätsbegriff von Dwecks Theorie neu definiert. Während in der Leistungsattribution nach Weiner Begabung und auch Fähigkeit von den Lernenden als stabil angesehen wird, ist die Stabilität nach Dweck abhängig von den impliziten Theorien, d. h. die Attribuierung auf solche Ursachen kann unterschiedliche motivationale Folgen haben. Die impliziten Theorien bilden also eine Art Rahmen und Vorhersagemöglichkeit für die situational auftretenden Leistungsattributionen.

Ein Kritikpunkt, den Dweck bereits im Zusammenhang mit der Attributionstheorie formuliert, der sich jedoch auf die Motivationspsychologie zu dieser Zeit insgesamt ausweiten lässt: Fähigkeit (im Sinne vom Englischen *ability*) wird als relativ stabiles Personenmerkmal verstanden. Im deutschsprachigen Kontext wird oft Begabung als Synonym für Fähigkeit genutzt: beides erklärt, warum sich die Leistung von Personen bei gleicher Anstrengung unterschiedlich entwickelt (beschrieben unter anderem von Nicholls (1984)). In der Leistungsmotivation nach Atkinson (1957) wird Fähigkeit als relativ konstanter Faktor vorausgesetzt (Atkinson, 1957), die Leistungsattribution nach Weiner benennt Fähigkeit als stabile und internale Ursache und auch bei den sog. *Ability Beliefs* werden die eigenen Fähigkeiten von den Personen zwar subjektiv eingeschätzt, dabei aber auch als stabiles Merkmal betrachtet (Wigfield & Eccles, 2000). Dweck positioniert sich mit den impliziten Theorien gegen diese Stabilitätsannahme und fokussiert auf die Überzeugung, die Personen zu einer möglichen Stabilität oder Veränderbarkeit von Fähigkeiten und Intelligenz haben. Somit modulieren die impliziten Theorien, wie Menschen auf Misserfolge reagieren, welche Attributionen sie machen und auch, welche Zielorientierungen sie zeigen (Dweck, 2000; Dweck, 1986; Dweck & Leggett, 1988).

2.1.3 Begriffsklärung: Implizite Theorien oder Mindset

Implizite Theorien ist der in der motivationspsychologischen Forschung verwendete Begriff, um die von Dweck etablierten Überzeugungen zur Natur von Intelligenz (Entitäts- und Veränderbarkeitstheorie) zu beschreiben. Seit der Veröffentlichung des populärwissenschaftlichen Buchs von Dweck (2008) gibt es auch den Begriff *Growth Mindset* (*Veränderbarkeitstheorie*) und *Fixed Mindset* (*Entitätstheorie*). Im Buch und dem daraus entstehenden gesellschaftlichen Diskurs zum Thema werden nur die Mindset-Begriffe genutzt, in der Fachliteratur wird bis heute der Begriff der impliziten Theorien oder Self-Theories verwendet (vgl. Blackwell et al. (2007); Burnette et al. (2013); Yeager et al. (2016)). Die Einführung des neuen Begriffs *Mindset* verändert nichts am Konstrukt, der theoretischen Einbettung oder der Messung. Es handelt sich nur um eine didaktische Übersetzung, da der Begriff der impliziten Theorien abstrakt und metatheoretisch ist, während Mindset alltagsnah und intuitiv verständlicher ist und direkt verdeutlicht, dass es sich um einen Denkraum und Interpretationsmuster handelt, nicht um Persönlichkeitseigenschaften. Gleichzeitig räumen Dweck und Kolleg*innen auch selbst ein, dass mit dem Begriff Mindset auch eine theoretische und methodische Unschärfe entsteht (Dweck & Yeager, 2019). Während die impliziten Theorien in der Psychologie sauber definiert und von ähnlichen Konstrukten abgegrenzt sind (vgl. dazu auch Abschnitt 2.1.1 und 2.1.2), wird der Begriff Mindset auch für temporäre Informationsverarbeitungsstrategien in der Kognitionspsychologie genutzt (Gollwitzer et al., 1990) und wird auch (vor allem populärwissenschaftlich) in der Organisationspsychologie für die Beschreibung einer kompetenzorientierten Haltung (z. B. digitales Mindset) genutzt (French II, 2016). Die meisten fachlichen Publikationen nutzen daher eine Kombination aus beiden Begriffen. Dadurch bleibt die Anschlussfähigkeit des Mindset-Begriffs erhalten, insbesondere in der Kommunikation außerhalb der psychologischen Forschung und in der Anwendung beispielsweise in der Interventionsforschung, und die Arbeiten sind gleichzeitig theoretisch sauber auf den impliziten Theorien fundiert. In der deutschen Übersetzung des populärwissenschaftlichen Buches wird der Begriff Mindset mit *Selbstbild* übersetzt. Diese Bezeichnung hat sich jedoch in der Forschungsliteratur nicht durchgesetzt, es wird auch in deutschsprachigen Publikationen von Mindset oder impliziten Theorien geschrieben.

In der vorliegenden Arbeit werden beide Bezeichnungen synonym verwendet, das bedeutet, der Begriff Mindset bezieht sich im Folgenden immer auf die impliziten Theorien und damit auf die Mindset-Theorie nach Dweck.

2.1.4 Fixed Mindset und Growth Mindset

Fixed Mindset und Growth Mindset bezeichnen also polare implizite Theorien zur Natur von persönlichen Eigenschaften wie Fähigkeiten und Intelligenz: Menschen mit einem Fixed Mindset verstehen Intelligenz als determinierte Größe, die das individuelle Potenzial festlegt; Menschen mit einem Growth Mindset verstehen Intelligenz als eine zu jedem Zeitpunkt weiterentwickelbare Größe, was auch Fähigkeiten als stets ausbaubar und nicht als stabile Merkmale beschreibt (Dweck, 2008a). Diese Dichotomie ist nur eine Annäherung an die impliziten Theorien und korrekt wäre die Beschreibung, dass manche Menschen eine Tendenz zu bzw. eine größere Übereinstimmung mit z. B. der inkrementellen Theorie bzw. einem Growth Mindset haben als andere. Vereinfachend wird im Folgenden jedoch von Fixed und Growth Mindset geschrieben, um die in der Mindset-Theorie angelegte Dichotomie und ihre Konsequenzen insbesondere für den akademischen Kontext zu beschreiben.

Zielorientierung: Personen mit einem Fixed Mindset wählen Leistungsziele auf einem für sie möglichst sicher erreichbaren Niveau, um ihr Können unter Beweis zu stellen, während sich Personen mit einem Growth Mindset eher auf Lernziele fokussieren, um ihr Können weiter auszubauen (Dweck & Leggett, 1988).

Reaktion auf Misserfolg: Personen mit einem Fixed Mindset reagieren oft mit Rückzug und Resignation, da Misserfolge schnell ihre Fähigkeiten und darüber auch ihren Selbstwert bedrohen. Personen mit einem Growth Mindset reagieren eher mit erhöhter Anstrengungsbereitschaft oder einer Strategieanpassung, um doch zum Erfolg zu kommen (Dweck, 2000; Dweck & Reppucci, 1973; Hong et al., 1999).

Umgang mit Herausforderungen: Personen mit einem Fixed Mindset vermeiden Herausforderungen tendenziell, um Misserfolgen vorzubeugen, während Personen mit einem Growth Mindset Herausforderungen als Wachstumsmöglichkeiten gerne annehmen (Dweck & Leggett, 1988).

Persistenz bei Schwierigkeiten: Personen mit einem Fixed Mindset geben bei Herausforderungen schnell auf, um nicht daran zu scheitern und ihren Selbstwert nicht zu bedrohen. Personen mit einem Growth Mindset zeigen hohe Persistenz und Anstrengungsbereitschaft auch bei Schwierigkeiten (Mueller & Dweck, 1998).

Reaktion auf Feedback: Personen mit einem Fixed Mindset interessieren sich besonders für leistungsbezogenes Feedback, während Personen mit einem Growth Mindset prozessbezogenes Feedback bevorzugen, was sich auch in unterschiedlicher Gehirnaktivität zeigen lässt. Fixed-Mindset-Gehirne zeigen besonders viel Aktivität bei korrekativer Rückmeldung und wenig Aktivität bei elaboriertem Feedback. Bei Growth-Mindset-Gehirnen ist mehr Aktivität bei elaborierter Rückmeldung beobachtbar (Moser et al., 2011; Mueller & Dweck, 1998).

Insgesamt kann ein Growth Mindset aufgrund dieser Reaktions- und Handlungsmuster als lernförderlicher und damit im schulischen Kontext als wünschenswert beschrieben werden: „Incremental theorists focus on learning and mastery, which leads to adaptive patterns of behavior in the face of challenge.“ (Dweck & Leggett, 1988). Schüler*innen mit einer Veränderbarkeitstheorie fokussieren sich auf das Lernen und den Kompetenzerwerb und zeigen einen adaptiven Umgang mit Herausforderungen.

2.1.5 Welches Mindset ist richtig?

Ein Growth Mindset ist damit insbesondere in herausfordernden Lernsituationen für den Lernerfolg der bessere Interpretationsrahmen für Schüler*innen oder Studierende, doch wie sind die impliziten Theorien zu Intelligenz und Fähigkeiten in die Neurowissenschaft integriert, welches Mindset ist wissenschaftlich richtig? Die Idee der Entwickelbarkeit von Intelligenz wird, auch in der Mindset-Forschung, mit dem Konzept der Neuroplastizität in Verbindung gebracht. Neuroplastizität beschreibt die Veränderungen der neuronalen Strukturen auf Basis von Erfahrung, Lernen und Umgebungseinflüssen, die über die gesamte Lebensspanne erhalten bleibt. Neuroplastizität ist damit eine wichtige Grundlage für kognitive Entwicklung und Lernprozesse, die wissenschaftlich unbestritten und gut belegbar ist (Sweatt, 2016). Synaptische Neuroplastizität bedeutet: Wenn zwei Neuronen

häufig gemeinsam aktiviert werden, wird die Signalübertragung zwischen ihnen verbessert. Dafür werden bestehende Synapsen (die Verbindungen zwischen Neuronen) durch mehr Rezeptoren verstärkt und auch neue Synapsen gebildet. Zusätzlich werden wenig genutzte Verbindungen zwischen Neuronen abgeschwächt, was ebenfalls zu einer effizienteren Signalübertragung und ausdifferenzierten neuronalen Netzen führt (Magee & Grienberger, 2020). Diese Plastizität des Gehirns ist in den ersten Lebensjahren besonders stark ausgeprägt, bleibt jedoch auch im Erwachsenenalter und sogar bis ins hohe Alter bestehen, was unter anderem auch die Regeneration nach Verletzungen und Krankheiten positiv beeinflusst (Sweatt, 2016). Es gibt Studien, die das psychologische Konstrukt Mindset mit solchen neuronalen Veränderungen verknüpfen und somit eine neurobiologische Verankerung der Mindsets empirisch nachweisen. Die Forscher*innen konnten dabei zeigen, dass eine starke Ausprägung des Growth Mindsets mit einer erhöhten Aktivität und Konnektivität zwischen bestimmten Gehirnarealen einhergeht (Bejjani et al., 2019; Chen et al., 2022; Zeng, 2025).

Aus der Belegbarkeit von Neuroplastizität im Zusammenhang mit einer Veränderbarkeitstheorie zur Intelligenz entsteht leicht der Fehlschluss, jede*r könne alles lernen, man müsse sich nur entsprechend anstrengen. Von dieser Missinterpretation der Mindset-Forschung distanzieren sich Dweck und Kolleg*innen deutlich (Dweck & Yeager, 2019). Dwecks ursprüngliches Forschungsinteresse war es, unterschiedliche Handlungsmuster von Kindern in herausfordernden Lernsituationen zu verstehen, obwohl diese über vergleichbare Fähigkeiten verfügten. Dass Menschen unterschiedliche kognitive Fähigkeiten haben, wird dabei nicht in Frage gestellt. Und auch das passt in den (neuro-)wissenschaftlichen Konsens: Intelligenz ist weder nur angeboren noch vollständig erworben, sondern ein Zusammenspiel aus Genetik und Umwelteinflüssen. Etwa 50 % der Intelligenz sind genetisch bedingt, wobei dieser Anteil populationsbezogen ist und nicht für einzelne Individuen gilt (Polderman et al., 2015). Diese genetische Veranlagung bildet den Potenzialbereich, innerhalb dessen die kognitiven Fähigkeiten durch Umweltfaktoren wie Bildung, Ernährung, Stress und soziale Interaktionen ausdifferenziert werden können (Plomin & Kawakami, 2026). Bei der genetischen Veranlagung von Intelligenz handelt es sich nicht um einzelne Gene, die z. B. eine Begabung in einem bestimmten Bereich bedeuten. Ein häufig genutztes Beispiel ist eine nach-

weisbare Veranlagung für Mathematik. Mathematische Fähigkeiten sind hochgradig polygen, es tragen also viele Gene in ihren Variationen mit jeweils sehr kleinen Effekten zu den Mathematikfähigkeiten einer Person bei. All diese Gene wirken dabei nicht direkt auf die Rechenfähigkeiten einer Person, es sind keine „Mathe-Gene“, sondern sie beeinflussen die neuronale Entwicklung, die synaptische Plastizität in bestimmten Gehirnarealen, die Verarbeitungsgeschwindigkeit und das Arbeitsgedächtnis (Plomin & Von Stumm, 2018). Auch Dyskalkulie, die als Lernstörung der arithmetischen Fähigkeiten beschrieben wird, lässt sich nicht auf ein bestimmtes Gen oder eine Gruppe von Genen zurückführen. Auch hier sind viele verschiedene Gene im Zusammenspiel beteiligt und die unterschiedlichen kognitiven Profile erklären wieder nur einen Teil des auch sehr heterogen ausgeprägten Störungsbilds (Butterworth et al., 2011). Interindividuelle Unterschiede in den mathematischen Fähigkeiten beispielsweise zum Schuleintritt lassen sich also nicht als „angeborene Begabung“ erklären, sondern beruhen auf einem komplexen Zusammenspiel von genetischer Disposition und den dazu passend ausgeprägten Umwelteinflüssen, die einen frühen Kompetenzerwerb in diesem Bereich ermöglichen (Plomin & Von Stumm, 2018).

Es lässt sich somit festhalten, dass das Growth Mindset als implizite Überzeugung zur Veränderbarkeit von Intelligenz und Fähigkeiten mit den neurobiologischen Erkenntnissen zur synaptischen Plastizität gut begründet ist. Das individuelle Potential, innerhalb dessen die kognitive Entwicklung stattfindet, ist zwar durch genetische Veranlagung geprägt, doch nicht deterministisch vorherbestimmt. Vorstellungen wie das (Nicht-)Vorhandensein eines „Mathe-Gens“ prägen hingegen eher ein Fixed Mindset und lassen sich neurowissenschaftlich nicht belegen. Insofern ist das Growth Mindset im schulischen und universitären Kontext nicht nur unterstützender, weil es Herausforderungen als Entwicklungsschritte und nicht als Grenzen der eigenen Möglichkeiten interpretiert, sondern es findet auch mehr Entsprechungen in der Neurobiologie (Chen et al., 2022; Karmiloff-Smith, 2009).

2.1.6 Das Mindset messen

Das Mindset bzw. die impliziten Theorien sind als Überzeugungen stabil (nicht unveränderlich) und so zugänglich, so dass sie im Selbstbericht abgefragt werden

können. Seit den späten 1990er Jahren hat sich als Erhebungsinstrument die *Implicit Theories of Intelligence Scale* (kurz: ITIS) etabliert (Dweck, 2000). Sie umfasst meist sechs bis acht Items, jeweils die Hälfte fragt ein Fixed Mindset (Beispiel-Item: „*You have a certain amount of intelligence, and you really can’t do much to change it.*“ bzw. deutsch: „*Man hat ein bestimmtes Maß an Intelligenz, und daran kann man nicht viel ändern.*“) bzw. ein Growth Mindset ab (Beispiel-Item: „*No matter how much intelligence you have, you can always change it quite a bit.*“ bzw. deutsch: „*Egal wie intelligent man ist – man kann seine Intelligenz stark weiterentwickeln.*“). Auch die Auswertung ist nicht standardisiert: die Items werden von den Befragten auf einer meist 6-stufigen Likert-Skala (1 = stimme gar nicht zu, 6 = stimme voll und ganz zu) beantwortet. Die Growth-Mindset-Items und die Fixed-Mindset-Items bilden empirisch zwei stark negativ korrelierende Faktoren ($r = -.6 \text{ bis } -.8$ (Burgoyne et al., 2020; De Castella & Byrne, 2015), was darauf hindeutet, dass Growth und Fixed Mindset eng verknüpfte, aber trennbare Überzeugungen sind.

In den meisten Studien, und das entspricht auch der theoretischen Argumentation von Dweck und Kolleg*innen, werden die impliziten Theorien jedoch als bipolares Konstrukt verstanden. Das bedeutet, Fixed- und Growth-Mindset-Items fragen Gegenpole derselben Überzeugung ab und werden demnach auch als eine Skala ausgewertet (Cronbachs α_c mit einem Median von $\alpha_c = .86$, (Burnette et al., 2013)). Dafür werden die Antworten der Fixed-Mindset-Items invertiert und je höher der Gesamt-Score bzw. der Skalenmittelwert ist, desto mehr Übereinstimmung mit einem Growth Mindset besteht.

Das mit der ITIS erhobene Mindset ist zeitlich stabil, wenn keine gezielten Interventionsmaßnahmen erfolgen (Blackwell et al., 2007) und ein höherer Score bei der eindimensionalen Auswertung korreliert positiv mit Lernzielorientierung, Persistenz und einem adaptiven Umgang mit Misserfolgen (Burnette et al., 2013; Hong et al., 1999).

2.1.7 Physikbezogenes Mindset

In den meisten Studien wird das Mindset als globales Konstrukt untersucht, was sich auch in der Messung mit der ITIS-Skala widerspiegelt. Gleichzeitig wurde

schon in frühen Arbeiten zu den impliziten Theorien eine domänenspezifische Ausprägung von Fixed und Growth Mindset thematisiert (Dweck et al., 1995) und das allgemeine Konstrukt der impliziten Theorien zur Intelligenz wurde auf schulische und fächerbezogene Fähigkeiten erweitert (Butler, 2000; Robins & Pals, 2002). Schulbezogene Mindsets sind relativ stabil und domänenbezogen, sie beschreiben eine direkte Leistungsinterpretation und wirken auf den Attributionsstil und die emotionale Reaktion der Schüler*innen im Lernprozess (Robins & Pals, 2002).

Im Vergleich der domänenspezifischen Mindsets fällt auf, dass im mathematisch-naturwissenschaftlichen Bereich das Fixed Mindset häufiger vorkommt (Dweck, 2008b), was auch zu den Ergebnissen aus verwandten Forschungsfeldern passt: Bereits junge Schüler*innen glauben in Physik häufiger als in anderen Fächern, dass man ein angeborenes Talent für dieses Fach haben muss (Archer et al., 2020) und insbesondere in Bezug auf sehr erfolgreiche Physiker*innen sind die Begabungsüberzeugungen stärker ausgeprägt als in anderen Fachrichtungen (Leslie et al., 2015).

Trotz des Wissens über die Domänenspezifität von impliziten Theorien wurde in den meisten Studiendesigns die ITIS als Messinstrument verwendet und die Items wurden nur begrifflich an die untersuchte Fachrichtung angepasst, beispielsweise „*math intelligence*“ (Shively & Ryan, 2013) oder „*physics intelligence*“ (Broome, 2001). Erst in den letzten Jahren wurden die domänenbezogenen Mindsets in ihren Charakteristika genauer erforscht. Eine zentrale Arbeit dafür ist von Kalender et al. (2022): Die Forschenden konnten zeigen, dass sich das physikbezogene Mindset von Studierenden in vier statistisch klar trennbare Dimensionen unterteilen lässt. Einerseits unterscheiden sie implizite Theorien zu Wachstumsmöglichkeit (growth) und zu Begabung (ability), andererseits unterscheiden sie Überzeugungen der Studierenden über sich selbst (my) und andere (other's). Daraus ergeben sich vier Komponenten für das physikbezogene Mindset: „My ability“, „My growth“, „Other's ability“ und „Other's growth“. Dieses Ergebnis konnte in einer weiteren Studie validiert werden und in beiden Stichproben erwies sich die Komponente „My ability“ als stärkster Leistungsprädiktor: Insbesondere die Stu-

dierenden, die von ihrer eigenen (determinierten) Fähigkeit überzeugt waren, haben auch gute Noten im Abschluss des Physikkurses erzielt (Malespina et al., 2022).

Mit einem Mindset-Fragebogen, der Begabungsüberzeugungen und Anstrengungsbereitschaft als Ergänzung zur ITIS bei Physikstudierenden zu verschiedenen Zeitpunkten ihres Studiums abfragt, gibt es auch ein deutschsprachiges Messinstrument für das domänenspezifische Mindset (Rehberg, 2024). In dieser Arbeit wurde zwar kein direkter Zusammenhang mit der Leistung der Studierenden erfasst, doch die anfänglich stark ausgeprägte Begabungsüberzeugung der Studierenden lässt im Studienverlauf nach. In einer Studie mit Studierenden aus verschiedenen naturwissenschaftlichen Fachbereichen wurde die Korrelation eines stärker ausgeprägten Growth Mindsets mit geringeren Studienwechsel- bzw. Abbruchintentionen gezeigt (Diederich, 2024). Beide Arbeiten weisen nicht nur auf positive Auswirkungen einer entwicklungsorientierten impliziten Fähigkeitstheorie in Physik hin, sondern zeigen auch die Übertragbarkeit der Mindset-Forschung in den deutschsprachigen akademischen Kontext.

2.2 Mindset-Interventionen

Insbesondere in den frühen Arbeiten zu den impliziten Theorien betonen die Forscher*innen immer wieder die Abgrenzung von Mindsets zu Persönlichkeitsmerkmalen (sog. *Traits*). Fixed und Growth Mindset sind Überzeugungssysteme, die zwar stark wirken, aber auch veränderbar sind. Während die Beschreibung und Erhebung von Mindsets wertvolle Erklärungsansätze für Verhaltensmuster im Lernkontext darstellen, ist natürlich die mögliche Förderung eines Growth Mindsets didaktisch besonders relevant. Während Hong et al. (1999) die situationsbezogene Manipulierbarkeit von Mindsets zeigen konnten, gilt die randomisierte Interventionsstudie von Aronson et al. (2002) als Machbarkeitsnachweis für die Growth-Mindset-Förderung. Der Interventionsgruppe in dieser Studie wurde die Idee vermittelt, dass Intelligenz veränderbar ist. Diese Grundbotschaft wurde durch Informationen zur Neuroplastizität (der Veränderbarkeit des Gehirns) ergänzt und in einer

abschließenden Schreibaufgabe sollten die Teilnehmenden das Gelernte wiederholen und dadurch verinnerlichen. Die Intervention führte nicht nur zu einem höheren Growth-Mindset-Score, sondern auch zu einer stärkeren Fokussierung auf das Studium, zu stärkerer Wertschätzung von Bildung und, insbesondere bei Studierenden die stereotypisierten Minderheiten angehörten, zu einer signifikanten Leistungsverbesserung (Aronson et al., 2002).

In einer ersten Phase der Mindset-Interventionen (Yeager & Dweck, 2020) wurden die Mechanismen untersucht, wie die Growth-Mindset-Botschaft auf das Verhalten von Schüler*innen und Studierenden in Lernsituationen wirkt und die von Dweck & Leggett (1988) formulierte Kausalkette konnte bestätigt werden: implizite Theorien beeinflussen vor allem die Zielorientierung (Lern- oder Leistungsziele) und die Attributionen. Diese wiederum beeinflussen das Lernverhalten und damit die Leistung der Schüler*innen und Studierenden (Burnette et al., 2013).

2.2.1 Wise Interventions

Der Begriff *Wise Interventions* bedeutet so viel wie psychologisch kluge Interventionen. Es handelt sich dabei um kurze, psychologisch präzise Interventionsmaßnahmen, die kontextsensitiv sind und bei den Teilnehmer*innen selbstverstärkende Prozesse anstoßen sollen (Walton, 2014; Walton & Wilson, 2018). Ab 2011 werden immer mehr Mindset-Interventionen gezielt als Wise Interventions konzipiert, unter anderem die National Study of Learning Mindsets (kurz: NSLM, Yeager et al., 2019), eine präregistrierte, US-repräsentative Studie mit Schüler*innen der 9. Jahrgangsstufe. Ein Auslöser für diese Entwicklung sind die langfristigen Effekte einer Growth-Mindset-Förderung, die Blackwell und Kolleg*innen (2007) in einer Feldstudie im Schulkontext zeigen konnten und die sich über die selbstverstärkenden Zyklen erklären lassen, die im Fokus der Wise Interventions stehen (Yeager & Walton, 2011). Im Rahmen der Intervention wird die zentrale Growth-Mindset-Botschaft vermittelt, die Teilnehmer*innen lernen also, dass Intelligenz veränderbar ist und in der Folge auch Fähigkeiten weiter ausgebaut werden können. Mit dieser Botschaft begegnen sie im Schulalltag der nächsten herausfordernden Situation, beispielsweise einem Test. Möglicherweise lernen sie mehr für diesen Test, weil die Growth-Mindset-Botschaft ihren Bezug zu Fleiß

und Anstrengung verändert oder sie attribuieren ihr Testergebnis nach lernunterstützenden Attributionsmustern. Das kann wiederum zu einer Stärkung der Growth-Mindset-Botschaft führen, weil ihr entsprechend gehandelt wird und damit möglicherweise auch Lernerfolge einhergehen. Je häufiger dieser Prozess abläuft, desto stärker wird die inkrementelle (wachstumsorientierte) Überzeugung zu Intelligenz und Fähigkeiten verinnerlicht, so dass auch Wochen bis Monate nach einer kurzen Intervention Effekte in der Messung des Mindsets beobachtet werden können (Burnette et al., 2022; Yeager & Walton, 2011). Damit diese Prozessspirale im Sinne der Wise Interventions überhaupt aktiviert wird, muss die Mindset-Intervention kontextsensitiv eingesetzt werden (Walton, 2014), beispielsweise muss sie für Schüler*innen an ihre Alltagserfahrungen in der Schule anknüpfbar sein und für Studierende Herausforderungen aus ihrem universitären Lernfeld aufgreifen.

2.2.2 Effekte von Growth-Mindset-Interventionen

Die Wise Interventions sowie die schon vorher durchgeführten Interventionsstudien zum Growth Mindset beziehen sich vor allem auf eine Wirkung der Intervention auf das Mindset der Teilnehmenden. Mit einem gestärkten Growth Mindset wird auch die motivationale Selbstregulation gefördert, teilnehmende Schüler*innen berichten höhere Selbstwirksamkeit und zeigen erhöhte Persistenz und Anstrengungsregulation beispielsweise in herausfordernden Lernsituationen (Ba et al., 2025; Blackwell et al., 2007; Mueller & Dweck, 1998). Gleichzeitig berichten einige dieser Studien bereits von Effekten der Growth-Mindset-Intervention auf die Leistung der Schüler*innen (z. B. Blackwell et al. (2007)). Ein direkter und genereller Zusammenhang zwischen einer (singulären) Growth-Mindset-Intervention und der Leistung von Schüler*innen (gemessen meist am Notendurchschnitt) ist nicht nachweisbar, was sowohl Einzelstudien (z. B. von Ba et al., 2025)) als auch Meta-Analysen zeigen (Burnette et al., 2022; Macnamara & Burgoyne, 2023). Was sich dagegen zeigen lässt, ist ein Mediator-Zusammenhang von Growth Mindset und Leistungsverbesserungen durch indirekt mit der Intervention geförderte motivationalen Aspekte wie Anstrengungsregulation und

Persistenz (Ba et al., 2025; Mrazek et al., 2018), was auch zur theoretischen Argumentation von Dweck und Kolleg*innen zu den impliziten Theorien passt (Dweck & Leggett, 1988; Yeager & Dweck, 2020).

Im Diskurs um Lernfördermaßnahmen und entsprechende Bildungsprogramme, in dem auch die Mindset-Theorie eine wichtige Rolle spielt, sind Effekte auf die Leistung der Teilnehmenden jedoch ein zentrales Argument, weshalb auch in der Mindset-Forschung immer wieder Leistungseffekte betont werden. In den oben bereits genannten Meta-Analysen zur leistungsbezogenen Wirksamkeit von Mindset-Interventionen (Burnette et al., 2022; Macnamara & Burgoyne, 2023) wurden keine relevanten universellen Effekte auf die Leistung der Schüler*innen gefunden. Burnette et al. (2022) finden jedoch in bestimmten Subgruppen kleine Effektstärken bis $d \approx .14$ und es gibt auch Einzelstudien, die kleine bis moderate Effekte der jeweiligen Growth-Mindset-Intervention auf die Leistung der Teilnehmer*innen berichten, ebenfalls nur für bestimmte Subgruppen (Blackwell et al., 2007; Good et al., 2003; Harackiewicz et al., 2016; Paunesku et al., 2015; Yeager et al., 2019). Diese Subgruppen sind entweder leistungsschwächere Schüler*innen (Blackwell et al., 2007; Yeager et al., 2019), die z. B. bereits gefährdet waren, den Kurs nicht zu bestehen (Harackiewicz et al., 2016; Paunesku et al., 2015) oder sie gehören zu einer Minderheitengruppe (Good et al., 2003) oder kommen aus strukturell benachteiligten Familien (Yeager et al., 2019). Mindset-Interventionen zeigen also unter bestimmten Bedingungen kleine Effekte ($d = .01 - .02$) auf die Leistung, insbesondere bei teilnehmenden Schüler*innen mit erhöhtem Förderbedarf. Gerade die Untersuchungen von Paunesku et al. (2015) und Yeager et al. (2019) sind kurze, skalierbar durchführbare Online-Trainings und obwohl die berichteten Effekte klein sind, sind sie, bezogen auf das Kosten-Nutzen-Verhältnis, im Vergleich zu häufig zeit- und kostenintensiven Bildungsprogrammen, deren Effektstärken meist im moderaten Bereich verortet sind, gar nicht mehr so unbedeutend, wie in den Meta-Analysen geschlussfolgert wurde (Yeager & Dweck, 2020).

2.2.3 Umsetzungstreue von Mindset-Interventionen

Die ersten Mindset-Interventionen sind vor über 20 Jahren veröffentlicht worden (Aronson et al., 2002; Good et al., 2003), doch bisher wurde noch kein „Gold-Standard“ für Mindset-Interventionen festgelegt, so dass es zu einer großen Variation in der inhaltlichen und methodischen Umsetzung kommt. Als Beispiel können zwei groß angelegte Studien herangezogen werden. In der für die USA repräsentativen NSLM (Yeager et al., 2019) wurde die Mindset-Intervention in zwei kurzen Einheiten (jeweils ca. 25 Minuten) unter strenger Kontrolle online durchgeführt. In dieser Studie konnten sehr schwache, aber statistisch signifikant positive Effekte auf die Leistung der Schüler*innen festgestellt werden ($d = .05$), die für die Subgruppe der leistungsschwächeren Schüler*innen deutlich höher ausfallen ($d = .18 - .20$). In der ebenfalls sehr groß angelegten Studie *Changing Mindsets* von Foliano et al. (2019) konnten hingegen keine Effekte nachgewiesen werden. Im Unterschied zur Studie NSLM wurden in dieser Studie die Lehrkräfte geschult und haben die Intervention mit ihren Schüler*innen in Form eines achtwöchigen Kurses selbst durchgeführt. Durch diese Umsetzungsvariabilität der Mindset-Interventionen werden vergleichende Analysen entsprechend schwierig. Die großen Meta-Studien zu Mindset-Interventionen von Sisk et al. (2018), Burnette et al. (2022) und Macnamara & Burgoyne (2023) arbeiten ebenfalls nach jeweils eigenen Kriterien, wodurch unterschiedliche Studien eingeschlossen und als „gut“ bewertet werden. Das Problem der Umsetzungstreue haben Burnette et al. (2023) aufgegriffen und begonnen, einen Kriterienkatalog für Mindset-Interventionen zu entwickeln (auf Englisch: Framework for the Implementation of Mindset Interventions, kurz: FIMI). Dieser Kriterienkatalog soll eine strukturierte Analyse der Wirksamkeit von Mindset-Interventionen ermöglichen, indem sechs Kategorien definiert werden, zu denen Mindset-Interventionen sich positionieren sollen.

1. **Kernelemente:** Mindset-Interventionen müssen beinhalten, dass bestimmte Kompetenzen, Eigenschaften oder Emotionen veränderbar sind und eine Methode vermitteln, die den Teilnehmer*innen hilft, diese Entwicklungsorientierung zu verinnerlichen.
2. **Umsetzungsqualität:** Um die Growth-Mindset-Botschaft gut zu vermitteln, sollen bestimmte Kriterien in der Umsetzung berücksichtigt werden.

Yeager und Kolleg*innen (2016) haben dazu acht Punkte formuliert. Mindset-Interventionen sollten demnach:

- a. Neurowissenschaftliche Informationen einbeziehen.
 - b. Glaubwürdige Quellen nutzen.
 - c. Wissenschaftliche Belege für die Möglichkeit der Veränderbarkeit liefern.
 - d. Autonomie der Schüler*innen respektieren.
 - e. Soziale Normen und Vorbilder einbeziehen.
 - f. Schuldzuweisungen vermeiden und ein positives Selbstbild fördern.
 - g. Persönliche Relevanz für die Schüler*innen haben.
 - h. Metaphern nutzen, die die Botschaft einprägsam machen.
3. **Erweiterungen:** Viele Mindset-Interventionen beinhalten weitere Elemente, z. B. zu Lernstrategien oder dem Zugehörigkeitsgefühl der Schüler*innen. Dabei muss jedoch berücksichtigt werden, dass diese möglicherweise die Effekte der Growth-Mindset-Botschaft beeinflussen und nicht klar trennbar sind.
4. **Umfang:** Diese Kategorie meint sowohl die Zeit als auch die Häufigkeit, die Teilnehmende mit der Mindset-Intervention konfrontiert sind. Denn während anzunehmen ist, dass häufigere und längere Auseinandersetzungen mit den Inhalten der Intervention auch stärkere Effekte auf das Mindset der Schüler*innen haben, fehlen in vielen Studien Angaben dazu, so dass es noch keine Belege dafür gibt.
5. **Interventions-Setting:** Unter diesen Punkt fallen das „Wo“ und das „Wie“ der Intervention. Viele Interventionen finden inzwischen als (online verfügbares) Selbstlernmaterial statt, manche sind jedoch auch in den Schulkontext eingebettet und werden entweder von Lehrkräften oder externen Tutor*innen durchgeführt. Und auch möglicherweise bereits vorhandenes Wissen zum Thema Growth Mindset gehört zum Interventions-Setting. Bei der Studie von Yeager et al. (2019) gehört es zu den Ergebnissen, dass besonders gute Effekte in den Klassen erreicht wurden, in denen die Lehrkräfte eine wachstumsunterstützende Atmosphäre gestalten. In der Changing-Mindsets-Studie wiederum beruht ein Erklärungsansatz der Forschenden auf der bereits großen Sättigung mit dem Thema Growth Mindset bei

den Schüler*innen, wodurch keine große Veränderung mehr erwartbar sei (Foliano et al., 2019).

6. **Teilnehmer*innen-Responsivität:** Dieses Kriterium umfasst Engagement und Verständnis auf Seiten der Schüler*innen. Dafür müssen die Inhalte der Intervention einerseits altersgerecht und möglichst Interesse weckend aufbereitet sein und die Teilnahme und das Verständnis der Schüler*innen sollte in irgendeiner Form erfasst werden, z. B. durch kurze Abfragen innerhalb der Intervention (Yeager et al., 2016).

2.2.4 Fachbezogene Growth-Mindset-Interventionen

Da die impliziten Theorien im akademischen Kontext insbesondere in herausfordernden Lernsituationen relevant sind, werden Interventionsstudien oft so gestaltet, dass die Teilnehmenden mit Lernherausforderungen konfrontiert sind, z. B. in naturwissenschaftlichen oder Mathematik-Kursen an der Universität oder im Mathematikunterricht. Inhaltlich wird die Growth-Mindset-Intervention dabei jedoch in der Regel nicht an das jeweilige Fach angepasst bzw. es werden nur einzelne Formulierungen angepasst, z. B. beziehen sich eingebettete Erfahrungsberichte von älteren Schüler*innen oder Studierenden auf das Fach (Paunesku et al., 2015; Yeager et al., 2016). Einzelne Growth-Mindset-Interventionen werden jedoch tiefer in den Fächern verankert, auf die sie bezogen sind. Für den Physikunterricht gibt es eine Interventionsmaßnahme, die fünf Wochen unterrichtsbegleitend stattfindet. Zusätzlich zu einer allgemeinen Growth-Mindset-Botschaft werden auch handlungsorientierte Lernnormen vereinbart und im Unterricht immer wieder aufgegriffen: 1. Jede*r kann Physik lernen, 2. Fehler sind wertvoll und 3. Fragen sind wichtig (Zeeb et al., 2020). Die Studie ist nicht nur für fachbezogene Growth-Mindset-Interventionen ein wichtiges Beispiel, sondern zeigt auch die nachhaltigere Wirkung einer Growth-Mindset-Förderung, wenn diese in den regulären Unterricht integriert wird, im Vergleich zu den häufig singulär stattfindenden Interventionsmaßnahmen, die vom restlichen Unterrichtsgeschehen losgelöst sind. In einer weiteren physikbezogenen Growth-Mindset-Intervention wird untersucht, ob Lernende mit einem Growth Mindset komplexe Physik-Aufgaben besser bewältigen können. Dafür wurde nach einer Growth-Mindset-Intervention eine Unterrichtseinheit zum Doppler-Effekt durchgeführt und anschließend das Mindset

der Schüler*innen, die kognitive Belastung beim Verarbeiten des Gelernten und das inhaltliche Wissen zum Doppler-Effekt abgefragt. Die Schüler*innen, die stärkere Growth-Mindset-Übereinstimmung zeigten, berichteten weniger kognitive Belastung und bessere Ergebnisse in der Wissensabfrage und im Transfer des Gelernten. Die Forscher*innen schlussfolgern daraus, dass ein Growth Mindset auch eine geringere kognitive Belastung für die Lernenden bedeutet und sich darüber Leistungseffekte erklären lassen (Platte et al., 2025).

Auch im universitären Kontext wurde eine Growth-Mindset-Intervention für zunächst Physik (Rehberg, 2024) und später noch für andere naturwissenschaftliche Studiengänge (Diederich, 2024) entwickelt. Darin werden die oben genannten Kernelemente einer Mindset-Intervention (vgl. Abschnitt 2.2.3) mit Lernstrategien kombiniert. Den Teilnehmenden wird somit nicht nur die Growth-Mindset-Botschaft, sondern direkt eine handlungsorientierte Unterstützung für schwierige Situationen im Studium mitgegeben. Die Ergebnisse zeigen eine stärkere Growth-Mindset-Orientierung bei den teilnehmenden Studierenden, besonders bei denjenigen, die vorher eher einem Fixed Mindset zugeordnet wurden. Bei Studierenden, die von inhaltlichen Schwierigkeiten im Studium berichten, korreliert ein stärkeres Growth Mindset mit geringeren Studienabbruchintentionen (Diederich, 2024). Da die Studienabbruchquoten in den naturwissenschaftlichen Fächern hoch sind, ist dieses Ergebnis besonders relevant in Bezug auf die Wirkung fachbezogener Growth-Mindset-Interventionen.

2.3 Growth Mindset Classroom Culture: Wie wachstumsorientierte Lernumgebungen auf das Mindset wirken

In der Mindset-Interventions-Forschung lässt sich eine zweite Phase beschreiben, in der die Skalierbarkeit im Fokus der Forschung stand. Die Growth-Mindset-Interventionen sollten von den teilnehmenden Schüler*innen bzw. Studierenden eigenständig durchgeführt werden können und der Zeitaufwand sollte möglichst gering bleiben, so dass möglichst viele Schulen bzw. Hochschulkurse daran teilnehmen können (Yeager et al., 2016). Die Forscher*innen stellen dabei nicht in

Frage, dass Interventionen über längere Zeiträume in Bezug auf eine Mindset-Veränderung stärkere Effekte zeigen, aber priorisieren mit der Skalierbarkeit die Umsetzbarkeit der Intervention im Lernalltag von Schüler*-innen bzw. Studierenden (Yeager & Dweck, 2020). Die kurzen, einmalig durchgeführten Trainings können als niedrigschwelliger Zugang zur Growth-Mindset-Förderung verstanden werden, auf denen natürlich noch aufgebaut werden kann, indem z. B. wachstumsorientierte Lernumgebungen und deren Wirkung auf das Growth-Mindset betrachtet wird. Dafür wurde unter anderem untersucht, wie sich das Mindset der Lehrkräfte auf das Mindset ihrer Schüler*innen oder auch auf die Interventionen auswirkt. Aus den Daten der bereits erwähnten NSLM (Yeager et al., 2019) konnten die Forscher*innen ableiten, dass ihre Mindset-Intervention besonders erfolgreich war, wenn die Lehrkräfte ein Growth Mindset hatten (Yeager et al., 2022). Hecht et al. (2023a) konnten zudem zeigen, dass auch eine Mindset-Intervention, an der nur die Lehrkräfte teilnehmen, sich auf das gemessene Mindset der Schüler*innen auswirkt. Erklären lassen sich diese Effekte durch die sogenannte *Growth Mindset Classroom Culture*, also das im Sinne der impliziten Theorien wachstumsorientiert gestaltete Lernumfeld, das Lehrkräfte kreieren, wenn sie von sich aus oder durch Trainings ein Growth Mindset vertreten. *Growth Mindset Classroom Culture* umfasst im Wesentlichen die folgenden Punkte:

- a) **Explizit wachstumsorientierte Botschaften der Lehrenden:** die Lehrkräfte und Dozent*innen kommunizieren in der täglichen Interaktion mit den Lernenden, dass Fähigkeiten und Verständnis entwickelt werden können, sie betonen Lernen als Prozess und ermutigen zum Annehmen von Herausforderungen (Hecht et al., 2023b).
- b) **Strukturelle Gelegenheiten für Verbesserungen:** Lernende erhalten die Möglichkeit zur Überarbeitung und Verbesserung von ihren Aufgaben und es gibt Bewertungsschemata, bei denen der Fortschritt mitberücksichtigt wird. Dadurch wird Verbesserung als Teil des Lernprozesses verankert (Hecht et al., 2023b).
- c) **Lernzielorientierung:** Der Fokus liegt auf Verständnis und Fortschritt, statt auf reiner Leistungs- und Ergebnisorientierung. Dadurch entstehen Lernumgebungen, in denen Herausforderung, Persistenz und Entwicklung anstelle von Noten oder Prüfungen im Mittelpunkt stehen (Bardach et al., 2024).

- d) **Unterstützende Lern- und Fehlerkultur:** In einer *Growth Mindset Classroom Culture* werden Fehler nicht als Beweis mangelnder Fähigkeiten verstanden, sondern als Teil des Lernprozesses. Lehrende betonen, wie Aufgaben gelöst werden können, um mögliche Strategien sichtbar zu machen und in der Reflexion auch individuelle Fortschritte zu identifizieren. Auch das unterstützt Lernende darin, Herausforderungen aktiv anzunehmen (Hecht et al., 2023b).
- e) **Klassenklima:** Die Elemente einer *Growth Mindset Classroom Culture* wirken als Zusammenspiel in einem Klassenklima, das den Lernenden vermittelt, dass jede*r mit Unterstützung lernen und sich weiterentwickeln kann. Das umfasst sowohl die Beziehung zwischen Lehrenden und Lernenden als auch die sozialen Normen zwischen den Lernenden. Lernerfolge werden nicht im sozialen Vergleich gemessen, sondern am individuellen Fortschritt (Murphy et al., 2021; Zeeb et al., 2020).

Das Wissen zu *Growth Mindset Classroom Culture* führt zu veränderten Studiendesigns, da verstärkt die Lehrkräfte und Dozent*innen adressiert werden. Während zunächst nur das Mindset der Lehrenden (mit)erhoben wurde und mögliche Effekte bei den Schüler*innen untersucht wurden (vgl. Canning et al., 2019; Canning et al., 2024; Yeager et al., 2019), werden nun auch Lehrkräfte gezielt geschult, die *Growth Mindset Classroom Culture* umzusetzen. In einer Studie wurden zunächst Lehrkräfte in den Themen der *Growth Mindset Classroom Culture* geschult, um anschließend selbst eine mehrteilige Growth-Mindset-Intervention mit ihren Schüler*innen der 6. und 7. Jahrgangsstufe durchzuführen und sie das weitere Schuljahr über mit den entsprechenden wachstumsorientierten Normen für die Lernumgebung zu begleiten. Aus dieser Studie konnten nicht nur erhöhte Growth-Mindset-Werte bei den Schüler*innen gemessen werden, sondern auch mittlere Leistungsverbesserungen von $d = .27$ berichtet werden (Porter et al., 2022). Während diese Studie recht zeitintensiv ist, haben Hecht und Kolleg*innen (2023) die für die *NSLM* entwickelte, kurze Online-Intervention für Lehrkräfte adaptiert. Und auch mit dieser kurzen Schulungsmaßnahme konnten vergleichbare motivationale Effekte bei den Schüler*innen gezeigt werden und in den Klassen mit vielen sozialökonomisch benachteiligten Schüler*innen waren auch kleine Leistungseffekte messbar, ohne dass die Schüler*innen in einer direkten Intervention adressiert wurden (Hecht et al., 2023a).

Nach aktuellem Forschungsstand (März 2026) scheint der Ansatz des *Mindset-Teacher-Trainings*, also Lehrende zur *Growth Mindset Classroom Culture* und deren Bedeutung für den Lernweg ihrer Schüler*innen und Studierenden zu schulen, vielversprechend, um mit kostengünstigen, niedrigschwelligen und leicht skalierbaren Interventionen möglichst viele Lernende zu unterstützen. Die besten Ergebnisse erzielten kombinierte Interventionen, wenn also sowohl mit den Lehrenden als auch mit den Schüler*innen bzw. Studierenden Growth-Mindset-Interventionen durchgeführt wurden (Combette et al., 2024). Gleichzeitig ist bei diesem Ansatz zu berücksichtigen, dass es sich bei den bisher teilnehmenden Lehrkräften um eine Positiv-Auswahl im Sinne einer Growth-Mindset-orientierten Lernumgebung handeln könnte und es bei größer angelegten Studien möglicherweise zu Diskrepanzen zwischen dem angegebenen Mindset der Lehrkräfte und ihrem tatsächlichen unterrichtspraktischen Handeln kommt, da sie über das Konzept und die Bedeutung lernen, jedoch nicht zwangsläufig ihre impliziten Theorien nachhaltig verändern, wenn diese eher einem Fixed Mindset entsprechen (Rissanen et al., 2019; Yu et al., 2022).

2.4 Status quo der Mindset-Forschung und Desiderata

Mit dem vorliegenden Kapitel zur Mindset-Forschung soll ein Überblick (ohne Anspruch auf Vollständigkeit) über die Entwicklung des theoretischen Konstrukts der impliziten Theorien und der forschungsbezogenen Erkenntnisse insbesondere zur Förderung eines inkrementellen Verständnisses von Intelligenz und Fähigkeiten gegeben werden. Während das populärwissenschaftlich häufig aufgegriffene Mindset-Konzept eine Art Wundermittel zum erfolgreichen Lernen verspricht, ist das motivationspsychologische Konstrukt der Mindsets theoretisch plausibel und die indirekte Wirkung auf den Lernprozess durch Attributionen sowie Motivations- und Selbstregulationsprozesse ist empirisch gut belegt. Dabei wird in neueren Publikationen auch die Kontext- und Domänensensitivität von Mindsets betont. Die korrelativen Zusammenhänge zwischen einem Growth Mindset und erhöhter Persistenz im Lernprozess und adaptiven Reaktionen auf Herausforderungen und Misserfolge sind robust, die Effekte auf akademische Leistung jedoch klein und

nur in bestimmten Subgruppen relevant. Auch die Growth-Mindset-Interventionsforschung zeigt dieses Ergebnis: Das Growth Mindset von Lernenden lässt sich beeinflussen, sogar durch sehr kurze, einmalig stattfindende Trainings, die dadurch kosteneffizient skalierbar sind. Die Effektstärken sind im Durchschnitt sehr klein bis kaum vorhanden, außer für Schüler*innen in besonders herausfordernden Kontexten, z. B. durch strukturell schlechte Vorbedingungen oder in akademischen Übergangssituationen. Neben den Effekten nur durch die Intervention wird auch das Lernumfeld in der Mindset-Forschung immer mehr berücksichtigt: Mindset-Botschaften, die von Lehrkräften oder Bezugspersonen formuliert werden und auch strukturelle Bedingungen im Lernalltag beeinflussen das Mindset der Lernenden, möglicherweise sogar stärker als direkte Interventionen. Insgesamt ist die Mindset-Forschung jedoch (noch) nicht gut genug vergleichbar. Sowohl in der Messung von Mindsets als auch in der Interventions-Forschung gibt es eine große Variabilität in der Umsetzung, die eine einheitliche Schlussfolgerung kaum möglich macht. In den letzten Jahren sind dazu mehrere Meta-Analysen durchgeführt worden, die einen besseren Überblick in Bezug auf die Mindset-Fragen ermöglichen, jedoch ebenfalls unterschiedliche Güte-Kriterien anlegen.

Neben der Kritik an den im Mittel sehr kleinen oder nicht-signifikanten Effekten der Mindset-Interventionen und den methodischen Schwächen hinsichtlich der Vergleichbarkeit, wird auch die explizite Messung der Mindsets über Selbstberichte immer wieder in Frage gestellt. Schon die Bezeichnung des Konstrukts als implizite Theorien legt nahe, dass diese Überzeugungen von den befragten Personen nicht vollständig abrufbar sind und dadurch ist auch die Aussagekraft der Selbstberichte zum Mindset kritisch zu betrachten. Diese Kritik wird immer wieder formuliert, doch erst in den letzten Jahren wurden vermehrt Studien mit impliziten Messmethoden zum Mindset veröffentlicht. Implizite Messmethoden meint in diesem Fall, dass das Konstrukt nicht direkt über einen Fragebogen erfasst wird, sondern indirekt über das Verhalten der Studienteilnehmer*innen (z. B. Messung der Reaktionszeit oder Antwortmuster) ausgewertet wird. Im Vergleich zu Fragebögen oder Interviews ist die bewusste Kontrolle der Teilnehmenden gering und Effekte wie soziale Erwünschtheit sind viel weniger relevant. Die Studienergebnisse zeigen, dass implizite Messungen eine andere Facette des Mindsets abbilden. In kombinierten Studien (z. B. Fragebogenerhebung mit zusätzlichem Mouse-Tracking, um die spontane Reaktion auf die Mindset-Aussagen zu messen) wird

das durch geringe Korrelation der impliziten und expliziten Ergebnisse bestätigt (Guo et al., 2025; Sik et al., 2024).

Es lässt sich also festhalten: Mindsets sind kein Wundermittel, können aber unter der Berücksichtigung von Kontext und Zielgruppe sowie im Bewusstsein der Grenzen der Interpretierbarkeit einen wertvollen Beitrag zur Lehr-Lernforschung bilden.

„*Becoming is better than being.*“

(Dweck, 2008a, S. 25)

3 Forschungsziele

3.1 Forschungsmotivation

Es ist ein verbreitetes Narrativ, dass Physik (schon als Schulfach) besonders schwierig sei und nur manche Menschen darin erfolgreich sein können. Dieser Erfolg wird häufig auf eine Begabung zurückgeführt (Heise & Godau, 2014). Die wahrgenommene Schwierigkeit geht auch mit großer Unbeliebtheit für das Schulfach Physik einher: Schüler*-innen beschreiben die Inhalte als wenig alltagsrelevant, was das Verständnis erschwere und auch der Umgang mit der Fachsprache wird als komplex und schwierigkeiterzeugend wahrgenommen (Winkelmann et al., 2021). Auch das hohe Abstraktionslevel der behandelten Themen und viel Stoffmenge bei vergleichsweise wenigen Unterrichtsstunden wird von Schüler*innen genannt. Physikunterricht wird also nicht nur inhaltlich als schwierig empfunden, sondern auch durch die Art und Weise der Unterrichtstrukturierung (Heise & Godau, 2014). Die wahrgenommene Schwierigkeit wird auch in den geringen Kurswahlzahlen in der gymnasialen Oberstufe sichtbar. Die DPG-Studie (Heise & Godau, 2014) zeigt für das Schuljahr 2012/2013:¹ Etwa 40 % der Schüler*innen belegen einen Physikkurs in den zwei Schuljahren vor dem Abitur, nur 15 % entscheiden sich für einen Kurs mit erhöhtem Anforderungsprofil bzw. Leistungskurs in Physik. Die Gründe für die Abwahl von Physik sind fehlendes Interesse am Fach, aber auch mangelndes Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten (Heise &

¹ Es liegen zwar bereits aktuellere Daten zum Kurswahlverhalten der Schüler*innen in der gymnasialen Oberstufe vor, allerdings werden diese von den einzelnen Bundesländern erhoben und nicht bundesweit aufbereitet, wie die hier zitierten Daten der DPG-Studie. In den meisten Schul- und Bildungsberichten finden sich auch keine konkreten Zahlen dazu, wie viele Schüler*innen welche Fächer als Leistungskurse wählen, doch wenn vergleichbare Angaben gemacht werden (z. B. findet man in den Daten für Rheinland-Pfalz aus dem Schuljahr 2023/2024 die Schüler*innenwochenstunden für jedes Fach als Leistungskurs unter: https://www.statistik.rlp.de/fileadmin/dokumente/berichte/B/1013/B1013_202300_1j_K_T1.pdf (letzter Zugriff: 27.01.2026)), ist Physik immer am unteren Ende des Fächervergleichs.

Godau, 2014; Welberg et al., 2025). Besonders der zweite Punkt, also das niedrige fachbezogene Selbstkonzept, passt zu den wahrgenommen hohen Anforderungen im Fach Physik und wirkt wie eine selbsterfüllende Prophezeiung, denn die Schüler*innen, die sich für einen Physik-Leistungskurs entscheiden, haben vorher überdurchschnittlich gute Noten in Physik (im Vergleich zu den Noten, die Schüler*innen in anderen Schulfächern im Durchschnitt haben, wenn sie sich für einen Leistungskurs in diesem Fach entscheiden (Merzyn, 2010)), was die Physik-Kurse wiederum besonders leistungsstark macht. Bei Mädchen ist diese Wahrnehmung besonders ausgeprägt und sie entscheiden sich trotz gleicher Fähigkeiten häufiger gegen Physik (Archer et al., 2017; Heise & Godau, 2014). Das Narrativ, das Physik als schwierig deklariert, konnotiert es nämlich auch männlich: In verschiedenen Studien wurde gezeigt, dass Mädchen und Frauen in Physik mehr für ihre wahrgenommene und erlebte Physik-Identität investieren müssen (Archer et al., 2020; Cwik & Singh, 2022; Francis et al., 2017) und insbesondere die Schülerinnen, die dieses Identitätsgefühl im Physikunterricht nicht spüren, entscheiden sich bei einer Wahlmöglichkeit gegen das Fach.

Um der Unbeliebtheit von Physik entgegenzuwirken, ist es wichtig, den Physikunterricht genauer zu betrachten und es gibt viel physikdidaktische Forschung dazu, wie Unterricht interesselördernder gestaltet werden kann und welche Erklärungskonzepte oder Modelle sich eignen, um das erlebte Komplexitätslevel für die Schüler*innen zu senken. Betrachtet man die wahrgenommene Schwierigkeit des Physikunterrichts jedoch konkret in Kombination mit dem Begabungsnarrativ, werden häufig ungünstige Attributionsmuster bei den Schüler*innen beobachtbar. Insbesondere wenn Schwierigkeiten im Lernprozess auf eine fehlende Begabung zurückgeführt werden, sinken auch Motivation und Fachinteresse (Atanasova et al., 2023; Finsterwald et al., 2012). Und genau da kann das Konzept der impliziten Theorien bzw. die Mindset-Theorie ein möglicher Ansatz sein. Denn, wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert, bilden die impliziten Theorien den Interpretationsrahmen, innerhalb dessen dann in konkreten Situationen Attributionen gewählt werden. Unter Berücksichtigung des Forschungsstands zu Mindsets und Growth-Mindset-Interventionen ist davon auszugehen, dass ein stärkeres Growth Mindset in Bezug auf Physik und Physikunterricht zu lernförderlichen Attributionen führt, das fachbezogene Selbstkonzept stärken kann und die wahrgenommene fachliche Komple-

xität nicht mit Interessensverlust verknüpft ist, sondern als bewältigbare Herausforderung angesehen wird. Daraus ergibt sich ein Forschungsinteresse bezüglich des Mindsets von Schüler*innen im Fach Physik und wie das fachbezogene Growth Mindset gefördert werden kann.

3.2 Forschungsfragen

Die vorliegende Arbeit soll dazu beitragen, das physikbezogene Mindset von Schüler*innen besser zu verstehen und beschreiben zu können. Aufbauend auf ersten Forschungsarbeiten, insbesondere Abschlussarbeiten, die sich qualitativ und mit der Item-Entwicklung zu einem physikbezogenen Mindset-Fragebogen für Schüler*innen befasst haben (Brück, 2018; Goldhorn, 2017; Gros, 2017; Schwamberger, 2017; Spatz & Goldhorn, 2021; Spatz & Hopf, 2017), sollen die folgenden Forschungsfragen² (kurz: FF) beantwortet werden:

FF1: Welche Skalen und Items eignen sich für eine physikbezogene Adaption des Mindset-Konzepts als Erhebungsinstrument und welche Mindset-Verteilung ergibt sich bei Schüler*innen im deutschen Physikunterricht?

FF2: Gibt es Unterschiede der physikbezogenen Mindset-Verteilungen bei Schüler*innen, die in Abhängigkeit von äußeren Gegebenheiten wie Alter oder Gender identifiziert werden können?

FF3: Kann das fachbezogene Growth Mindset bei Schüler*innen im Physikunterricht mit einer kurzen Intervention gefördert werden und erweist sich ein solcher Effekt über die unmittelbare Interventionsphase hinaus als stabil?

² Die Forschungsfragen, sowie das zu deren Beantwortung angestrebte Forschungsdesign, werden in verkürzter Form auch in (Goldhorn, Wilhelm & Spatz, 2020) beschrieben.

3.3 Design der vorliegenden Forschungsarbeit

Um die Forschungsfragen FF1 und FF2 zu beantworten, wird ein Fragebogen als Erhebungsinstrument entwickelt, mit dem die physikbezogenen Mindsets von Schüler*innen der Sekundarstufe ermittelt werden können. Dafür werden die oben bereits genannten Vorstudien zu physikbezogenen Mindset-Items (Gros, 2017; Spatz & Hopf, 2017), aber auch die Erkenntnisse der qualitativen Interviewstudien zu den physikbezogenen Mindset-Charakteristika (Spatz & Goldhorn, 2021) herangezogen. Im Rahmen einer Pilotierungsstudie werden passende Skalen herausgearbeitet und auf ihre Güte hinsichtlich der geplanten Mindset-Messung bei Schüler*innen in Physik überprüft (Kapitel 4). Mithilfe des entwickelten Mindset-Fragebogens kann dann eine Querschnittserhebung zur Ausprägung des physikbezogenen Mindsets bei Schüler*innen der Sekundarstufe durchgeführt werden (Kapitel 5).

Für die Auswertung werden aus den Fragebogendaten charakteristische Mindset-Gruppen abgeleitet, sowie ein Zuordnungsverfahren der Schüler*innen zu diesen Mindset-Gruppen. Dabei ist wichtig festzuhalten, dass diese eindeutige Zuordnung immer eine Vereinfachung der eigentlich kontinuierlichen Verteilung der Schüler*innen zwischen Fixed- und Growth-Mindset-Positionen ist. Eine solche Verteilung würde sich mit einem Mindset-Score besser abbilden lassen, doch die Mindset-Gruppen ermöglichen eine bessere Darstellung von Mindset-Verteilungen bei Schüler*innen bezogen auf das Fach Physik. Auch mögliche Unterschiede in den Verteilungen bestimmter Schüler*innengruppen (z. B. verschiedene Jahrgangsstufen) können mit der eindeutigen Mindset-Zuordnung dargestellt werden.

Für die Beantwortung von Forschungsfrage FF3 wird eine physikbezogene Growth-Mindset-Intervention entwickelt (Kapitel 6). Diese Intervention soll einerseits die von Yeager et al. (2016) beschriebenen Merkmale für die Umsetzungstreue von Growth-Mindset-Interventionen berücksichtigen und gleichzeitig konkret in den Physikunterricht integriert sein. Dafür werden wesentliche Elemente einer Growth-Mindset-Intervention mit einer passenden Lernstrategie kombiniert, die an einem Beispiel des Physikunterrichts erarbeitet wird.

In einer anschließenden explorativ angelegten Interventionsstudie im Pre-Post-Design soll die physikbezogene Growth-Mindset-Intervention auf ihre Wirksamkeit

hinsichtlich einer Growth-Mindset-Förderung untersucht werden (Kapitel 7). Dabei wird der Post-Test nicht direkt im Anschluss an die Intervention durchgeführt, sondern zu einem späteren Zeitpunkt (mindestens sechs Wochen nach der Interventionsmaßnahme), um die längerfristige Wirkung der Growth-Mindset-Botschaft und eine echte mögliche Veränderung der impliziten Theorien zu messen und nicht einen direkten Manipulationseffekt, der durch die Beschäftigung mit dem Interventionsmaterial entsteht.

4 Entwicklung eines physikbezogenen Mindset-Fragebogens

Im vorliegenden Kapitel wird der im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Fragebogen erläutert und seine Genese dargestellt. Der Fragebogen bildet die Basis zur Erhebung physikbezogener Mindsets von Schüler*innen in der Querschnittserhebung (Kapitel 5) und auch in der Interventionsstudie (Kapitel 7). Zunächst werden die verwendeten Skalen erläutert und der Aufbau des Fragebogens erklärt. Im weiteren Verlauf wird dann eine Pilot-Studie berichtet, also der erste Einsatz des Fragebogens, um diesen zu evaluieren.

4.1 Physikbezogene Mindset-Skalen

Der Hauptteil des entwickelten Testinstruments ist ein physikbezogener Mindset-Fragebogen. Eine erste explorative Studie mit einem solchen Fragebogen haben Spatz und Hopf (2017) vorgestellt. Als Basis für den Fragebogen dienten die von Dweck beschriebenen, unterschiedlichen Reaktionen je nach Mindset auf Herausforderungen, Anstrengung, Rückschläge, Kritik und Konkurrenz (Dweck 2008). Im Fragebogen sind 24 Items enthalten, zu denen die teilnehmenden Schüler*innen auf einer 5-stufigen Likert-Skala ihre Zustimmung markieren sollten. Der Fragebogen wurde in einer explorativen Studie von $N = 385$ Schüler*innen der Jahrgangsstufen 6, 7 und 10 aus Bayern und Österreich ausgefüllt. Dabei konnten zwei der theoretisch formulierten Skalen bestätigt werden: 10 Items bilden zusammen die Skala *Allgemeine Überzeugungen* ($\alpha_c = .853$), wobei in der Analyse zwei Subskalen gefunden wurden, je nachdem, ob sich die Items auf die Leistungen von Physiker*innen oder die eigenen Leistungen beziehen. Auch die theoretisch formulierte Skala *Reaktion auf Herausforderungen* hatte mit einem Cronbachs Alpha von $\alpha_c = .899$ eine sehr gute Reliabilität. Die übrigen Items laden in einer explorativen Faktorenanalyse nicht wie theoretisch erwartet auf die zwei Faktoren *Reaktion auf Rückschläge und Beanstandungen* und *Reaktion auf Konkurrenz*, dennoch konnten annehmbare Reliabilitäten für diese Skalen gefunden werden (Spatz & Hopf, 2017).

Um das physikbezogene Mindset von Schüler*innen und die damit verknüpften Vorstellungen über das Physiklernen besser zu verstehen, wurden zusätzlich Interviews mit Schüler*innen geführt und in einer qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring ausgewertet (Brück, 2018; Goldhorn, 2017; Schwamberger, 2017; Spatz & Goldhorn, 2021).

Mit dem Wissen aus diesen qualitativen Arbeiten mit Interviews wurde auch der Mindset-Fragebogen weiterentwickelt und mit $N = 159$ Schüler*innen aus den Jahrgangsstufen 7 bis 10 evaluiert (Gros, 2017). Der Fragebogen von Gros enthält 26 Items auf drei Skalen: *Allgemeine Vorstellungen zur Physik und Verständnis in Physik* ($\alpha_c = .901$) mit 15 Items, *Vorlieben bezüglich der Aufgabenschwierigkeit bei der Aufgabenwahl in Physik* ($\alpha_c = .898$) mit fünf Items und *Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an Anderen* ($\alpha_c = .751$) mit sechs Items. Eine Tabelle mit den dazugehörenden Items ist im Anhang A (Tabelle A.1) aufgeführt.

Als Ergänzung zu diesen physikbezogenen Mindset-Items von Gros werden, auf Basis der Interviewstudien (Spatz & Goldhorn, 2021), zwei neue Items selbst formuliert. Das erste Item ist eine Leistungs-Selbsteinschätzung (*nk1*: „Ich bin gut in Physik.“) und das zweite eine Abfrage der Leistungsmotivation (*nk2*: „Mir ist es wichtig, gut in Physik zu sein.“). Letzteres kann möglicherweise eine Differenzierung ermöglichen, denn wenn Schüler*innen ihre eigene Leistung in Physik nicht so wichtig ist, kann auch das eine geringere Anstrengungsbereitschaft erklären – ganz unabhängig von ihrer Überzeugung zur Natur von Intelligenz.

4.2 Weitere Konstrukte

Für den physikbezogenen Mindset-Fragebogen sollen zusätzlich zum Mindset ähnliche Konstrukte aufgenommen werden. Damit soll ggf. eine Abgrenzung der Konstrukte gezeigt werden oder, da z. B. das Konstrukt der Leistungsattribution in der schulbezogenen Didaktik in Deutschland bereits etabliert ist, darüber leichter eine Anknüpfung für das Konstrukt Mindset in der Praxis geschaffen werden.

4.2.1 Grit

Grit, das wörtlich übersetzt Kies oder Schotter bedeutet, ist ein Konstrukt der positiven Psychologie und lässt sich als Kombination von Ausdauer (*perseverance*) und Leidenschaft (*passion*) beschreiben. Im Deutschen wird es am ehesten mit „Biss haben“ übersetzt (Fleckenstein et al., 2014). Personen mit viel Grit bzw. Biss halten also an ihren individuellen Zielen fest, auch wenn sie mit Herausforderungen und Rückschlägen konfrontiert werden (Duckworth et al., 2007). Duckworth und Kolleg*innen haben 2007 die *Grit-Skala* eingeführt, um in einer zweidimensionalen Struktur (*perseverance* und *consistency of interest*) interindividuelle Ausprägungen von Grit zu messen. Es konnte eine positive Korrelation von hohen Grit-Werten und höheren Bildungsabschlüssen gezeigt werden und die Grit-Skala klärt einen Teil der Varianz in der Vorhersage von Abschlussnoten (Duckworth & Quinn, 2009).

Sowohl die Mindset-Theorie als auch Grit untersuchen die Zusammenhänge von nicht-kognitiven Fähigkeiten und individuellem Erfolg, nicht nur, aber auch im akademischen Kontext. Während sich Grit dabei auf die Ausprägungen von Eigenschaften fokussiert und mit beständigem Dranbleiben, Anstrengungsbereitschaft und Zielstrebigkeit Handlungsmuster als Erfolgsprädiktoren beschreibt, wird beim Mindset die zugrunde liegende Theorie zur Natur von Intelligenz betrachtet. Dieser Unterschied zeigt sich auch in den Items, die zur Abfrage von Grit im Vergleich zu den Items der Mindset-Theorie verwendet werden. Aufgrund der dennoch vorhandenen Konstrukt-Gemeinsamkeiten und der in mehreren Studien gezeigten, moderaten Korrelationen von Growth Mindset und Grit (vgl. hierzu die Meta-Analyse von Lam & Zhou (2025)) wird für den Fragebogen die deutsche Adaption der 8-Item Grit-Scale mitaufgenommen (Schmidt et al., 2019). Diese Kurzskala zu Grit wurde schulspezifisch erprobt und mit einer Gesamtreliabilität von $\alpha_c = .74$ veröffentlicht, wobei die acht Items, genau wie die Original-Grit-Skala, eine Aufspaltung in die zwei Subskalen *Beharrlichkeit* und *Beständiges Interesse* zeigen. Die vollständige Item-Liste ist im Anhang A (Tabelle A.2) aufgeführt.

4.2.2 Attributionstheorie

Wie in Abschnitt 2.1.2 erläutert, ist die Attributionstheorie nach Weiner eine Grundlage für die Mindset-Forschung und das Erkennen der mindset-typischen

Handlungsmuster basiert darauf. Da die Attributionstheorie im deutschsprachigen Raum und insbesondere in der schulbezogenen Didaktik für viele Fachpersonen ein bekanntes Modell ist, spielt sie für die begriffliche Ausschärfung und möglicherweise fragebogenbasierte Abgrenzung des physikbezogenen Mindsets eine wichtige Rolle. Für die vorliegende Fragebogenentwicklung wird daher der multidimensionale bereichsspezifische Attributionsfragebogen von Schneewind und Pausch (1990) mitaufgenommen. In diesem werden die vier Kombinationsmöglichkeiten von Lokalität (intern/extern) und Stabilität (stabil/variabel) nach Weiner (Weiner, 1979) berücksichtigt und jeweils in Erfolgs- und Misserfolgssituationen abgefragt. Der Fragebogen berücksichtigt in seiner kompletten Form drei verschiedene Lebensbereiche (Schule, Freunde und Körper), wobei für den Zweck der vorliegenden Arbeit nur der Bereich „Schule“ verwendet und auf den Physikunterricht umformuliert wird. Zusätzlich wird, wie bei Schneewind und Pausch, noch die Kontrollüberzeugung und die Attributionsunsicherheit abgefragt. Es handelt sich um insgesamt 10 Items, die in den Fragebogen für die Pilotierung aufgenommen werden und im Anhang A (Tabelle A.3) vollständig aufgelistet sind.

4.3 Pilotierungsstudie mit dem vorläufigen Mindset-Fragebogen

Der wie oben beschrieben zusammengesetzte Mindset-Fragebogen für die Pilotierungsstudie besteht aus insgesamt 46 Items und ist somit zu umfangreich, um physikbezogene Mindsets von Schüler*innen in verschiedenen Jahrgangsstufen und auch in einem späteren Pre-Post-Design zu erheben. Das Ziel ist ein Fragebogen, der in maximal zehn Minuten von Schüler*innen ab der Sekundarstufe ausgefüllt werden kann, um die Bereitschaft zur Teilnahme zu erhöhen und auch den mehrfachen Einsatz, z. B. in einer Studie im Pre-Post-Design, zu ermöglichen, ohne hohe Abbruchquoten zu riskieren (Porter, 2004). Außerdem soll getestet werden, ob sich die eingesetzten Skalen für den vorgesehenen Zweck einsetzen lassen und ob ggf. die publizierten Kennwerte reproduziert werden können. Dafür wird eine Pilotierungsstudie mit $N = 244$ Schüler*innen durchgeführt.

4.3.1 Beschreibung der Stichprobe

Tabelle 4.3.1: Zusammensetzung nach Jahrgangsstufen der $N = 244$ Schüler*innen, die an der Pilotierungsstudie teilgenommen haben.

Jahrgangsstufe	Häufigkeit	(gültige) Prozent
8. Jahrgangsstufe	117	48.5 %
9. Jahrgangsstufe	47	19,5 %
10. Jahrgangsstufe	36	14.9 %
11. Jahrgangsstufe (E-Phase)	41	17.0 %

An der Pilotierungsstudie haben mehrere Gymnasien in Frankfurt am Main und Offenbach teilgenommen und es haben insgesamt $N = 244$ Schüler*innen aus den Jahrgangsstufen 8, 9, 10 und 11 den vorläufigen Fragebogen ausgefüllt. Mit 129 teilnehmenden Schüler*innen ist etwas mehr als die Hälfte (52.9 %) der Teilnehmenden weiblich. Tabelle 4.3.1 zeigt die Verteilung auf die verschiedenen Jahrgangsstufen.

4.3.2 Durchführung der Studie

In allen teilnehmenden Klassen haben alle Schüler*innen, die am Tag der Erhebung anwesend waren, den oben vorgestellten Fragebogen ausgefüllt. In den meisten Fällen war die Autorin dieser Arbeit beim Ausfüllen anwesend, hat das Vorhaben für die Schüler*-innen kurz erklärt und die Fragebögen ausgeteilt und wieder eingesammelt. Bei einigen Klassen haben die Physiklehrkräfte die Fragebögen per Post oder persönlich erhalten, an ihre Schüler*innen verteilt und anschließend wieder an die Autorin zurückgesendet.

4.3.3 Aufbau des Fragebogens

Die Fragebögen werden in einer Druckversion erstellt und nach dem Ausfüllen maschinell ausgewertet. Im ersten Fragenblock „Allgemeines“ werden die Schüler*innen inhaltlich abgeholt und der Fragebogen wird kurz vorgestellt. Wichtig dabei ist vor allem, dass es bei den folgenden Fragen keine richtigen oder falschen Antworten gibt und alle Angaben anonym ausgewertet werden, so dass insbesondere die Lehrkraft natürlich keine Auskunft darüber erhält, was der oder die Einzelne angekreuzt haben. Es wird kein Name eingetragen, sondern stattdessen ein personalisierter Code erstellt. Für die reine Fragebogenerhebung, wie sie in der Pilotierung durchgeführt wird, wäre dieser Code nicht notwendig, aber da der Fragebogen später auch in Studiendesigns zur Anwendung kommen soll, in denen er mehrfach ausgefüllt wird, kann dieses Werkzeug zur Zuordnung direkt mitgetestet werden. Für die erste Version des sechsstelligen Codes tragen die Schüler*-innen die ersten zwei Buchstaben des Vornamens der Mutter ein, die ersten zwei Buchstaben ihres eigenen Geburtsortes und die Tageszahl ihres Geburtstags. Außerdem werden folgende soziodemografische Angaben abgefragt: Geschlecht, Schulart, Jahrgangsstufe und ob ein Elternteil einen technischen oder naturwissenschaftlichen Beruf ausüben. Abbildung 4.1 zeigt den Aufbau dieses ersten Blocks.

1. Allgemeines			
Vielen Dank, dass du dir die Zeit nimmst und diesen Fragebogen zu Physik ausfüllst. Bitte beantworte die Fragen spontan und ehrlich, es gibt kein Richtig oder Falsch. Deine Lehrkraft erfährt nicht, was du angekreuzt hast, also haben deine Antworten auch keinen Einfluss auf deine Note.			
1.1 Damit deine Angaben anonym bleiben, trage hier bitte den folgenden Code ein:			
- die ersten zwei Buchstaben des Vornamens deiner Mutter - die ersten zwei Buchstaben deines Geburtsortes - am wievielten Tag des Monats du Geburtstag hast.			
Beispiel: der Vorname deiner Mutter ist Margot, du wurdest in Hamburg geboren und du hast am 15. Mai Geburtstag. Dann lautet dein Code: MA-HA-15			
- -			
1.2	Kreuze bitte an, ob du männlich oder weiblich bist.	☐ männlich	☐ weiblich
1.3	Welche Schulart besuchst du?	☐ Gymnasium ☐ Gesamtschule	☐ Realschule ☐ Andere Schulart ☐ Hauptschule
1.4	In welche Jahrgangsstufe gehst du?	☐ 7. Klasse ☐ 10. Klasse	☐ 8. Klasse ☐ 11. Klasse ☐ 9. Klasse
1.5	Übt eines deiner Elternteile einen technischen oder naturwissenschaftlichen Beruf aus?	☐ ja	☐ nein

Abbildung 4.1: Der erste Abschnitt des Fragebogens in der Pilotierungsversion mit der Anleitung zur Erstellung eines sechsstelligen Codes, der eine anonymisierte Zuordnung der Schüler*innenantworten ermöglicht, sowie den soziodemographischen Angaben.

Im zweiten Block werden die oben vorgestellten Items vermischt aufgelistet und die Schüler*innen können auf einer sechsstufigen Likert-Skala mit beschrifteten Polen (*stimme gar nicht zu* und *stimme voll und ganz zu*) ihren Zustimmungsggrad markieren. Nur die jeweils vier Items zur Erfolgs- und Misserfolgsattribution werden gebündelt am Ende aufgelistet, da sie sich auf eine konkrete Situation beziehen (Schneewind & Pausch, 1990).

4.4 Auswertung

Im Fragebogen werden insgesamt drei Konstrukte abgefragt: Mindset, Grit und Attributionsstil. In einem ersten Schritt wird getestet, ob sich diese auch in der explorativen Faktorenanalyse sinnvoll voneinander trennen lassen. Dazu wird zunächst mit allen 46 Items eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt.

4.4.1 Explorative Faktorenanalyse mit allen Items

Bei der Faktorenanalyse werden die einzelnen Variablen in voneinander unabhängige Gruppen eingeteilt. Es handelt sich also um ein datenreduzierendes Verfahren, bei dem auf Basis der korrelativen Beziehungen jene Variablen zusammengefasst werden, die ähnlich beantwortet werden. Durch die extrahierte Faktorenanzahl kann außerdem die Dimension komplexer Merkmale bestimmt werden. Dabei ist die Faktorenanalyse ein heuristisches, hypothesengeleitetes Verfahren und die Ergebnisse der Berechnung werden stets auch mit den zugrunde liegenden, theoretischen Konstrukten verglichen (Bortz & Schuster, 2011).

In der Durchführung gibt es eine Vielzahl an Verfahren, am häufigsten wird die Hauptkomponentenanalyse verwendet (englischsprachig Principal Component Analysis und daher häufig abgekürzt als PCA bezeichnet). Auf dieses Verfahren wird auch im Folgenden Bezug genommen.

Eignung des Datensatzes

Ob sich ein Datensatz generell zur Darstellung mit Faktoren eignet, lässt sich aus der Korrelationsmatrix der einzelnen Variablen ableiten. In einem ersten Sicht-

prüfverfahren können Variablen identifiziert werden, die mit keiner anderen Variablen eine paarweise Korrelation von mindestens $r = .3$ aufweisen. Da solche Variablen wenig zur Strukturaufklärung beitragen, können diese ggf. (nach inhaltlicher Prüfung) schon vorab aus dem Variablensatz entfernt werden. Auch Variablen, die über $r = .9$ korrelieren, sollten identifiziert werden, da diese möglicherweise redundant sind (Cleff, 2015). Beides liegt im aktuellen Datensatz nicht vor.

Im nächsten Schritt kann die Eignung für die Hauptkomponentenanalyse mithilfe des Kaiser-Meyer-Olkin-Kriteriums (kurz: KMO-Kriterium) überprüft werden. Der Kennwert wird aus den partiellen Korrelationen der Itempaare berechnet, gilt unter .5 als nicht verwendbar, meist ab .6 als brauchbar und .8 als gut (Cleff, 2015). Mit dem Bartlett-Test auf Sphärizität kann ebenfalls die Eignung für die Hauptkomponentenanalyse überprüft werden, da dieser die Nullhypothese testet, ob es sich um eine Identitätsmatrix handelt (Bortz & Schuster, 2011).

Für den vorliegenden Datensatz mit allen 46 Items wird das Maß der Strichprobeneignung nach KMO mit .819 (gut) angegeben und der Bartlett-Test auf Sphärizität bestätigt, dass die Variablen nicht vollständig unkorreliert sind ($\chi^2(1035) = 3818.574$, $p < .001$). Die Analyse kann also fortgeführt werden.

Bestimmung der Faktorenzahl

Mathematisch kann die Gesamtvarianz von p Variablen durch $q = p$ Faktoren aufgeklärt werden. Das Ziel der Dimensionsreduktion ist jedoch, eine Faktorenanzahl q kleiner p zu finden, mit der die Gesamtvarianz hinreichend gut aufgeklärt werden kann. Um diese Faktorenzahl zu bestimmen, werden die Eigenwerte herangezogen.

Das Kaiser-Guttman-Kriterium besagt, dass nur die Faktoren interpretiert werden, deren Eigenwerte größer als 1 sind. Das bedeutet, es werden nur die Faktoren berücksichtigt, die mehr Varianz aufklären als die einzelnen Variablen. Es ist jedoch anzumerken, dass das Kaiser-Guttman-Kriterium in den meisten Fällen zu viele Faktoren zulässt und eine weitere Reduktion sinnvoll ist (Bortz & Schuster, 2011). Für den vorliegenden Datensatz zeigt Tabelle 4.4.1 die Eigenwerte der ersten 14 Faktoren und die dadurch erklärte Gesamtvarianz. Nach dem Kaiser-Guttman-Kriterium ergeben sich 13 Faktoren, wobei der letzte Faktor mit einem Eigenwert von

1.005 nur ganz knapp über der definierten Eigenwertsgrenze liegt. Die erklärte Gesamtvarianz mit diesen 13 Faktoren liegt bei 66.9 %.

Tabelle 4.4.1: Eigenwerte und erklärte Gesamtvarianz für die ersten sieben Faktoren der Hauptkomponentenanalyse mit allen 46 Items des Fragebogens.

Faktor	Eigenwert	Erklärte Varianz in %	Kumulierte erklärte Gesamtvarianz in %
1	9.589	20.845	20.845
2	4.112	8.940	29.785
3	3.257	7.081	36.865
4	2.118	4.605	41.470
5	1.789	3.889	45.359
6	1.516	3.295	48.654
7	1.477	3.212	51.866
8	1.334	2.899	54.765
9	1.294	2.814	57.579
10	1.133	2.463	60.042
11	1.096	2.384	62.426
12	1.044	2.269	64.695
13	1.005	2.186	66.880
14	.961	2.089	68.970

Ein weiteres Kriterium für die Faktorenzahl ist der Scree-Test von Cattell. Dafür werden die Eigenwerte der vorliegenden Korrelationen nach ihrer Größe sortiert und über den sich daraus ergebenden Rangnummern aufgetragen. Dieser Scree-Plot zeigt häufig einen charakteristischen Knick und wird daher auch Ellbogen-Plot genannt. Der Knick im Scree-Plot markiert die Anzahl an Faktoren, bei der

die Eigenwerte des zu untersuchenden Datensatzes mit den Eigenwerten von Zufallskorrelationen annähernd übereinstimmen: alle Eigenwerte mit kleineren Rangnummern gehören zu relevanten Faktoren, daraus ergibt sich also ebenfalls eine mögliche Faktorenanzahl (Bortz & Schuster, 2011).

Abbildung 4.2 zeigt den Scree-Plot für den vorliegenden Datensatz. Dieser lässt sich nicht eindeutig interpretieren und zeigt eher einen doppelten Knick: zunächst bei Faktor 4 und bei Faktor 6, es wäre also eine 2-Faktorenlösung oder eine 5-Faktorenlösung denkbar. Betrachtet man für beide Optionen die dadurch erklärte Gesamtvarianz, fällt auf, dass diese mit 29.785 % und 45.359 % unter der Grenze von 50 % liegt, die eigentlich als Mindestanforderung für die Anzahl der zu extrahierenden Faktoren angesehen wird (Bortz & Schuster, 2011). Es wird trotzdem zunächst von einer 5-Faktorenlösung ausgegangen, da die 45.359 % erklärte Gesamtvarianz noch recht nah an der Grenze liegen.

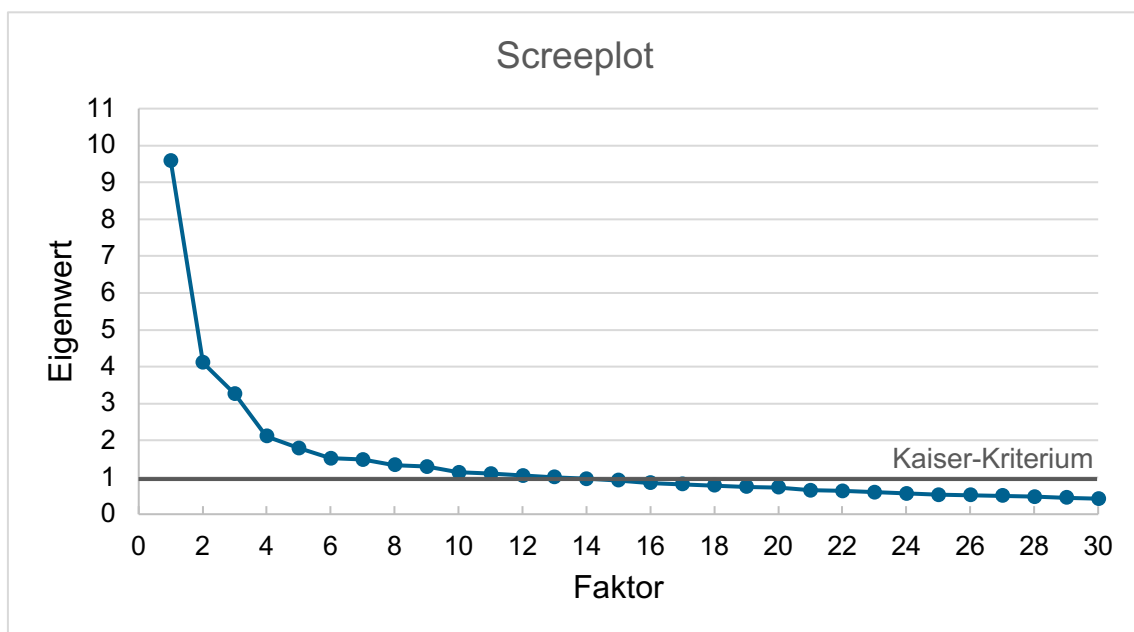


Abbildung 4.2: Scree-Plot der Eigenwerte für die Hauptkomponentenanalyse mit allen 46 Items des Fragebogens für die Pilotierungsstudie.

Tabelle 4.4.2: Rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in elf Iterationen konvergiert, kleine Ko-effizienten ($< .30$) sind für die bessere Lesbarkeit nicht dargestellt.

Item	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5
ma1	.707				
ma2	.76				
ma3	.814				
ma4	-.737				
ma5	.815				
mv8	.325				
mv4		.686			
mv6		.716			
mv7		.494			0.489
mv9		.786			
mv10		.829			0.349
mv11_m		-.509			
mv13		-.376			
mv14		.707			
mv1			.573		
mv2			.638		
mv3			-.569	0.375	
mv5			.622		
mv12		-.373	.512		
mv15			.676		
mh1	.315		-.462		
mh2_m					
mh3				.349	

Item	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5
mh4_m				.309	
mh5_m	.384				
nk1	.645			.352	
nk2	.661				
gi1					-.735
gi2					-.516
gi3					-.325
gi4_m					-.501
gb1					.597
gb2				.416	.464
gb3					.631
gb4					.689
ae1_m	.321	.445	.301		
ae2				.491	
ae3_m				.466	
ae4	-.320			-.350	
am1_m	-.444	.361		-.340	
am2				.466	
am3			.312		
am4_m			.422		
ak1_m			-.341	.557	
aa1					

Extraktion der Faktoren

Um die Faktoren zu definieren, wird die rotierte Komponentenmatrix herangezogen. Rotiert wird nach Varimax, einem orthogonalen, analytischen Rotationsverfahren: es werden also unkorrelierte Faktoren extrahiert. Das Varimax-Verfahren erhöht die Varianz pro Faktor und führt so zu einer möglichst guten Einfachstruktur für die als bedeutsam (nach einem der oben erläuterten Kriterien) definierten Faktoren (Bortz & Schuster, 2011). In der rotierten Komponentenmatrix in Tabelle 4.4.2 sind daher die nach dem Scree-Plot in Abbildung 4.2 als bedeutsam ermittelten fünf Faktoren aufgeführt, wobei kleine Koeffizienten ($< .3$) unterdrückt werden.

Es fällt auf, dass sich bei den Mindset-Items drei der von Gros (2017) beschriebenen Skalen abzeichnen. Zum einen wird die Skala *Vorlieben bezüglich der Aufgabenschwierigkeit bei der Aufgabenwahl in Physik* (Kürzel *ma*) auf dem Faktor 1 abgebildet und die Skala *Allgemeine Vorstellungen zur Physik und Verständnis in Physik* (Kürzel *mv*) wird auf den zweiten und dritten Faktor aufgeteilt. Die Items der Skala zur *Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an Anderen* (Kürzel *mh*) laden fast alle eher schwach (Ladungszahlen $< .50$) und auf mehrere Faktoren verteilt. Die Items zu Grit laden gemeinsam auf den Faktor 5 (und lassen sich nicht in die zwei theoretisch erwarteten Subskalen trennen) und die Items zum Attributionsstil laden teilweise auf einen eigenen Faktor (Faktor 4), teilweise aber auch verstreut und mit eher geringen Faktorladungen auf die drei Mindset-Faktoren. Da diese Faktorladungen jedoch $< .50$ sind und die Mindset-Items deutlich stärker auf diese Faktoren laden, kann an dieser Stelle davon ausgegangen werden, dass sich die Konstrukte in einer Faktorenanalyse voneinander trennen lassen. Für die genauere Auswertung werden die Konstrukte daher im Folgenden getrennt voneinander betrachtet.

4.4.2 Explorative Faktorenanalyse mit den Mindset-Items

Betrachtet man nur die 28 Mindset-Items, wird das Maß der Stichprobeneignung nach dem KMO-Kriterium mit .866 (gut) angegeben und der Bartlett-Test auf Sphärizität bestätigt, dass die Variablen nicht vollständig unkorreliert sind

($\chi^2(378) = 2494.78$, $p < .001$). Anschließend werden die Eigenwerte der gefundenen Faktoren analysiert. In Tabelle 4.4.3 sind dafür die ersten sieben Faktoren mit ihren Eigenwerten und der jeweils erklärten Gesamtvarianz dargestellt. Für die sechs Faktoren, die das Kaiser-Guttman-Kriterium (Eigenwert > 1) erfüllen, ergibt sich eine erklärte Gesamtvarianz von 61.174 %.

Tabelle 4.4.3: Eigenwerte und erklärte Gesamtvarianz für die ersten sieben Faktoren.

Faktor	Eigenwert	Erklärte Varianz in %	Kumulierte erklärte Gesamtvarianz in %
1	7.757	27.054	27.054
2	3.696	13.198	40.252
3	1.936	6.913	47.166
4	1.664	5.944	53.110
5	1.245	4.446	57.555
6	1.013	3.619	61.174
7	0.934	3.336	64.510

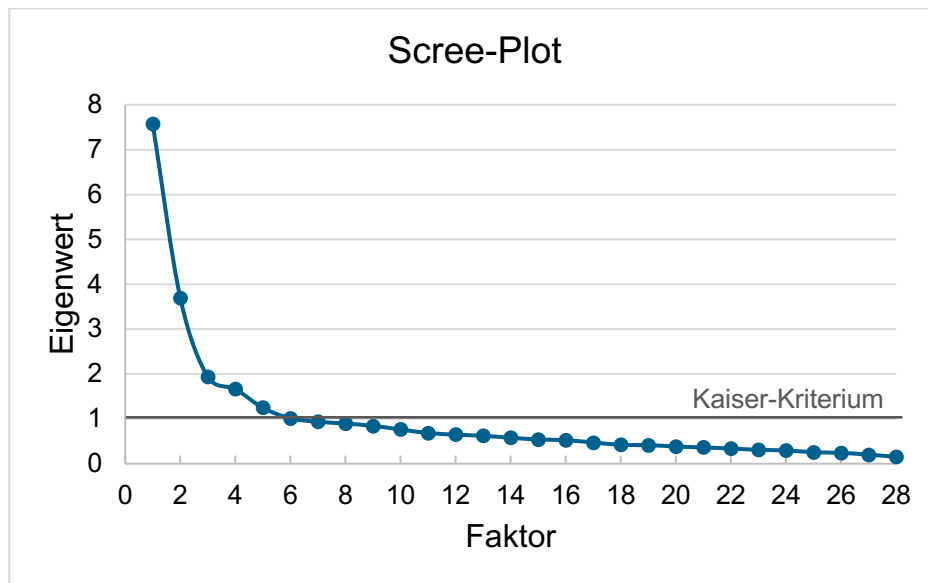


Abbildung 4.3: Scree-Plot der Eigenwerte für die Hauptkomponentenanalyse der 28 Mindset-Items.

Als weiteres Kriterium kann auch hier der Scree-Plot betrachtet werden (vgl. Abbildung 4.3). Dieser lässt sich nicht eindeutig interpretieren, da er einen doppelten Knick zeigt: einmal bei Faktor 3 und dann noch einmal bei Faktor 6. Demzufolge wäre eine 2-Faktorenlösung und auch eine 5-Faktorenlösung denkbar. Vergleicht man für beide möglichen Lösungen noch einmal die erklärte Gesamtvarianz (siehe Tabelle 4.4.3), ist zu berücksichtigen, dass mit einer 2-Faktorenlösung nur etwas über 40.3 % der Varianz aufgeklärt werden können. Mit vier Faktoren sind es 57.6 %, was über dem Richtwert von mindestens 50 % erklärter Gesamtvarianz liegt. Es wird also vorerst von einer 5-Faktorenlösung ausgegangen, die natürlich in der weiteren Analyse auch mit den theoretischen Annahmen abgeglichen werden muss.

Tabelle 4.4.4 zeigt die rotierte Komponentenmatrix für diese fünf Faktoren. Dabei fällt auf, dass die Skala *Vorlieben bezüglich der Aufgabenschwierigkeit bei der Aufgabenwahl in Physik* (Kürzel *ma*) vollständig auf dem ersten Faktor abgebildet wird, während sich die Skala *Allgemeine Vorstellungen zur Physik und Verständnis in Physik* (Items mit dem Kürzel *mv*) auf die Faktoren 2 und 3 aufteilt und auch die Skala *Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an anderen* (Items mit dem Kürzel *mh*) lädt auf zwei Faktoren (Faktor 4 und 5).

Tabelle 4.4.4: Rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in acht Iterationen konvergiert, kleine Koeffizienten ($< .30$) sind für die bessere Lesbarkeit nicht dargestellt.

Item	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5
ma1	.735				
ma2	.888				
ma3	.814				
ma4	-.767				
ma5	.804				
nk1	.632				
nk2	.614				
mv1			.607		
mv2			.745		
mv3			-.683		
mv4		-.681			
mv5			.699		
mv6		.737			
mv7		.424	.524		
mv8			-.408		.354
mv9		.758	.391		
mv10		.785			
mv11_m		-.470	-.375		
mv12	-.503				.361
mv13		-.394		.420	
mv14		.747			
mv15			.653		
mh1				.677	

Item	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3	Faktor 4	Faktor 5
mh2_m				.526	.333
mh3					.692
mh4_m				.543	.453
mh5_m				.736	
mh6_m					.637

Reliabilitätsanalyse

Zunächst wird die interne Reliabilität des Faktors überprüft. Dieses Gütekriterium gibt an, wie hoch die Konsistenz des Messinstruments ist, d.h. wie zuverlässig die verschiedenen Items, die zu einem Faktor zusammengefasst werden, dasselbe messen (Bortz & Schuster, 2011). Bevor die Reliabilität berechnet werden kann, müssen die Items jedoch alle gleich codiert sein (d. h. im vorliegenden Fall, hohe Werte auf der Likert-Skala entsprechen immer den Growth-Mindset-Aussagen). Einige Items sind jedoch als Fixed-Mindset-Aussagen formuliert. Diese Items laden zwar teilweise hoch, aber negativ auf den Faktor und müssen für die weiteren Schritte der Hauptkomponentenanalyse umcodiert werden, was im Folgenden durch ein $_r$ gekennzeichnet wird.

Für Faktor 1, wie er sich aus der rotierten Komponentenmatrix in Tabelle 4.4.4 entnehmen lässt, ergibt sich eine Gesamtreliabilität mit einem Cronbachs Alpha von $\alpha_{C,Faktor1} = .811$ und Tabelle 4.4.5 zeigt die dazugehörenden Item-Skala-Statistiken.

Die korrigierte Item-Skala-Korrelation gibt an, wie stark ein Item mit den anderen Items der Skala korreliert. Für diese sog. Trennschärfe r_{it} gilt, dass Items mit Werten unter .30 verworfen und ggf. überarbeitet werden sollten. Die Trennschärfe gibt an, wie stark das einzelne Item mit der Skala korreliert, d.h. wie aufschlussreich das Antwortverhalten bei einem Item in Bezug auf die Gesamtskala ist (Bortz & Schuster, 2011). Für den Faktor 1 liegt die Trennschärfe für das Item $mv12_r$ unter dieser Grenze und sollte demnach entfernt werden. Ebenfalls interessant ist die letzte Spalte in Tabelle 4.4.5, die angibt, wie sich das Cronbachs Alpha verän-

dert, wenn das jeweilige Item weggelassen wird. Auch hier ist das letzte Item auffällig: wenn es entfernt wird, erhöht sich die Gesamtreliabilität der verbleibenden sieben Items auf .881. Das Item *mv12_r* wird deswegen aus dieser Skala herausgenommen.

Tabelle 4.4.5: Item-Skala-Statistiken für den Faktor 1 mit korrigierter Item-Skala-Korrelation (Trennschärfe) und dem Einfluss auf das Cronbachs Alpha als Maß für die Reliabilität der Skala, wenn das Item weggelassen wird (Cronbachs Alpha für alle acht Items: .811).

Item	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, ohne das Item
ma1	.573	.782
ma2	.777	.751
ma3	.730	.760
ma4_r	.676	.766
ma5	.738	.760
nk1	.521	.790
nk2	.568	.782
mv12_r	.238	.881

Um das Ziel zu erreichen, die Itemzahl des Fragebogens zu reduzieren, muss zusätzlich zur statistischen Analyse auch eine inhaltliche Analyse herangezogen werden. Tabelle 4.4.6 zeigt dafür die sieben verbleibenden Items, die auf Faktor 1 laden.

Tabelle 4.4.6: Übersicht über die in Faktor 1 enthaltenen Items.

Itemkürzel	Item
ma1	In Physik sind solche Aufgaben die besten, an denen ich wirklich tüfteln muss.
ma2	Je kniffliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.
ma3	Ich mag solche Aufgaben in Physik am liebsten, die eine Herausforderung für mich sind.
ma4	In Physik mag ich leichte Aufgaben lieber als schwierige Aufgaben.
ma5	Wenn ich mich bei der Bearbeitung einer Physikaufgabe wirklich anstrengen muss, macht mir das Spaß.
nk1	Ich bin gut in Physik.
nk2	Mir ist es wichtig, gut in Physik zu sein.

Tabelle 4.4.7: Korrigierte Item-Skala-Statistiken für die fünf verbleibenden Items aus Faktor 1 (Cronbachs Alpha für alle fünf Items: .883).

Item	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, ohne das Item
ma1	.624	.881
ma2	.821	.833
ma3	.749	.850
ma4_r	.672	.868
ma5	.740	.853

Die Items mit dem Kürzel *ma* bilden genau eine Skala von Gros (2017) ab und passen inhaltlich gut zusammen. Die Items *nk1* und *nk2* beziehen sich eher auf die individuelle Leistung der Schüler*innen, als auf die Aufgabenschwierigkeit und passen inhaltlich nicht wirklich dazu. Die Skala ist inhaltlich passender, wenn

diese Items weggelassen werden. Mit den verbleibenden fünf *ma*-Items wird erneut eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt und Tabelle 4.4.7 zeigt die Item-Skala-Statistiken.

Die Trennschärfe (korrigierte Item-Skala-Korrelation) liegt für alle fünf Items im sehr guten Bereich ($r_{it} > .5$) und auch das Cronbachs Alpha ist für die fünf Items gemeinsam am höchsten (.883) und gleichzeitig im sehr guten Bereich (.80 - .90) (Bortz & Döring, 2006). Für die anderen Faktoren wird genauso verfahren. Einige Items werden aufgrund statistischer Kennwerte entfernt (z. B. *mv13* bei Faktor 2), andere werden bei der inhaltlichen Analyse der Skalenbildung verworfen (z. B. *mv4* bei Faktor 2). Bei Faktor 4 und 5 kommt es zu einigen Überschneidungen, d. h. Items laden auf beide Faktoren. Bei der Reliabilitätsanalyse werden die Items zunächst bei beiden Faktoren mitgerechnet, jedoch ergeben sich weder für Faktor 4 noch für Faktor 5 zufriedenstellende Kennwerte für die Gesamtreliabilität oder die Trennschärfe der einzelnen Items. In Tabelle 4.4.8 werden noch einmal alle gebildeten Mindset-Skalen aufgeführt.

Die Skala, die aus Faktor 5 gebildet wurde, enthält nur zwei Items, die zu geringe Trennschärfen aufweisen und eine Gesamtreliabilität, die mit .513 unter der akzeptablen Grenze liegt. Daher wird sie verworfen. Auch die Skala aus Faktor 4 hat eine niedrige Gesamtreliabilität und da auch hier die Trennschärfen überwiegend unter der Grenze von $r_{it} = .50$ liegen, wird diese Skala ebenfalls verworfen. Auch inhaltlich ist diese Skala für das Mindset nur bedingt verwendbar, da es um den Vergleich mit anderen geht, sich das Mindset jedoch mehr auf die individuellen Lern- und Leistungsressourcen bezieht (Sheffler & Cheung, 2024). Faktor 1 wird ebenfalls nicht weiterverwendet, da sich die Items inhaltlich weniger auf das eigentliche Mindset im Sinne einer impliziten Theorie zur Intelligenz oder Fähigkeiten beziehen, sondern ein Verhalten beschreiben (welche Aufgabenschwierigkeit bevorzugt wird).

Tabelle 4.4.8: Auflistung der verbleibenden Items nach der Reliabilitätsanalyse der 4-Faktoren-Lösung.

Skala	Item-kürzel	Trennschärfe	Item
1 $\alpha_c = .883$	ma1	.624	In Physik sind solche Aufgaben die besten, an denen ich wirklich tüfteln muss.
	ma2	.821	Je kniffliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.
	ma3	.749	Ich mag solche Aufgaben in Physik am liebsten, die eine Herausforderung für mich sind.
	ma4_r	.672	In Physik mag ich leichte Aufgaben lieber als schwierige Aufgaben.
	ma5	.740	Wenn ich mich bei der Bearbeitung einer Physikaufgabe wirklich anstrengen muss, macht mir das Spaß.
2 $\alpha_c = .815$	mv6	.580	Physikerinnen und Physiker zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.
	mv9	.737	Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben.
	mv10	.646	In Physik gibt es ein Verständnis, das man von Geburt an mitgegeben bekommt.
	mv14	.581	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.
3 $\alpha_c = .832$	mv1	.517	Wenn man keine Begabung für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern.
	mv2	.624	Entweder man versteht Physik oder man versteht es nicht.
	mv3_r	.620	Jede*r kann Physik verstehen, man muss nur genug dafür tun.
	mv5	.598	Ich glaube, manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie viel sie üben.

4	α_c = .687	mv7	.557	Ehrlich gesagt, glaube ich nicht, dass man viel daran ändern kann, wie gut man in Physik ist.
		mv8_r	.575	Egal wie begabt ich zunächst in Physik bin, ich kann meine Leistungen immer deutlich steigern.
		mv11_m_r	.571	Wenn man das will und sich anstrengt, kann meiner Meinung nach jeder und jede später Physik studieren.
		mh1	.487	Wenn ein anderer in Physik besser wird, dann motiviert mich das, auch besser zu werden.
		mh2_m	.414	Es wirkt auf mich motivierend, wenn die Lehrkraft mir erklärt, wo ich einen Fehler gemacht habe, so dass ich bei einer Physikaufgabe prüfen kann, was falsch ist.
5	α_c = .513	mh4_m	.460	Wenn meine Physikarbeit schlechter ist als erwartet, suche ich mir Hilfe bei anderen, um meine Fehler zu korrigieren.
		mh5_m	.522	Wenn ein anderer in Physik besser wird, interessiert es mich, wie er oder sie das macht, damit ich auch besser werden kann.
		mh3	.350	Wenn ich die Hausaufgaben in Physik nicht gekonnt habe, teile ich dies der Lehrkraft unaufgefordert mit.
		mh6_m	.350	Wenn ich im Physikunterricht etwas nicht verstehe, teile ich das der Lehrkraft mit.

Dieses Verhalten lässt sich zwar möglicherweise auf ein eher Fixed oder eher Growth Mindset zurückführen, der Fragebogen soll aber das Mindset direkt abfragen. Aus der Pilotierung bleiben also nach der explorativen Faktorenanalyse und dem inhaltlichen Abgleichen von den Mindset-Items die Faktoren 2 und 3 übrig, die im Folgenden als die Skalen *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* verwendet werden.

4.4.3 Auswertung der Items zur Leistungsattribution

Für die verwendeten Items zur Leistungsattribution ist der KMO-Test mit .604 gerade noch akzeptabel, der Bartlett-Test auf Sphärizität wird aber hochsignifikant ($\chi^2 = 195.383, df = 28, p < 0,001$). Bei der Analyse der Anti-Image-Matrix fällt das Item *ae1_m* auf („Wenn ich in einer Physikarbeit erfolgreich bin, dann liegt das daran, dass ich naturwissenschaftlich begabt bin.“): Mit einem KMO-Wert von .433 sollte es ggf. aus der weiteren Analyse entfernt werden. Auch die Items *ae2*, *ae3*, *am2* und *am3* haben KMO-Werte, die unter der Grenze von .60 liegen und somit als „kritisch“ gelten (Backhaus et al., 2016). Bei der trotzdem durchgeführten Hauptkomponentenanalyse laden die Items auf drei (statt der erwarteten vier) Faktoren und nicht nach der erwarteten Struktur, die sich aus den Kombinationen von internal/external und stabil/variabel ergibt. Beispielsweise laden die Items *ae4*, *am1_m* und *am4_m* gemeinsam auf einen Faktor (siehe Tabelle 4.4.2) und obwohl *ae4* und *am4_m* die Dimension external und variabel beschreiben, lädt das Item *am4_m* am schwächsten auf den Faktor.

Auch der zweite Faktor setzt sich mit den Items *am3*, *ae2* und *am2* aus verschiedenen Dimensionen der Leistungsattribution zusammen. Selbst wenn bei der Faktorenanalyse die Faktorenzahl 4 vorgegeben wird, werden nicht die erwarteten Dimensionen der Leistungsattribution abgebildet. Da im Fragebogen auch nur ein Teil des Attributionsstil-Fragebogens von Schneewind & Pausch (1990) verwendet wurde, wäre die Aussagekraft grundsätzlich vorsichtig zu interpretieren gewesen. Aufgrund der statistischen Ergebnisse in der Pilotierungsstudie werden die Items zum Attributionsstil für den Mindset-Fragebogen nicht weiter genutzt.

In der Entwicklung eines Mindset-Fragebogens für Studierende (Rehberg, 2024), in dem ebenfalls die Items von Schneewind & Pausch (1990) testweise verwendet wurden, lässt sich die von den Autoren beschriebene Struktur auch nicht abbilden und die Items zur Leistungsattribution werden im finalen Fragebogen nicht eingesetzt.

4.4.4 Auswertung der Grit-Skala

Für die Grit-Items, die auf zwei Subskalen abbilden sollten, ist der KMO-Wert mit .704 im mittleren Bereich und der Bartlett-Test auf Sphärizität wird hochsignifikant ($\chi^2(28) = 317.62, p < .001$). Trotz der damit gegebenen Eignung für eine Faktorenanalyse, lässt sich die erwartete Struktur mit den zwei Faktoren *Beharrlichkeit* und *Beständiges Interesse* im vorliegenden Datensatz nicht bestätigen, was sich auch nach Abschnitt 4.4.1 vermuten ließ. Items aus beiden Subskalen laden auf einen Faktor, die restlichen Grit-Items sind verteilt auf zwei weitere Faktoren mit eher geringen Faktorladungszahlen ($<.5$). Auch bei der Reliabilitätsanalyse der vermuteten Subskalen (Tabelle 4.4.9) nach Schmidt et al. (2019) sind die Werte nicht zufriedenstellend.

Tabelle 4.4.9: Reliabilitätswerte (Cronbachs Alpha) der nach Schmidt et al. (2019) erwarteten Subskalen der Grit-Scale. Die Subskalen konnten im vorliegenden Datensatz nicht bestätigt werden.

Subskala	Cronbachs Alpha
Beständiges Interesse	.500
Beharrlichkeit	.675

Neben der statistischen Begründung, die sich auf den vorliegenden Datensatz bezieht, spielt auch die immer stärker gewordene Kritik am Grit-Konstrukt eine Rolle bei der Entscheidung, es nicht weiter im Fragebogen zu behalten. Grit hat viele Überschneidungen mit anderen Konstrukten, z. B. mit Selbstdisziplin, Zielstrebigkeit und Gewissenhaftigkeit. Insbesondere Gewissenhaftigkeit (als ein Big-Five-Persönlichkeitsfaktor) korreliert stark mit der Subskala *Beharrlichkeit* von Grit (Credé et al., 2017). Dazu kommt, dass die zwei Subskalen in vielen Studien nur schwach korrelieren und teilweise unterschiedlich mit Leistung und Motivation zusammenhängen (Disabato et al., 2019). Der inhaltlich wichtigste Kritikpunkt in Bezug auf die Entscheidung gegen das Grit-Konstrukt im weiteren Forschungsvorhaben: Grit hat einen sehr hohen Bekanntheitsgrad erzielt und es wurden zahl-

reiche Bildungsprogramme entwickelt und eingeführt, die auf Grit basieren (insbesondere im englischsprachigen Raum). Dabei kommt es jedoch schnell zu einer Individualisierung von Leistungsproblemen von Schüler*innen: Schlechte Leistungen werden auf fehlende Anstrengung oder Beharrlichkeit zurückgeführt, ohne äußere strukturelle oder soziale Bedingungen zu berücksichtigen (Duckworth & Quinn, 2009; Locks et al., 2023). Die Grit-Skala wird in den weiteren Erhebungen der vorliegenden Arbeit nicht mehr eingesetzt.

4.5 Physikbezogener Mindset-Fragebogen

Die vorliegende Arbeit bezieht sich auf das Mindset im Kontext des Physikunterrichts und damit um ein fachbezogenes Mindset. In den qualitativen Studien zum Mindset in Physik fällt auf, dass Schüler*innen den Begriff Intelligenz nur selten verwenden, um ihr wahrgenommenes Potential oder ihren (Miss-)Erfolg in Physik zu beschreiben (Brück, 2018; Goldhorn, 2017; Schwamberger, 2017), so dass der Begriff Intelligenz auch nicht Teil der physikbezogenen Mindset-Items ist. Um dennoch die Vergleichbarkeit mit den allgemeinen Mindset-Erhebungen zu ermöglichen, wird der physikbezogene Teil des Mindset-Fragebogens, der in der beschriebenen explorativen Studie entwickelt wurde, mit einer Skala zur allgemeinen Mindset-Erhebung nach Dweck ergänzt. Dafür wird die Skala „Allgemeine Intelligenz“ als deutsche Adaption der ITIS (Dweck, 2000) mit vier Items verwendet. Für diese Kurz-Skala liegen keine Werte für die Reliabilität vor. Für die längere Version mit 8 Items werden in mehreren Studien gute Reliabilitäten berichtet, unter anderem $\alpha_C = .87$ in einer Studie mit knapp 1000 Schüler*innen von (De Castella & Byrne, 2015).

Der physikbezogene Mindset-Fragebogen für die nachfolgend berichteten Studien setzt sich also aus drei Skalen und insgesamt 15 Items zusammen. Für eine bessere Lesbarkeit und Interpretierbarkeit werden die Items der fachbezogenen Skalen „Anstrengung in Physik“ und „Begabung in Physik“ neu und vereinfacht benannt. In Anhang B ist der vollständige Fragebogen mit der neuen Benennung der Items und ihrer Skalenzugehörigkeit aufgeführt.

*„there’s a lot of intelligence out there being wasted
by underestimating students’ potential to develop.“
(C. S. Dweck, 2008a, S. 64)*

5 Querschnittserhebung: Mindset-Messung

5.1 Ziel der Studie

Um mehr über das physikbezogene Mindset von Schüler*innen der Sekundarstufe zu erfahren, wird der im vorherigen Kapitel beschriebene Mindset-Fragebogen in einer Querschnittsstudie in der Sekundarstufe eingesetzt. Die Antworten von Schüler*innen, die verschiedene Schulformen besuchen und zum Zeitpunkt der Erhebung in unterschiedlichen Jahrgangsstufen sind, sollen Erkenntnisse über die Ausprägungen von Growth und Fixed Mindset liefern und mögliche Korrelationen mit Alter oder Gender sichtbar machen.

5.2 Beschreibung der Stichprobe

Für die Querschnittserhebung wird der Fragebogen in 54 Klassen bzw. Kursen an 22 Schulen im Rhein-Main-Gebiet von Schüler*innen der Sekundarstufe 1 ab der Jahrgangsstufe 7 und von Schüler*innen der Sekundarstufe 2 ausgefüllt. Die Sekundarstufe 2, also die gymnasiale Oberstufe, wird in Hessen in die Einführungsphase (kurz: E-Phase) und die zweijährige Qualifikationsphase (kurz: Q-Phase) bis zum Abitur unterteilt und die Schüler*innen werden nicht mehr im Klassenverband unterrichtet, sondern wählen Grund- und Leistungskurse, die mit unterschiedlicher Wochenunterrichtszeit eine Schwerpunktsetzung ermöglichen. Da die Erhebung im Physikunterricht stattfindet, nehmen nur Schüler*innen daran teil, die zum Zeitpunkt der Studie auch Physikunterricht haben. Bei den Schüler*innen der Q-Phase sind das nur diejenigen, die sich für einen Physikkurs (Grund- oder Leistungskurs) entschieden haben. Insgesamt stehen gültige Fragebögen von $N = 1605$ Schüler*innen für die Auswertung zur Verfügung, davon haben

47.2 % ihre Geschlechtsidentität als weiblich und 50.8 % als männlich angegeben, 1.4 % haben divers angekreuzt und von 0.6 % der Schüler*innen liegt keine Angabe zur Geschlechtsidentität vor. Die Zusammensetzung der Stichprobe nach Jahrgangsstufen ist in Tabelle 5.2.1 beschrieben. In Tabelle 5.2.2 ist die Stichprobenzusammensetzung in Abhängigkeit der besuchten Schulform aufgeführt.

Für die Auswertung der Jahrgangsstufen ist folgendes zu beachten: die Erhebung wurde in einem Zeitraum durchgeführt, in dem einige Schulen noch ein achtjähriges Sekundarschulkonzept (G8) hatten und andere bereits (wieder) auf ein neunjähriges Sekundarschulkonzept (G9) umgestellt hatten. Dementsprechend wechseln die G8-Schüler*innen bereits nach der 9. Jahrgangsstufe ins Oberstufen-Kurs-system (Einführungsphase, kurz: E-Phase) und die G9-Schüler*innen erst nach der 10. Jahrgangsstufe. Da im Fragebogen diese Unterscheidung nicht abgefragt wurde, liegen keine Daten zur Verteilung von G8 und G9 vor und es kann in der Auswertung nicht danach unterschieden werden.

Tabelle 5.2.1: Zusammensetzung der Stichprobe für die Querschnittserhebung nach Jahrgangsstufen. Es liegen gültige Antworten von N = 1598 Schüler*innen vor.

Jahrgangsstufe	Anzahl der Klassen	Anzahl der Schüler*innen	(gültige) Prozent
7. Jahrgangsstufe	7	133	8.3 %
8. Jahrgangsstufe	11	229	14.3 %
9. Jahrgangsstufe	10	224	14.0 %
10. Jahrgangsstufe	11	226	14.1 %
E-Phase	24	503	31.5 %
Q-Phase	15	283	17.7 %

Unter der Schulform Gesamtschule werden nur integrative Gesamtschulen (IGS) erfasst, in denen alle Schüler*innen einer Jahrgangsstufe gemeinsam unterrichtet werden. Kooperative Gesamtschulen, in denen die Schüler*innen je nach ange-

strebtem Abschluss in einzelne Klassen aufgeteilt sind, werden jeweils unter Gymnasium bzw. Realschule erfasst. Hauptschüler*innen haben an der Erhebung nicht teilgenommen. Das war keine geplante Entscheidung, sondern hat sich aus den Rückmeldungen der Schulen bzw. Lehrkräfte ergeben. Der Erhebungszeitraum erstreckt sich von November 2019 bis Februar 2020 und liegt damit vollständig vor der Covid-19-Pandemie und den damit einhergehenden Unterrichtseinschränkungen.

Tabelle 5.2.2: Zusammensetzung der Stichprobe nach Schulform. Es liegen gültige Antworten für die Schulform von N = 1586 Schüler*innen vor.

Schulform	Anzahl der Klassen	Anzahl der Schüler*innen	(gültige) Prozent
Gymnasium	40	904	57.0 %
Oberstufengymnasium	24	420	26.0 %
Gesamtschule (IGS)	11	195	12.3 %
Realschule	3	67	4.2 %

5.2.1 Aufbau des Fragebogens

Als Erhebungsinstrument dient der in Kapitel 4 entwickelte Mindset-Fragebogen, der sich aus insgesamt 15 Items auf drei Skalen (*Allgemeine Intelligenz* mit 4 Items, *Begabung in Physik* mit 4 Items und *Anstrengung in Physik* mit 7 Items) zusammensetzt. Die Items werden auf einer sechsstufigen Likert-Skala mit den Werten 1 („stimme gar nicht zu“) bis 6 („stimme voll und ganz zu“) beantwortet. Wie schon in der Pilotierungsstudie (vgl. Abschnitt 4.3) werden außerdem demografische Werte erhoben und die Schüler*innen tragen einen individuellen Code ein. Bei den Schüler*innen der Sekundarstufe 2 wird zusätzlich abgefragt, ob sie Physik als Grund- oder Leistungskurs besuchen.

5.3 Konfirmatorische Faktorenanalyse

Aus der Fragebogenentwicklung ergibt sich eine fundierte Erwartung, welche Items gemeinsam auf einen Faktor laden sollten. Da der Fragebogen für die Querschnittserhebung jedoch um die Skala *Allgemeine Intelligenz* nach Dweck (2000) ergänzt wurde und der Fragebogen in der finalen Form noch nicht im Praxiseinsatz war, wird eine Kombination aus explorativer und konfirmatorischer Faktorenanalyse gewählt (Brown, 2015). Das zugrundeliegende Faktorenmodell ist das Ergebnis der explorativen Faktorenanalyse der Pilotierungsstudie. Um zu überprüfen, ob die in der Querschnittserhebung vorliegenden Daten dieses Modell stützen, wird der Datensatz in zwei Gruppen aufgeteilt. Mit der ersten Teilgruppe wird eine explorative Faktorenanalyse (kurz: EFA) durchgeführt, wie in Abschnitt 4.4.1 ausführlich beschrieben. Mit der zweiten Teilgruppe wird das in dieser explorativen Faktorenanalyse bestätigte Modell hypothesengeleitet in einer konfirmatorischen Faktorenanalyse (kurz: KFA) getestet. Mit den Ergebnissen kann das Modell theoriegeleitet und datenbasiert gezielt verbessert oder validiert werden (Brown, 2015; Schermelleh-Engel et al., 2003).

5.3.1 Aufteilung des Datensatzes

Um den Datensatz zu splitten, wird eine Zufallsvariable erzeugt, die jedem gültig ausgefüllten Fragebogen eine Zahl zwischen 0 und 1 zuordnet. Anschließend werden alle Fragebögen, deren zugeordnete Zahl im Bereich $0 \leq 0.5$ liegt, der Gruppe für die explorative Faktorenanalyse zugeteilt und alle anderen Fragebögen werden für die konfirmatorische Faktorenanalyse verwendet. Die Gruppe für die explorative Faktorenanalyse enthält $N_{EFA} = 833$ Schüler*innen und die Gruppe für die konfirmatorische Faktorenanalyse $N_{KFA} = 772$ Schüler*innen.

5.3.2 Explorative Faktorenanalyse mit der Teilgruppe N_{EFA}

Mit den zufällig ausgewählten $N_{EFA} = 833$ Schüler*innen wird eine explorative Faktorenanalyse durchgeführt, wie in Abschnitt 4.4.1 erläutert. Die Stichprobe ist mit einem KMO-Wert von .901 sehr gut für eine Faktorenanalyse geeignet und der Bartlett-Test auf Sphärizität wird signifikant ($F(105) = 4258.338, p < .001$).

Nach dem Kaiser-Eigenwertkriterium werden drei Faktoren extrahiert und die damit erklärte Gesamtvarianz liegt bei 58.13 %. Der Scree-Plot ist nicht eindeutig interpretierbar, da es an zwei Stellen einen Knick gibt: bei zwei und bei fünf Faktoren. Da jedoch der Knick bei zwei eine einfaktorielle Struktur bedeuten würde, der vierte Faktor dem Eigenwertkriterium von Kaiser nicht mehr entspricht und auch die theoretische Annahme drei Faktoren sind, wird der Scree-Plot an dieser Stelle weniger gewichtet und es wird mit den drei ersten Faktoren, entsprechend des Kaiser-Eigenwertkriteriums, die weitere Analyse durchgeführt.

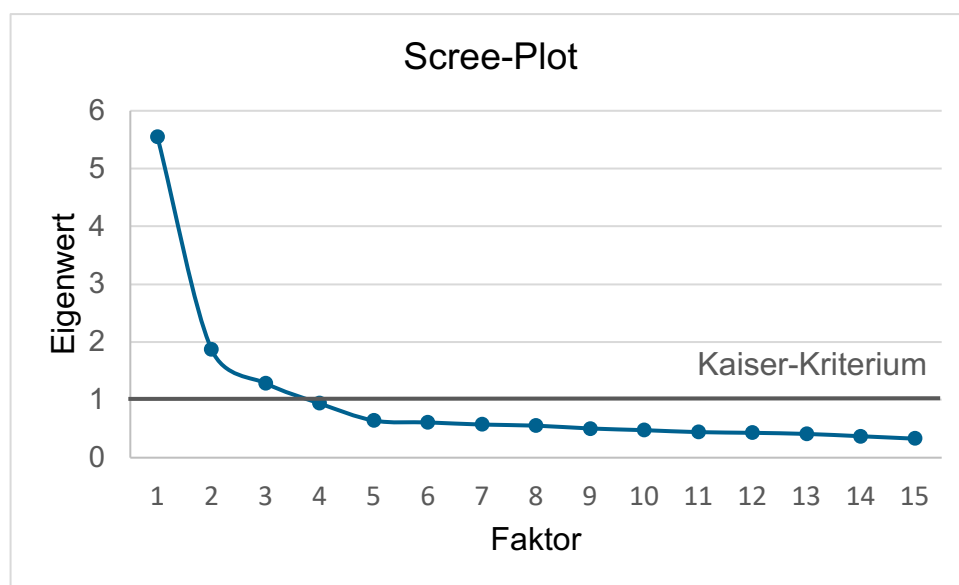


Abbildung 5.4: Scree-Plot für die Teilgruppe N_{EFA} . Die absteigend sortierten Eigenwerte zeigen zwei Knicks, bei Faktor 2 und insbesondere bei Faktor 5.

Tabelle 5.3.1 zeigt die rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse (Rotationsmethode: Varimax mit Kaiser-Normalisierung, die Rotation ist in fünf Iterationen konvergiert) für drei Faktoren. Faktorladungszahlen $< .30$ sind zur besseren Lesbarkeit ausgeblendet. Die Items der neu hinzugefügten Skala *Allgemeine Intelligenz* laden alle vier eindeutig auf den Faktor 2 und haben sehr gute Faktorladungszahlen ($> .70$, vgl. Bortz & Döring (2006)). Die vier Items der Skala *Begabung in Physik* laden mit guten Ladungszahlen auf den Faktor 3, bei

zwei Items ($B2_r$ und $B4_r$) kommt es jedoch zu einer Doppelladung und sie werden mit geringeren Ladungszahlen auch auf den Faktor 1 abgebildet. Auf den Faktor 1 laden ebenfalls alle Items der Skala *Anstrengung in Physik*.

Tabelle 5.3.1: Rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse (Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normalisierung) der Stichprobe N_{EFA} . Die Rotation ist in 11 Iterationen konvergiert, kleine Koeffizienten ($< .30$) sind für die bessere Lesbarkeit nicht dargestellt.

Item	Faktor 1	Faktor 2	Faktor 3
A1_r	.676		
A2_r	.621		
A3	.746		
A4_r	.697		
A5_r	.622		
A6	.692		
A7	.629		
I1		.797	
I2_r		.760	
I3		.704	
I4_r		.814	
B1_r			.755
B2_r	.465		.678
B3_r			.781
B4_r	.438		.658

Für den Faktor 1 wird zusätzlich eine Reliabilitätsanalyse durchgeführt, um die zwei zusätzlich darauf ladenden Items $B2_r$ und $B4_r$ besser einschätzen zu können. Die dazu gehörenden Item-Skala-Statistiken sind in Tabelle 5.3.2 dargestellt.

Die Gesamt-Reliabilität mit allen neun Items liegt bei $\alpha_C = .865$. Nach der Reliabilitätsanalyse macht es keinen großen Unterschied für das Cronbachs Alpha, ob die zwei Items Teil des Faktors sind oder nicht. Für den Faktor 3 ist es allerdings entscheidend. Denn, wenn die zwei Items $B2_r$ und $B4_r$ zu Faktor 1 zugeordnet werden, besteht die Skala nur noch aus zwei Items, was nur in besonderen Fällen statistisch zulässig ist und stets sorgfältig begründet werden muss. Für den vorliegenden Fall bleiben die zwei Items Teil von Faktor 3. Zum einen ist das die auf Basis der Pilotierung erwartete Skalenzuordnung, die Faktorladungszahlen für Faktor 3 sind mit allen vier Items deutlich höher und die Reliabilitätsanalyse von Faktor 1 zeigt keinen entscheidenden Vorteil, wenn diese zwei Items dieser Skala zugeordnet werden.

Tabelle 5.3.2: Item-Skala-Statistiken für den Faktor 1 der Hauptkomponentenanalyse mit der Stichprobe N_{EFA} , Gesamtreliabilität $\alpha_C = .865$.

Item	Korrigierte Item-Skala-Korrelation	Cronbachs Alpha, ohne das Item
A1_r	.610	.850
A2_r	.543	.856
A3	.638	.847
A4_r	.625	.848
A5_r	.631	.847
A6	.529	.856
A7	.551	.855
B2_r	.645	.846
B4_r	.605	.850

Damit ergeben sich die folgenden Reliabilitäten für die drei Skalen (siehe Tabelle 5.3.3), die alle als gut eingestuft werden können (Bortz & Döring, 2006).

Tabelle 5.3.3: Reliabilitäten für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* mit der Stichprobe N_{EFA} .

Skala	Cronbachs Alpha
Allgemeine Intelligenz	.803
Begabung in Physik	.801
Anstrengung in Physik	.831

5.3.3 Konfirmatorische Faktorenanalyse mit der Teilgruppe N_{KFA}

Die konfirmatorische Faktorenanalyse ist ein statistisches Verfahren zur Überprüfung theoriegeleiteter Messmodelle. Während in der explorativen Faktorenanalyse nach möglichen Strukturen in den vorliegenden Daten gesucht wird, wird diese Datenstruktur, also die Anzahl der latenten Konstrukte bzw. Faktoren und welche Items darauf laden, bei der konfirmatorischen Faktorenanalyse vorgegeben (Brown, 2015). Im vorliegenden Fall wird das Modell, das sich in der explorativen Faktorenanalyse der Pilotierung (vgl. Abschnitt 4.5) ergeben hat und mit dem ersten Teildatensatz im vorangegangenen Abschnitt überprüft wurde, verwendet. Mit dem zweiten Teildatensatz ($N_{KFA} = 772$) wird also überprüft, ob die explorativ gefundenen Faktoren im sogenannten Model-Fit bestätigt werden können, d. h. wie gut das angenommene Messmodell zum tatsächlichen Datensatz passt.

Da die Items im verwendeten Fragebogen auf einer Likert-Skala beantwortet werden, sind die Daten nicht normalverteilt metrisch. Das wird in der folgenden Auswertung durch entsprechend robuste Schätzverfahren berücksichtigt, es werden folglich auch sogenannte robuste Fit-Indizes verwendet. Diese sind niedriger, weil sie konservativer korrigieren und auf den korrekten Chi-Quadrat-Wert angepasst werden (Li, 2016).

Im Chi-Quadrat-Test wird überprüft, ob das hypothetische Modell zur Kovarianzmatrix des Datensatzes passt. Ideal wäre hierbei ein nicht-signifikanter Wert, um das Modell als gut passend zu beurteilen. Allerdings ist dieser Test bei großen Stichproben ($N > 200$) sehr empfindlich und wird fast immer signifikant (Brown, 2015). Das gilt auch für den vorliegenden Datensatz ($\chi^2(87) =$

541.46, $p < .001$), was bei der Stichprobengröße von $N_{KFA} = 772$ zu erwarten war. Es werden daher die weiteren Fit-Indizes betrachtet.

Der Comparative Fit Index (CFI) vergleicht das vorliegende Modell mit einem unabhängigen Null-Modell, bei dem alle Variablen unkorreliert sind. Der robuste CFI-Wert liegt für den untersuchten Datensatz bei .914 und damit im akzeptablen Bereich (Hu & Bentler, 1999). Ein weiterer Kennwert ist der Tucker-Lewis-Index (TLI), der mit 0.897 grenzwertig ist, da eigentlich erst Werte ab 0.90 akzeptabel sind. Auch RMSEA (Root Mean Square Error of Approximation) ist ein Fit-Index zur Modell-Güte-Bewertung und misst die mittlere Abweichung pro Freiheitsgrad zwischen Modell und Datensatz. Mit .082 (90 % Konfidenzintervall [.075, .089]) liegt auch dieser Wert leicht erhöht. Die durchschnittliche standardisierte Differenz zwischen beobachteten und berechneten Kovarianzen (SRMR (Standardized Root Mean Square Residual)) ergibt mit .052 einen guten Fit (Hu & Bentler, 1999).

Tabelle 5.3.4: Übersicht der (robusten) Fit-Indizes der konfirmatorischen Faktorenanalyse mit dem Teildatensatz $N_{KFA} = 772$.

Fit-Index	Wert	Interpretation
$\chi^2(df)$	542.46 (84), $p < .001$	signifikant, aber sehr sensitiv gegenüber N
CFI (robust)	.914	akzeptabel ($> .90$)
TLI (robust)	.897	niedrig ($> .90$ akzeptabel)
RMSEA [90%-CI]	.082 [.075, .089]	leicht erhöht ($< .08$ akzeptabel)
SRMR	.052	gut ($< .08$)

Alle Items laden signifikant und im guten bis sehr guten Bereich auf ihre jeweiligen Faktoren (Intelligenz: .714 bis .769, Begabung: .612 bis .906, Anstrengung: .581 bis .801) und die Korrelationen zwischen den Faktoren sind signifikant positiv (vgl. Abbildung 5.5). Mit $r = .74$ besteht zwischen Begabung und Anstrengung zwar eine hohe Korrelation, aber der Wert ist noch deutlich unter der

kritischen Grenze von $r = .85$, es handelt sich also nicht um eine problematische Redundanz (Brown, 2015).

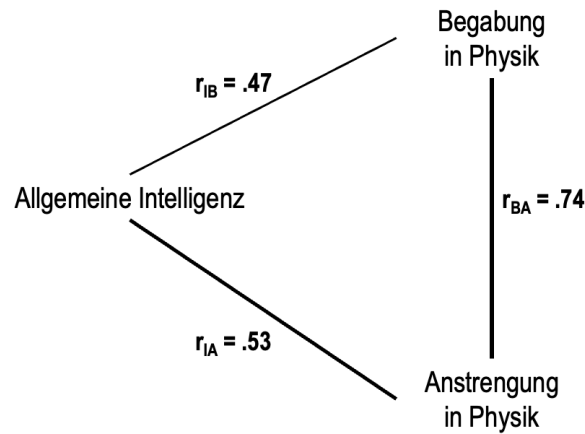


Abbildung 5.5: Visuelle Darstellung der Korrelationen (zweiseitig nach Pearson, $p < .001$) zwischen den drei Skalen Allgemeine Intelligenz, Begabung in Physik und Anstrengung in Physik für den Teildatensatz $N_{KFA} = 772$. Es zeigen sich deutliche Zusammenhänge zwischen den drei Skalen, insbesondere zwischen den zwei physikbezogenen Skalen ($r_{BA} = .74$).

Zusammenfassend zeigt die unter Verwendung der DWLS-Schätzmethode durchgeführte konfirmatorische Faktorenanalyse ein akzeptables Modell mit klarer Faktorstruktur, die inhaltlich plausible Beziehungen wiedergibt. Die Fit-Indizes sind überwiegend im akzeptablen Bereich bzw. überschreiten die Grenzen nur sehr knapp und das Modell der dreifaktoriellen Struktur mit den Faktoren *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* kann für die weitere Auswertung als valide angenommen werden.

5.4 Mittelwertanalysen³

Für die folgenden Analysen wird wieder der vollständige Datensatz mit $N = 1605$ gültigen Fragebögen verwendet. Auch für diese Stichprobe werden noch einmal die Reliabilitäten der drei Skalen berechnet, um die interne Konsistenz zu überprüfen. In Tabelle 5.4.1 sind die entsprechenden Cronbachs Alpha dargestellt.

Tabelle 5.4.1: Reliabilitäten für die drei Skalen des Mindset-Fragebogens bei Verwendung des gesamten Datensatzes mit $N = 1605$ gültig ausgefüllten Fragebögen.

Skala	Cronbachs Alpha
Allgemeine Intelligenz	$\alpha_c = .803$
Begabung in Physik	$\alpha_c = .807$
Anstrengung in Physik	$\alpha_c = .828$

Die physikspezifischen Skalen korrelieren (siehe dazu Abbildung 5.6) deutlich mit $r = .58$, was gut erklärbar ist, da sie ja beide das fachbezogene Mindset abbilden sollen. Mit der Skala *Allgemeine Intelligenz* besteht zu beiden physikbezogenen Mindset-Skalen ein mäßiger Zusammenhang ($.30 < r < .40$), was auch auf eine mäßige Korrelation zwischen dem physikbezogenen Mindset und dem allgemeinen Intelligenz-Mindset hinweist und den Forschungsansatz, das physikbezogene Mindset genauer zu untersuchen, bestärkt.

³ Die in diesem Abschnitt beschriebenen Ergebnisse sind auch im Tagungsbandbeitrag der DPG Frühjahrstagung 2020 (Goldhorn, Wilhelm, Spatz & Rehberg, 2020) beschrieben. Da der Artikel zu einem früheren Zeitpunkt innerhalb des Forschungsprojekts geschrieben wurde, ist die Benennung der Skalen noch anders und es wird vergleichsweise noch eine weitere Skala aus der Pilotierung betrachtet. Die im Tagungsbandbeitrag als „Physikalische Begabung“ bezeichnete Skala ist in der vorliegenden Arbeit als „Begabung in Physik“ benannt und die Skala „Verstehen in Physik“ wurde zwischenzeitlich in „Anstrengung in Physik“ umbenannt, da sie sich so besser voneinander abgrenzen und ins theoretische Mindset-Konstrukt einfügen lassen.

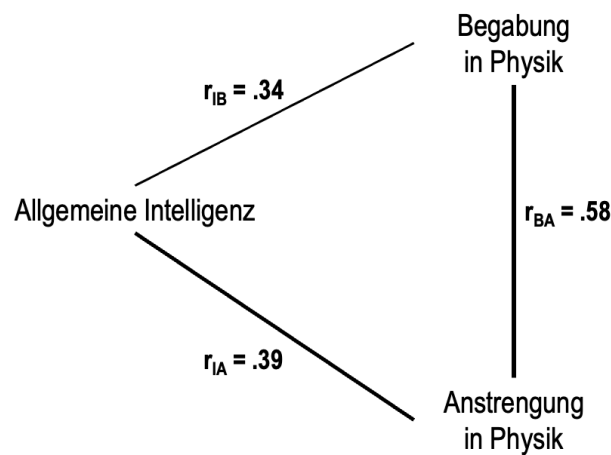


Abbildung 5.6: Visuelle Darstellung der Korrelationen (zweiseitig nach Pearson, $p < .001$) zwischen den drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik*. Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang der zwei physikbezogenen Skalen ($r = .058$) und jeweils ein mäßiger Zusammenhang zur Skala *Allgemeine Intelligenz*.

Tabelle 5.4.2: Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung der drei Skalen. Das Wertespektrum geht von 1 bis 6, wobei niedrige Skalenwerte eher einem Fixed Mindset und höhere Skalenwerte eher einem Growth Mindset entsprechen.

Skala	Minimum	Maximum	Mittelwert	Standardabweichung
Allgemeine Intelligenz	1.00	6.00	4.29	1.20
Begabung in Physik	1.00	6.00	4.16	1.14
Anstrengung in Physik	1.00	6.00	4.35	0.98

Für einen ersten Eindruck werden zunächst die Mittelwerte der drei Skalen betrachtet, Tabelle 5.4.2 zeigt einen Auszug der deskriptiven Statistiken. Alle drei Skalen füllen das gesamte Wertespektrum (von 1 bis 6) aus. Die Skalen sind so

berechnet, dass ein höherer Wert eher zu einem Growth Mindset gehörende Einstellungen wiedergibt. Die Mittelwerte liegen zwischen 4.0 und 4.5 und zeigen damit eine leichte Tendenz zum Growth Mindset, die Standardabweichungen weisen dabei jedoch durchaus auf heterogene Antworten hin, die auch den Wertebereich des Fixed Mindsets abdecken.

5.4.1 Mittelwertanalysen in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe

Für eine detailliertere Auswertung werden die Skalenmittelwerte in Abhängigkeit von der Jahrgangsstufe der Schüler*innen untersucht. Dafür wird eine einfaktorielle Varianzanalyse durchgeführt, die im Statistik-Kontext meist unter der abgekürzten Benennung ANOVA (ANalysis Of VAriance) zu finden ist. Es werden also die Mittelwerte einer metrisch skalierten, abhängigen Variablen in Abhängigkeit eines kategorial gestuften Faktors untersucht. Methodisch wird dafür die Gesamtvarianz der vorliegenden Daten in zwei Gruppen aufgeteilt: die Zwischengruppenvarianz berechnet die Unterschiede zwischen den Gruppenmittelwerten, im vorliegenden Fall also zwischen den Jahrgangsstufenmittelwerten, die Intragruppenvarianz beschreibt die Streuung innerhalb der einzelnen Jahrgangsstufen. Mit dem F-Test wird das Verhältnis der beiden Varianzen geprüft:

$$F = \frac{\text{Varianz zwischen den Gruppen}}{\text{Varianz innerhalb der Gruppen}}$$

Wird F deutlich größer als 1, sind die Unterschiede zwischen den Gruppen größer als die Streuung innerhalb der Gruppen und das weist auf mindestens einen signifikanten Unterschied der Mittelwerte hin, sofern der Hypothesentest signifikant ist. Der F-Test macht keine Aussage darüber, zwischen welchen Gruppen der signifikante Unterschied zu finden ist. Dafür wird zusätzlich ein Post-hoc-Test durchgeführt (Bortz & Döring, 2006).

Damit eine ANOVA durchgeführt werden kann, müssen unabhängige Gruppen vorliegen, die abhängige Variable sollte normalverteilt sein und Varianzhomogenität gegeben sein. Am besten ist es, wenn auch die Gruppengrößen gleich sind, jedoch ist die ANOVA, insbesondere mit dem Scheffé-Post-hoc-Test auch für

ungleiche Gruppengrößen robust (Bortz & Döring, 2006) und damit für den vorliegenden Datensatz nutzbar (vgl. Tabelle 5.2.1 für die Gruppengrößen der verschiedenen Jahrgangsstufen).

Für den Vergleich der Skalenmittelwerte abhängig von der Jahrgangsstufe sind die Mittelwerte und Standardabweichungen in Tabelle 5.4.3 dargestellt.

Tabelle 5.4.3: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik*, sortiert nach Jahrgangsstufen.

Jahrgangsstufe	Allgemeine Intelligenz (M ± SD)	Begabung in Physik (M ± SD)	Anstrengung in Physik (M ± SD)
7. Jgst.	4.42 ± 1.18	4.58 ± 1.14	4.70 ± .89
8. Jgst.	4.26 ± 1.21	4.23 ± 1.11	4.45 ± .98
9. Jgst.	4.11 ± 1.18	4.16 ± 1.09	4.42 ± .87
10. Jgst.	4.11 ± 1.21	4.03 ± 1.18	4.17 ± 1.07
E-Phase	4.45 ± 1.20	4.11 ± 1.12	4.34 ± 1.01
Q-Phase	4.29 ± 1.20	4.16 ± 1.14	4.22 ± .94

Nach visueller Prüfung mit Q-Q-Plots (Quantil-Quantil-Diagramme) kann für alle drei zu untersuchenden Variablen in allen Jahrgangsstufen Normalverteilung angenommen werden. Mit dem Shapiro-Wilk-Test lässt sich diese Annahme zwar nicht bestätigen, er ist bei den großen Gruppengrößen aber auch zu sensitiv, um verlässliche Ergebnisse zu liefern (Bortz & Döring, 2006). Der Levene-Test auf Varianzhomogenität bestätigt ebenfalls die Eignung für die Analyse mit einer einfaktoriellen Varianzanalyse, also einer klassischen ANOVA, wie oben beschrieben. Diese wird im Folgenden für jede Skala durchgeführt. Für die Skala *Allgemeine Intelligenz* zeigt sich ein signifikanter Unterschied zwischen den Gruppen ($F(5,1591) = 4.290, p < .001, \eta^2 = .013$). Scheffé-Post-hoc-Tests zeigen, dass die Mittelwerte der 9. Jahrgangsstufe ($p = .025$) und der 10. Jahrgangsstufe

($p = .026$) jeweils signifikant niedriger sind als der Mittelwert der E-Phase. Für die Interpretation dieses Ergebnisses ist es wichtig zu wissen, dass in der vorliegenden Erhebung sowohl G8-, als auch G9-Schulen teilgenommen haben. Daher findet der Wechsel von der Sekundarstufe 1 in die gymnasiale Oberstufe bei einigen Schüler*innen nach der 9. Jahrgangsstufe statt, bei anderen nach der 10. Jahrgangsstufe. Bezogen auf die Ergebnisse der Mittelwertvergleiche bedeutet das: Jeweils nach dem Wechsel in die gymnasiale Oberstufe ist ein Anstieg des Mittelwerts für die Skala *Allgemeine Intelligenz* zu beobachten.

Auch für die Skala *Begabung in Physik* wird die ANOVA signifikant ($F(5.1591) = 4.821, p < .001, \eta^2 = .015$). Post-hoc-Tests nach Scheffé zeigen signifikante Mittelwertunterschiede zwischen der 7. Jahrgangsstufe und der 9. Jahrgangsstufe ($p = .040$), zwischen der 7. und 10. Jahrgangsstufe ($p = .001$) sowie zwischen der 7. Jahrgangsstufe und der E-Phase ($p = .002$) und der 7. Jahrgangsstufe und der Q-Phase ($p = .009$). In allen Fällen weisen die höheren Jahrgangsstufen niedrigere Mittelwerte auf. Bei der Skala *Anstrengung in Physik* wird die ANOVA ebenfalls signifikant mit $F(5.1592) = 6.859, p < .001, \eta^2 = .021$. Die Post-hoc-Analyse identifiziert den Mittelwert der 7. Jahrgangsstufe als signifikant niedriger als den Mittelwert der 10. Jahrgangsstufe ($p < .001$), der E-Phase ($p = .011$) und der Q-Phase ($p < .001$). Eine Übersicht aller Post-hoc-Tests ist im Anhang C (Tabelle C.1, Tabelle C.2, Tabelle C.3) zu finden.

Bei beiden physikbezogenen Mindset-Skalen verringert sich der Mittelwert im Verlauf der Sekundarstufe, zeigt also eine Veränderung hin zum Fixed Mindset, was darauf hindeutet, dass sich auch das physikbezogene Mindset der Schüler*innen im Verlauf der Schuljahre verändert und möglicherweise eine stärkere Tendenz zum Fixed Mindset zeigt.

5.4.2 Genderbezogene Mittelwertanalysen

Die Skalenmittelwerte werden auch genderbezogen analysiert. Im Fragebogen wurden bei der Frage nach der individuellen Geschlechtszuordnung drei Antwortmöglichkeiten gegeben: männlich, weiblich und divers. Da in der vorliegenden Stichprobe von den $N = 1605$ teilnehmenden Schüler*innen nur 23 die Option

divers angekreuzt haben, wird diese Gruppe für die Mittelwertanalyse vernachlässigt. Für die verbleibenden zwei Gruppen (männlich mit $N = 814$ und weiblich mit $N = 757$) sind in Tabelle 5.4.4 die Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* aufgeführt.

Um zu überprüfen, ob es einen signifikanten Unterschied der Skalenmittelwerte abhängig von der Genderzuordnung gibt, wird ein zweiseitiger t-Test durchgeführt. Dafür wird die Differenz der Mittelwerte der beiden Gruppen ($M_1 - M_2$) ins Verhältnis zur Streuung der Werte innerhalb der Gruppen als sogenannter t-Wert berechnet:

$$t = \frac{M_1 - M_2}{\text{Differenz der Standardfehler}}$$

Die Voraussetzungen sind wie bei der oben beschriebenen ANOVA: untersucht werden kann eine metrisch skalierbare Variable, die für zwei unabhängige Gruppen vorliegt und normalverteilt ist (Bortz & Schuster, 2011). Die Normalverteilung der Variablen wird visuell mit Q-Q-Plots überprüft. Für die beiden Skalen *Allgemeine Intelligenz* und *Anstrengung in Physik* kann aufgrund signifikanter Levene-Tests keine Varianzhomogenität angenommen werden, daher wird eine Welch-Korrektur im t-Test mitgerechnet, die das Ergebnis gegen ungleiche Varianzen robust macht.

Tabelle 5.4.4: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik*, sortiert nach der von den Schüler*innen gewählten Genderbezeichnung männlich und weiblich.

Gender	Allgemeine Intelligenz (M ± SD)	Begabung in Physik (M ± SD)	Anstrengung in Physik (M ± SD)
männlich	4.22 ± 1.25	4.20 ± 1.10	4.43 ± .95
weiblich	4.39 ± 1.13	4.10 ± 1.17	4.26 ± 1.01

Betrachtet man den Mittelwert für die Skala *Allgemeine Intelligenz*, fällt auf, dass der Wert für die Gruppe, die sich als männlich identifiziert, geringer ist ($M = 4.22$, $SD = 1.25$) als für die Gruppe weiblich ($M = 4.39$, $SD = 1.13$). Dieser Unterschied ist signifikant ($t(1567.21) = -2.77$, $p = .006$) und die Effektstärke nach Cohen ($d = 1.19$) weist auf einen großen Effekt und damit auch auf praktische Relevanz des Mittelwertunterschieds hin. Für die Skala *Anstrengung in Physik* ist der Mittelwert für die Gruppe männlich hingegen höher ($M = 4.43$, $SD = .95$) als für die Gruppe weiblich ($M = 4.26$, $SD = 1.01$) und auch dieser Unterschied ist im t-Test signifikant ($t(1542.87) = 3.45$, $p < .001$) mit großer Effektstärke nach Cohen ($d = .98$). Beide Skalen zeigen also einen signifikanten Unterschied zwischen den Gruppen männlich und weiblich, jedoch zeigt einmal die Gruppe weiblich eine höhere Tendenz zum Growth Mindset (Skala *Allgemeine Intelligenz*) und einmal die Gruppe männlich (Skala *Anstrengung in Physik*). Für die Skala *Begabung in Physik* ist der Mittelwertvergleich nicht signifikant.

5.5 Clusteranalyse: Ergebnisse einer Mindset-Typisierung

Eine Clusteranalyse ermöglicht einen weiteren Schritt der Datenauswertung. Dafür werden auf Basis des Antwortverhaltens der teilnehmenden Schüler*innen verschiedene Gruppen gebildet, wobei die Schüler*innen innerhalb einer Gruppe ein möglichst ähnliches Antwortverhalten zeigen sollen, während es zwischen den Gruppen gleichzeitig so wenig Ähnlichkeit wie möglich geben soll. Um das zu erreichen, werden im ersten Schritt die Ähnlichkeiten bestimmt. Dafür werden für jeweils zwei Personen (im vorliegenden Fall also Schüler*innen) die Ausprägungen der Merkmale (im vorliegenden Fall die Werte für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik*) verglichen und ein Proximitätsmaß bestimmt. Im zweiten Schritt wird ein Fusionierungsalgorithmus ausgeführt, der aufgrund der Proximitätszahlen die Schüler*innen so zu Gruppen zusammenfasst, dass weitestgehend übereinstimmende Merkmalsausprägungen jeweils in einer Gruppe gesammelt werden. Nach diesem Verfahren werden zunächst viele kleine Gruppen gebildet, die nach und nach immer weiter zusammengefasst werden, bis zuletzt alle Schüler*innen in einer Gruppe sind. Im dritten

Schritt wird die optimale Clusterzahl bestimmt, es wird also entschieden, welche Anzahl an Clustern noch gut handhabbar ist (inhaltlich interpretierbar) und dennoch den Homogenitätsanforderungen entspricht (statistische Kriterien erfüllt) (Backhaus et al., 2016).

Für die vorliegende Analyse wird die quadrierte euklidische Distanz als Proximitätszahl verwendet, was bei empirischen Erhebungen mit metrischen Variablen sehr verbreitet ist. Dabei wird für jedes Schüler*innenpaar die Differenz der jeweiligen Skalenwerte bestimmt, diese wird quadriert und die quadrierten Werte werden schließlich addiert. Durch das Quadrieren werden größere Distanzen stärker berücksichtigt. Wie der Name schon sagt, ist die quadrierte euklidische Distanz ein Distanzmaß, sie gibt also die Unähnlichkeit der einzelnen Objekte an (Backhaus et al., 2016).

Als Fusionierungsalgorithmus wird die Ward-Methode gewählt, ein hierarchisches, agglomeratives Verfahren. Es wird also mit der feinsten Clusteraufteilung (jede*r Schüler*in bildet eine Gruppe) begonnen und dann werden die zwei ähnlichsten Objekte zu einem Cluster zusammengefasst, die Gesamtclusteranzahl reduziert sich somit um eins. Anschließend werden die Distanzmaße zur neu gebildeten Gruppe berechnet, um erneut die ähnlichsten Objekte zusammenzufassen. Die Besonderheit des Ward-Verfahrens ist dabei, dass nicht die zwei Objekte mit dem geringsten Distanzmaß zu einem Cluster kombiniert werden, sondern die Varianz der Gruppen möglichst gering gehalten wird. Durch dieses Vorgehen entstehen beim Ward-Verfahren besonders homogene Gruppen. Für eine anschauliche, ausführliche Darstellung des Verfahrens verweise ich an dieser Stelle auf Backhaus et al. (2016, S.484ff.).

Die Ward-Methode hat sich als sehr gutes Fusionierungsverfahren für Clusteranalysen etabliert und schafft es in Test-Szenarien häufig, die tatsächlichen Gruppen zu identifizieren, insbesondere wenn ähnliche Gruppengrößen erwartet werden. Eine Voraussetzung dafür ist jedoch, dass keine Ausreißer im Datensatz vorhanden sind. Daher werden vor der Durchführung der Ward-Methode häufig mithilfe eines Single-Linkage-Algorithmus mögliche Ausreißer identifiziert und eliminiert. Beim Single-Linkage-Verfahren werden jeweils die Objekte bzw. Gruppen zusammengefasst, die das kleinste Distanzmaß haben. Man nennt es daher auch

„Nearest-Neighbour“-Verfahren, da der jeweils „nächstgelegene Nachbar“ gefunden wird. Aufgrund dieses Vorgehens werden viele kleine Gruppen und wenige große Gruppen gebildet. Diese kleinen Gruppen können als Hinweis für Ausreißer im Datensatz verwendet werden, besonders wenn sie noch spät im Verfahren von den großen Gruppen getrennt sind. Man erkennt dies gut an einem Dendrogramm, das die Änderung des Distanzmaßes grafisch darstellt (Backhaus et al., 2016). Je weiter unten im Dendrogramm eine Fusionierung eingezeichnet ist, desto später im Verfahren findet sie statt. Und je länger die waagerechten Linien zwischen den Fusionierungsschritten sind, desto größer ist das Distanzmaß dieser beiden Gruppen.

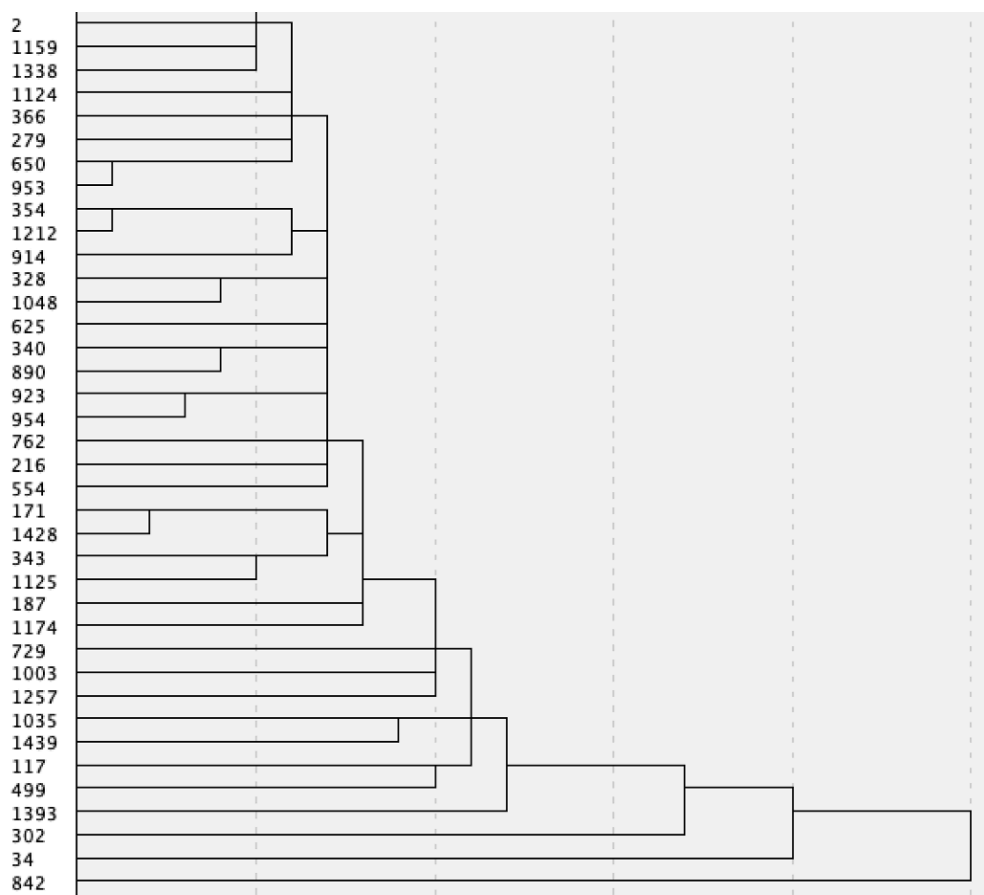


Abbildung 5.7: Ausschnitt aus dem Dendrogramm der hierarchischen Clusteranalyse mit dem Single-Linkage-Verfahren, um Ausreißer im Datensatz, hier die Identifikationsnummern 302, 34 und 842 zu identifizieren.

Abbildung 5.7 zeigt einen Ausschnitt des Dendrogramms des vorliegenden Datensatzes ($N = 1604$), bei dem drei Schüler*innen erst in den letzten Fusionierungsschritten mit großem Abstand, d. h. einem jeweils großem Distanzmaß dazwischen, hinzugefügt werden. Dies lässt darauf schließen, dass es sich bei diesen drei um „Ausreißer“ handelt. Für die weitere Analyse werden die Fragebögen mit den Identifikationsnummern 842, 34 und 302 daher ausgeschlossen.

Mit den verbleibenden $N = 1601$ Schüler*innen wird anschließend die WARD-Methode durchgeführt. Der Fusionierungsalgorithmus wird so lange ausgeführt, bis alle Objekte zu einer großen Gruppe zusammengefasst sind. Im dritten Schritt der Clusteranalyse muss daher die optimale Clusteranzahl ausgewählt werden. Ein erster Anhaltspunkt dafür ist ein Scree-Plot, bei dem die Entwicklung des Heterogenitätsmaßes über der jeweiligen Clusteranzahl aufgetragen wird. Zeigt sich in diesem Diagramm ein Knick, findet bei dieser Clusteranzahl also ein Sprung im Heterogenitätsmaß statt und die Clusteranzahl am Knick kann als Lösung verwendet werden. Da zwischen der Ein-Cluster-Lösung und der Zwei-Cluster-Lösung immer der größte Heterogenitätssprung stattfindet, wird der Scree-Plot erst ab der Zwei-Cluster-Lösung erstellt (Backhaus et al., 2016).

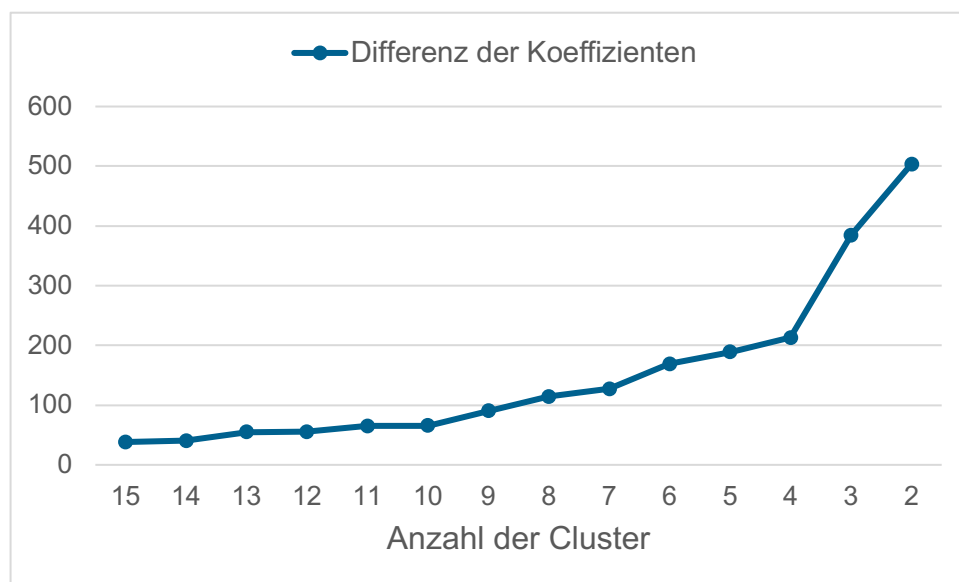


Abbildung 5.8: Scree-Plot zur Bestimmung der Cluster-Anzahl. Aufgetragen ist die Differenz der Koeffizienten (Heterogenitätsmaße), um plötzliche Änderungen des Heterogenitätsmaßes zu identifizieren, wie hier bei der Cluster-Anzahl 4.

Der Scree-Plot für den vorliegenden Datensatz (Abbildung 5.8) zeigt einen deutlichen Knick bei vier Clustern, was auf eine Vier-Cluster-Lösung hinweist. Obwohl die Vier-Cluster-Lösung im Scree-Plot sehr deutlich hervortritt, lässt sie sich nicht mit dem Test von Mojena bestätigen. Der Test von Mojena ist ein eher konservatives Kriterium, bei dem die Agglomerationskoeffizienten standardisiert und mit einem empirisch geprüften Schwellenwert verglichen werden, um die optimale Cluster-Anzahl zu bestimmen (Mojena, 1977). Der genaue Wert dieser Schwelle variiert, liegt jedoch für die meisten Datenstrukturen im Bereich von 1.8 bis 2.75 (Backhaus et al., 2016). Für den vorliegenden Datensatz wird diese Schwelle nicht überschritten, was darauf hindeutet, dass die Clusterstruktur für dieses Kriterium nicht stark genug ausgeprägt wird. Da generell empfohlen wird, nicht nur ein statistisches Kriterium zu verwenden, sondern auch grafische Verfahren herangezogen werden sollten, wird weiterhin von einer Vier-Cluster-Lösung ausgegangen, die im Folgenden interpretiert wird.

5.5.1 Interpretation der Vier-Cluster-Lösung

Für den vorliegenden Datensatz wurde noch vor der Durchführung der Clusteranalyse eine z-Standardisierung der Skalenmittelwerte durchgeführt. Dabei werden diese so transformiert, dass der Mittelwert auf 0 liegt und die Standardabweichung genau 1 beträgt, was eine mögliche Varianzungleichheit ausgleicht. Positive Werte entsprechen in dieser Normierung eher einer Growth-Mindset-Ausprägung, während negative Werte auf eine Zustimmung von Fixed-Mindset-Aussagen hindeuten.

In Abbildung 5.9 sind die Unterschiede der Skalenwerte für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* für die vier gefundenen Cluster als gruppiertes Boxplot-Diagramm aufgetragen. Die Grafik dient als Grundlage für die Interpretation.

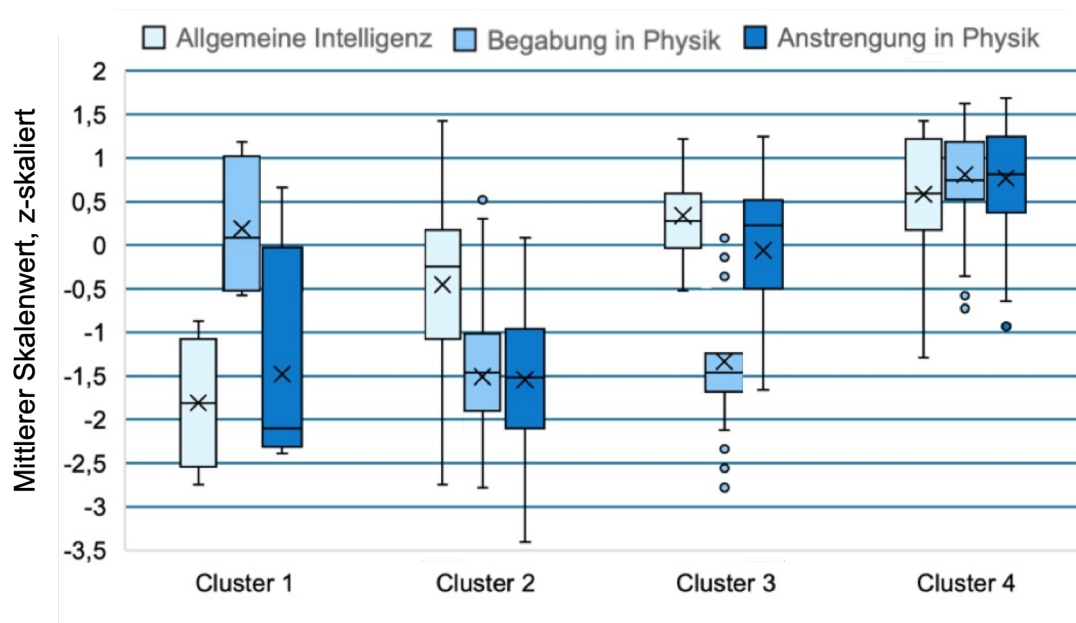


Abbildung 5.9: Gruppierendes Boxplot-Diagramm zur Visualisierung der Vier-Cluster-Lösung. Es werden die Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* mit z-transformierten Werten in vier Gruppen (= Clustern) aufgetragen.

Cluster 1: Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)

Die Schüler*innen in Cluster 1 zeigen für die Skala *Allgemeine Intelligenz* Antworten, die eher einem Fixed Mindset entsprechen, sie antworten also gemäß der Überzeugung, dass Intelligenz eine Grundeigenschaft ist, die sich nicht verändern lässt. Dazu passt, dass sie auch bei der Skala *Anstrengung in Physik* eher im Fixed Mindset Bereich antworten, sie stimmen also Aussagen wie „Ehrlich gesagt, glaube ich nicht, dass man viel daran ändern kann, wie gut man in Physik ist.“ (Item A5, vgl. Anhang B) eher zu. Beide Skalen weisen also darauf hin, dass es sich um eine Fixed-Mindset-Variante handelt. Dem scheint die leicht positive Ausprägung der dritten Skala (*Begabung in Physik*) zu widersprechen: eine besondere Physikbegabung wird von den Schüler*innen in Cluster 1 eher abgelehnt. Eine mögliche Interpretation ist, dass sie von Intelligenz als festgelegter Grundeigenschaft ausgehen und diese auch das individuelle Potential in Physik festlegt, so dass es, ihrer Überzeugung nach, keine zusätzliche physikspezifische Begabung gibt. Man könnte dieses Cluster also mit **Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)**

benennen, da Intelligenz die wichtige, determinierende Eigenschaft in der Wahrnehmung der Schüler*innen in diesem Cluster ist.

Cluster 2: Fixed Mindset (Physikbegabung)

Die Skala *Anstrengung in Physik* unterscheidet sich bei Cluster 2 kaum von Cluster 1, auch hier stimmen die Schüler*innen den Fixed-Mindset-Aussagen zu. Auch bei der Skala *Begabung in Physik* zeigen sich Fixed-Mindset-Tendenzen, hier stimmen die Schüler*innen also Aussagen wie „Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben“ (Item B2, vgl. Anhang B) eher zu. Dafür ist die Skala *Allgemeine Intelligenz* in Cluster 2 eher im neutralen Bereich: die Schüler*innen zeigen hier keine klare Tendenz hin zu Fixed-Mindset-Aussagen über Intelligenz als unveränderliche Grundeigenschaft. Interpretieren lässt sich dieses Cluster möglicherweise als eine Fixed-Mindset-Ausprägung, bei der die physikspezifische Begabung die determinierende Eigenschaft für erfolgreiches Physiklernen ist. Eine mögliche Benennung wäre demnach **Fixed Mindset (Physikbegabung)**.

Cluster 3: Mixed Mindset

Die Schüler*innen in Cluster 3 zeigen ebenfalls unterschiedliche Einstellungen auf den drei Skalen. Für die Skala *Anstrengung in Physik* scheinen sie eher neutral zu antworten. Bei den Fragen nach einer *Begabung in Physik* zeigen sie im Antwortverhalten eine deutliche Tendenz zum Fixed Mindset, während die Skala *Allgemeine Intelligenz* im Growth-Mindset-Bereich liegt. Während bei Cluster 2 ein Unterschied in der Ausprägung der Fixed-Mindset-Tendenz bei diesen zwei Skalen beobachtet werden kann, ist hier ein deutlicher Gegensatz zwischen Fixed-Mindset-Zustimmung und Growth-Mindset-Zustimmung sichtbar. Das widerspricht den Erwartungen aufgrund der Mindset-Theorie und das Cluster wird daher als **Mixed Mindset** bezeichnet.

Cluster 4: (Physikbezogenes) Growth Mindset

Das Cluster 4 zeigt für alle drei Skalen deutliche Growth-Mindset-Tendenzen im Antwortverhalten der Schüler*innen. Sie stimmen also in Bezug auf *Allgemeine*

Intelligenz, Begabung und Anstrengung in Physik den Growth-Mindset-Aussagen zu, was die Interpretation dieses Clusters als **Growth Mindset** nahelegt.

Die prozentuale Verteilung der vier Cluster bzw. Mindset-Typen ist wie folgt: 16.3 % der Schüler*innen werden dem *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* zugeordnet, 15.7 % dem *Fixed Mindset (Physikbegabung)*. Das (physikbezogene) *Growth Mindset* ist mit 43.0 % das größte Cluster und 25.0 % werden dem *Mixed Mindset* zugeordnet.

5.5.2 Mindset-Verteilungen auf Grundlage der Clusteranalyse⁴

Um mehr über die physikbezogenen Mindset-Ausprägungen zu erfahren, wird nicht nur die Gesamtverteilung der gefundenen Cluster betrachtet, sondern die Verteilung in Abhängigkeit verschiedener Variablen untersucht.

Tabelle 5.5.1: Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben, sortiert nach den Gruppen Jungen ($N = 812$) und Mädchen ($N = 755$).

	Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
Jungen ($N = 812$)	19.1 %	12.9 %	23.8 %	44.2 %
Mädchen ($N = 755$)	12.8 %	19.1 %	26.1 %	42.0 %

Tabelle 5.5.1 zeigt die prozentuale Verteilung für Mädchen und Jungen im Vergleich. Die Clusterverteilung für diese beiden Gruppen unterscheidet sich signifikant ($\chi^2(3) = 20.061$, $p < .001$). Die Analyse der standardisierten Residuen

⁴ Die in diesem Abschnitt vorgestellten Ergebnisse finden sich teilweise auch in zwei Publikationen der Autorin: Goldhorn et al. (2022a) untersucht die physikbezogenen Mindset-Verteilungen von Schüler*innen, die ein Gymnasium besuchen; Goldhorn et al. (2023a) fokussiert sich auf die Schüler*innen der Sekundarstufe 1, also die Jahrgangsstufen 7 bis 10.

zeigt, dass bei der Gruppe der Jungen das *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* stärker als erwartet vertreten ist ($R = +2.1$), während bei der Gruppe der Mädchen das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* erhöht vorkommt ($R = +2.2$). Residuen beschreiben die Differenz zwischen beobachteten und erwarteten Werten und geben somit Auskunft darüber, an welcher Stelle sich die Clusterverteilung unterscheidet. Für Werte von $|R| > 2$ sind die Unterschiede signifikant auf einem 5%-Niveau, für $|R| > 2.58$ auf einem 1%-Niveau (Bortz & Schuster, 2011).

Auch beim Vergleich der Mindset-Verteilungen über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg (Tabelle 5.5.2 und Abbildung 5.10) zeigen sich signifikante Unterschiede ($\chi^2(15) = 41.128$, $p < .001$). Die Analyse der Residuen weist dabei auf die 7. Jahrgangsstufe hin: bei den Schüler*innen, die sich im ersten Lernjahr Physik befinden, ist das Fixed Mindset (Physikbegabung) besonders gering ausgeprägt ($R = -3.0$), während das Growth Mindset gleichzeitig besonders stark vertreten ist ($R = +3.0$).

Tabelle 5.5.2: Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben haben, sortiert nach den Jahrgangsstufen von der 7. Jahrgangsstufe bis zur Q-Phase (N = 1561).

	Fixed Mindset (All. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
7. Jgst. (N = 131)	16.8 %	5.3 %	17.6 %	60.3 %
8. Jgst. (N = 225)	15.6 %	12.9 %	27.1 %	44.4 %
9. Jgst. (N = 216)	20.4 %	10.6 %	27.8 %	41.2 %
10. Jgst. (N = 218)	17.9 %	19.2 %	24.8 %	38.1 %
E-Phase (N = 492)	14.6 %	18.3 %	23.8 %	43.3 %
Q-Phase (N = 279)	14.0 %	20.4 %	25.8 %	39.8 %

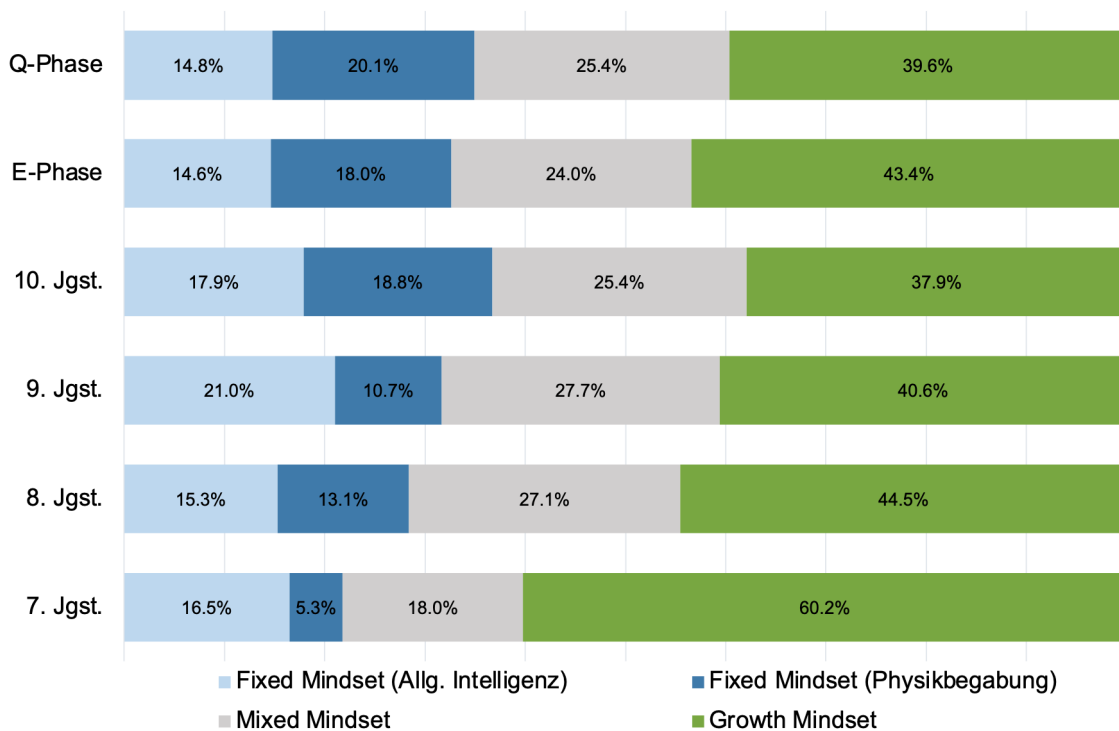


Abbildung 5.10: Visualisierung der Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben haben, sortiert nach den Jahrgangsstufen von der 7. Jahrgangsstufe bis zur Q-Phase ($N = 1561$).

Der Jahrgangsstufen-Vergleich in Tabelle 5.5.2 berücksichtigt Schüler*innen von verschiedenen Schularten. Während Realschulen nur bis zur 10. Jahrgangsstufe gehen, haben z. B. auch Oberstufengymnasien an der Erhebung teilgenommen, die erst mit der E-Phase beginnen. Um die möglichen Einflussfaktoren etwas einzugrenzen, wird in Tabelle 5.5.3 und Abbildung 5.11 die Mindset-Verteilung über verschiedene Jahrgangsstufen hinweg nur bei den teilnehmenden Gymnasialschüler*innen ($N = 900$) dargestellt. Auch bei dieser Stichprobe wird der Chi-Quadrat-Test signifikant ($\chi^2(15) = 47.741$, $p < .001$), es gibt also messbare Unterschiede der Mindset-Verteilungen in den verschiedenen Jahrgangsstufen. Die Analyse der standardisierten Residuen zeigt, wie schon beim allgemeinen Vergleich der Jahrgangsstufen, für die 7. Jahrgangsstufe eine besonders niedrige Prozentzahl für das Cluster *Fixed Mindset (Physikbegabung)* ($R = -2.5$) und eine erhöhte Prozentzahl für das *Growth Mindset* ($R = +3.3$). Abbildung 5.10 dient der einfacheren visuellen Erfassung der Mindset-Verteilungen über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg.

Tabelle 5.5.3: Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben haben, sortiert nach den Jahrgangsstufen von der 7. Jahrgangsstufe bis zur Q-Phase. In dieser Stichprobe sind nur die Schüler*innen berücksichtigt, die ein Gymnasium besuchen (N = 900).

	Fixed Mindset (All. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
7. Jgst. (N = 94)	13.8 %	4.3 %	12.8 %	69.1 %
8. Jgst. (N = 216)	16.2 %	13.4 %	26.9 %	43.5 %
9. Jgst. (N = 216)	19.8 %	10.1 %	28.6 %	41.5 %
10. Jgst. (N = 168)	17.9 %	19.0 %	24.4 %	38.7 %
E-Phase (N = 72)	9.7 %	16.7 %	13.9 %	59.7 %
Q-Phase (N = 133)	12.8 %	18.0 %	27.1 %	42.1 %

Insgesamt zeigt sich über die Jahrgänge 7 bis 10 hinweg ein zunehmender Trend beim Cluster *Fixed Mindset (Physikbegabung)* und ein abnehmender Trend beim Cluster *Growth Mindset* (vgl. auch Abbildung 5.12 und Abbildung 5.13). Bei den Gymnasialschüler*innen fällt darüber hinaus der prozentuale Anteil des Growth Mindsets in der E-Phase auf: dieser ist mit 59.7 % deutlich höher als in den Jahrgangsstufen vorher. Und beim Vergleich zwischen Mädchen und Jungen sieht man, dass der Growth-Mindset-Anteil der Mädchen in der E-Phase mit 62 % wieder auf dem Niveau der 7. Jahrgangsstufe (63 %) ist. Der Übergang in die gymnasiale Oberstufe scheint also auch das physikbezogene Mindset der Schüler*innen zu beeinflussen.

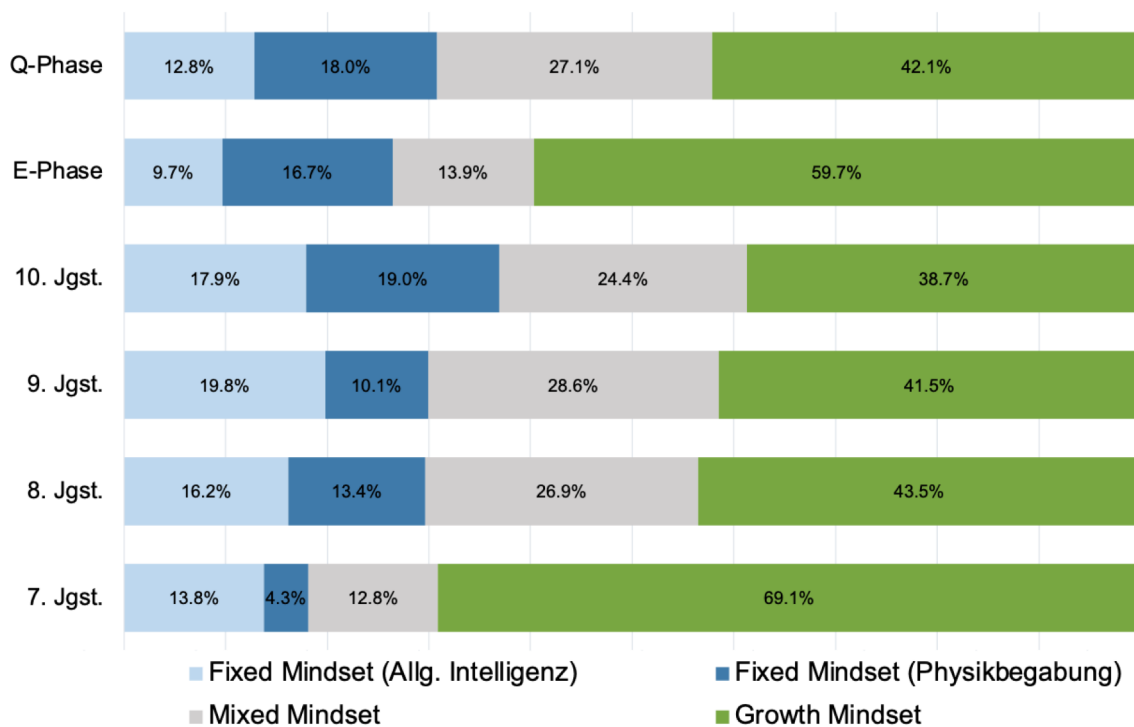


Abbildung 5.11: Visualisierung der Verteilungen für die Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset) nach Jahrgangsstufen sortiert, für die Stichprobe der Schüler*innen, die ein Gymnasium besuchen (N = 900).

Während die Veränderungen des prozentualen Anteils des *Growth Mindsets* für Mädchen und Jungen ähnlich verlaufen, sind beim *Fixed Mindset (Physikbegabung)* deutliche Unterschiede erkennbar. Die genderbezogenen Unterschiede in der Mindset-Verteilung sind im Chi-Quadrat-Test signifikant für die Jahrgangsstufe 8 ($\chi^2(6) = 12.869$, $p = .045$) und die E-Phase ($\chi^2(6) = 12.967$, $p = .044$), das bedeutet, in diesen zwei Jahrgangsstufen gibt es einen messbar höheren Anteil von Mädchen im Vergleich zu Jungen, die diesem Mindset zugeordnet werden.

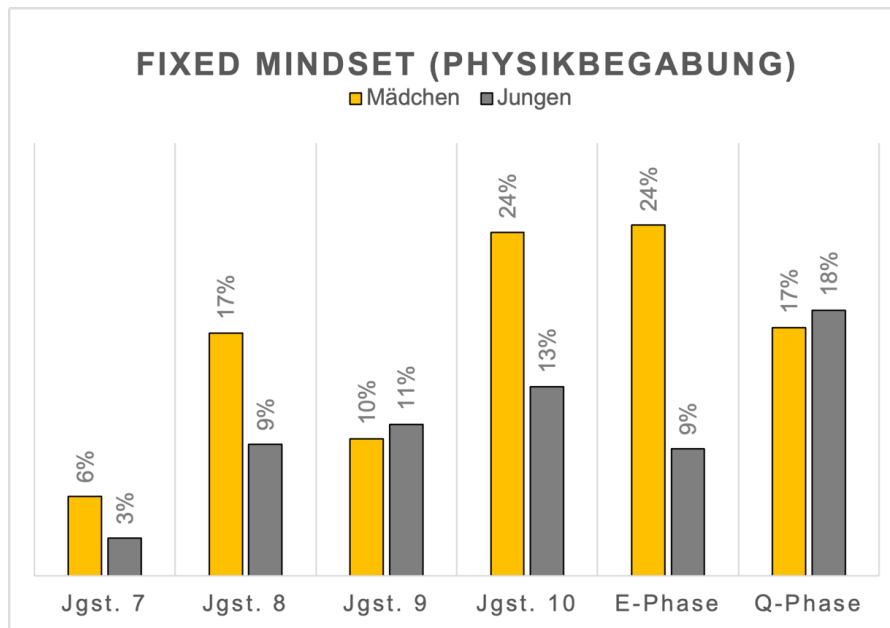


Abbildung 5.12: Prozentualer Anteil der Schüler*innen in verschiedenen Jahrgangsstufen, die in der Clusteranalyse dem Fixed Mindset (Physikbegabung) zugeordnet werden, sortiert nach Mädchen (gelb) und Jungen (grau).

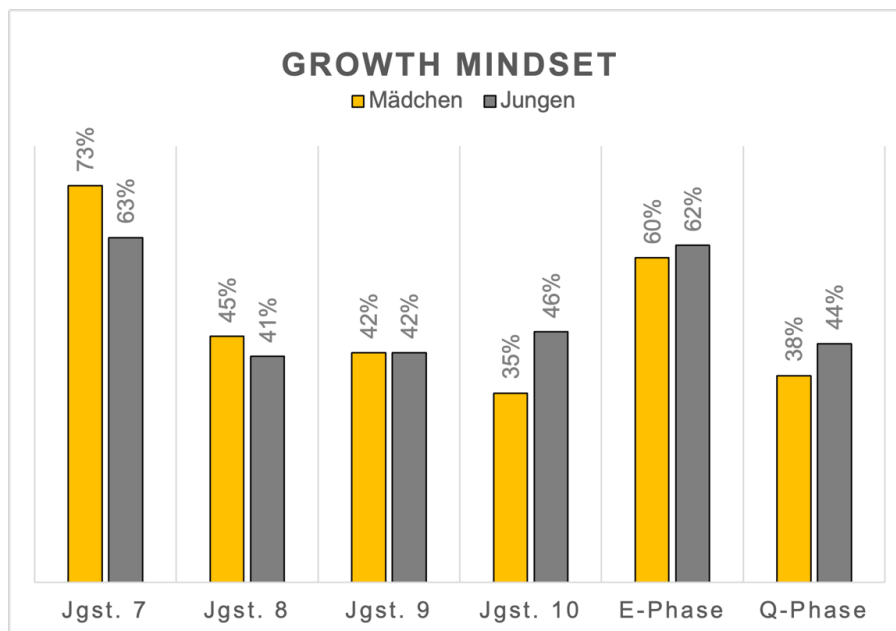


Abbildung 5.13: Prozentualer Anteil der Schüler*innen in verschiedenen Jahrgangsstufen, die in der Clusteranalyse dem Growth Mindset zugeordnet werden, sortiert nach Mädchen (gelb) und Jungen (grau).

5.6 Zuordnungsregel: Merkmale der Cluster-Zuordnung übertragbar machen

Die Einteilung der Cluster erfolgte auf rein statistischen Merkmalen: es wurden im Antwortverhalten ähnliche Schüler*innen zu Gruppen zusammengefasst, so dass am Ende Gruppen mit möglichst homogener Merkmalsverteilung in Bezug auf die drei Skalen des Fragebogens entstehen, die gleichzeitig möglichst gut voneinander abzugrenzen sind. Um diese Gruppeneinteilung auch für weitere Datensätze verfügbar zu machen, müssen die Merkmale der Gruppen beobachtbar gemacht werden. Ein dafür häufig genutztes Verfahren ist die Diskriminanzanalyse. Dabei wird eine Diskriminanzfunktion erstellt, die die bestehenden Daten und deren Clusterzuordnung mithilfe einer linearen Funktion, die die jeweiligen Merkmalsausprägungen beinhaltet, möglichst gut beschreibt. Neue Daten können dann mithilfe der Diskriminanzfunktion in eins der Cluster einsortiert werden. Es handelt sich also um ein Klassifikationsverfahren für bestehende Gruppen (Deichsel & Trampisch, 1985).

Nicht für jede Datenstruktur bietet dieses Verfahren eine gute Klassifizierung. Eine Alternative ist eine sogenannte regelgeleitete Klassifizierung, die eine Zuordnung anhand von definierten Regeln vornimmt. Typische Verfahren dafür sind „if-then“-Schleifen, es werden also Bedingungen für die Merkmalsausprägungen formuliert, die eine Zuordnung in das eine oder andere Cluster ermöglichen (Hand, 1997). Für den vorliegenden Datensatz wurde eine manuelle Regelableitung gewählt, die nach den folgenden Schritten abläuft:

1. Gruppenmerkmale für die betreffenden Variablen identifizieren (deskriptive Statistik der Gruppen der Clusteranalyse).
2. Schrittweise einfache, logische Regeln auf Basis der Merkmalsunterschiede formulieren.
3. Regeln an vorhandenen Daten testen und Fehlerrate berechnen.
4. Bei Bedarf: Regeln verfeinern und erneut mit vorhandenen Daten überprüfen.
5. Regeln an neuen Datensätzen testen.

Die manuelle Regelableitung ist dem automatischen Entscheidungsbaumverfahren sehr ähnlich, bietet aber oft eine bessere Interpretierbarkeit der Ergebnisse. In beiden Verfahren ist es wichtig, die Regeln so einfach wie möglich zu formulieren (Hand, 1997).

Die Clusteranalyse wurde mit der Gesamterhebung von $N = 1601$ Schüler*innen durchgeführt. Entsprechend wird dieser Datensatz auch verwendet, um die Regeln zur Clusterzuordnung zu definieren. Die Gruppenmerkmale sind in Tabelle 5.6.1 aufgeführt und zur visuellen Unterstützung zeigt Abbildung 5.14 die gruppierten Boxplots der Skalenwerte für die gefundenen Cluster (die Skalenwerte sind hier, im Unterschied zu Abbildung 5.9 nicht z-skaliert).

Tabelle 5.6.1: Skalenmittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD), minimale und maximale Werte und die Summe der Skalenmittelwerte für die vier Cluster Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset.

Cluster	Intelligenz			Begabung			Anstrengung			Summe
	M $\pm SD$	Min.	Max.	M $\pm SD$	Min.	Max.	M $\pm SD$	Min.	Max.	
Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	2.62 $\pm .83$	1.00	4.00	3.83 $\pm .82$	2.00	6.00	4.16 $\pm .72$	2.00	6.00	10.61
Fixed Mindset (Physikbegabung)	3.87 ± 1.18	1.00	6.00	2.56 $\pm .78$	1.00	4.75	2.92 $\pm .68$	1.00	4.43	9.35
Mixed Mindset	4.48 $\pm .73$	2.25	6.00	3.90 $\pm .81$	1.00	6.00	4.08 $\pm .61$	2.57	6.00	12,46
Growth Mindset	4.97 $\pm .79$	2.75	6.00	5.02 $\pm .63$	3.33	6.00	5.10 $\pm .51$	3.14	6.00	15.09

Die abgeleiteten Regeln, die in mehreren Iterationen überprüft und angepasst wurden, lassen sich über die Skalenwerte und deren Summe befolgen. Für die Zuordnung zum *Growth Mindset* müssen alle drei Skalenwerte mindestens 4 betragen und die Summe der drei Skalenwerte muss größer als 13 sein. Bei den zwei Fixed-Mindset-Clustern muss die Summe der drei Skalenwerte hingegen kleiner als 12 sein. Für das *Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)* gibt es zusätzlich die Voraussetzung, dass der Wert für die Skala *Allgemeine Intelligenz* kleiner als 4 ist und außerdem nicht größer als der Wert für die Skala *Begabung in Physik*. Für das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* ist diese Bedingung genau umgekehrt: der Wert für die Skala *Begabung in Physik* muss kleiner als 4 und darf nicht größer als der Wert für die Skala *Allgemeine Intelligenz* sein. Schüler*innen, die keine der Bedingungen erfüllen, werden zum *Mixed Mindset* sortiert. Abbildung 5.15 zeigt die regelbasierte Zuordnung als Flussdiagramm.

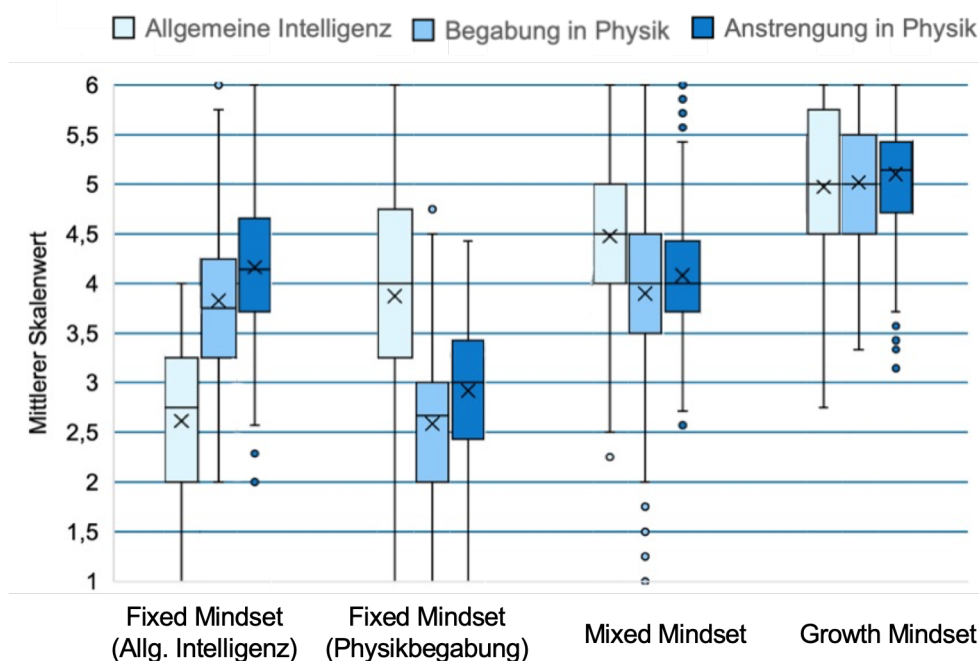


Abbildung 5.14: Gruppiertes Boxplot-Diagramm zur Visualisierung der Merkmalsausprägung der vier Cluster Fixed Mindset (Intelligenz), Fixed Mindset (Begabung), Mixed Mindset und Growth Mindset.

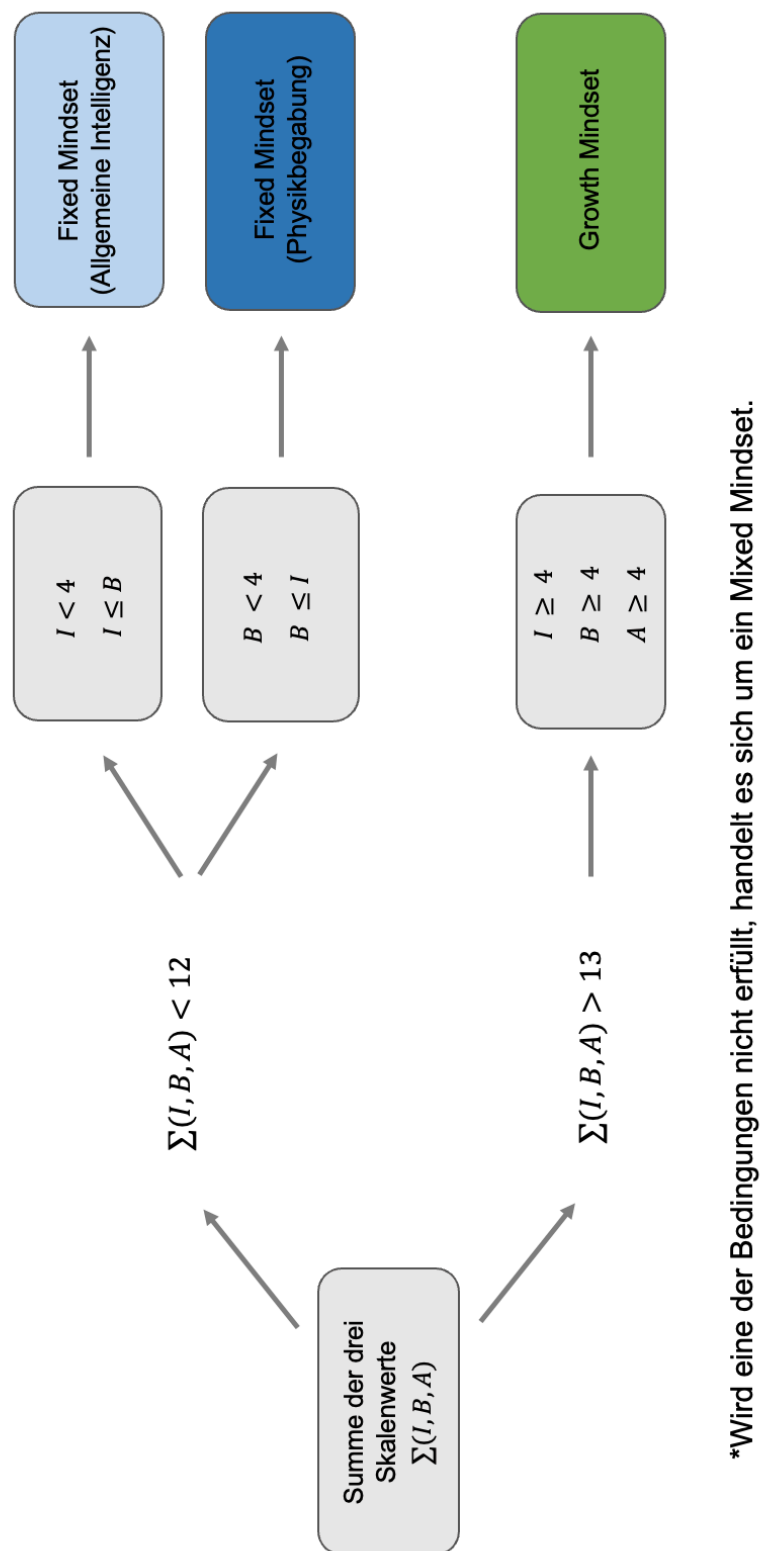


Abbildung 5.15: Flussdiagramm zur Visualisierung der regelbasierten Zuordnung zu einer Mindset-Ausprägung auf Basis der Skalenwerte für die Skalen *Allgemeine Intelligenz* (I), *Begabung in Physik* (B) und *Anstrengung in Physik* (A), sowie deren Summe.

Um die Eignung der gefundenen Regeln für die Mindset-Zuordnung zu beurteilen, wird die Fehlerrate berechnet, indem die Anzahl der Schüler*innen, deren Cluster nicht mit der regelbasierten Zuordnung übereinstimmt, ermittelt wird und ins Verhältnis zur Gesamtzahl der Schüler*innen gesetzt wird. Von den $N = 1601$ Schüler*innen, mit denen die Clusteranalyse durchgeführt wurde, konnten $i = 1425$ mit den abgeleiteten Regeln passend zugeordnet werden. Daraus ergibt sich eine Fehlerrate e von:

$$e = \frac{N - i}{N} = \frac{176}{1601} = .11$$

Es kommt also in 11 % der Fälle zu einer Zuordnung, die sich von der explorativen Clusteranalyse unterscheidet. Während das zunächst nach einer großen Abweichung zwischen regelbasierter Klassifikation und Clusteranalyse klingt, weisen Backhaus et al. (2021) explizit darauf hin, dass explorative Verfahren, wie die Clusteranalyse, eher Hypothesen generieren, jedoch eine regelbasierte Klassifikation, die sich zusätzlich zu den statistischen Daten auch auf Theoriewissen stützt, oft genauere Ergebnisse erzielt und Abweichungen im Bereich von 10 % als akzeptabel betrachtet werden können. Im vorliegenden Datensatz zeigt sich das besonders in der Abgrenzung des Mixed Mindsets. Die Zuordnungsregel ist so angelegt, dass Schüler*innen mit einer eindeutigen Tendenz zum Growth oder Fixed Mindset diesem dann auch eher zugeordnet werden und das Mixed Mindset vor allem für diejenigen Schüler*innen gedacht ist, deren Antwortverhalten der Mindset-Dichotomie widerspricht oder wirklich kaum eine Tendenz zu erkennen ist. Als Beispiel dazu dient die Schülerin Miriam⁵, ihre Skalenwerte sind: $I = 4.5$, $B = 4.25$ und $A = 4.29$, was als Summe der Skalenwerte 13.04 ergibt. Die Schülerin wird in der Clusteranalyse dem Cluster 3, also dem Mixed Mindset, zugeordnet. Die Skalenwerte liegen jedoch alle eher im Growth-Mindset-Bereich und erfüllen auch die Regeln für eine Zuordnung zum Growth Mindset, weshalb es zu einer Abweichung zwischen Clusteranalyse und regelbasierter Zuordnung kommt, wobei letztere besser interpretierbar ist. In dieser Form lassen sich die meisten Abweichungen zwischen Zuordnungsregel und Clusteranalyse erklären.

⁵ Fiktiver Vorname, die Zuordnung der Datensätze erfolgt über den beschriebenen anonymisierten Code.

Auch bei den Mindset-Verteilungen bei verschiedenen Gruppen (z. B. Genderzuordnung, Jahrgangsstufen) kommt es zu Abweichungen zwischen der Clusteranalyse und der Zuordnungsregel. Es fällt insgesamt auf, dass bei der regelgeleiteten Zuordnung weniger Schüler*innen dem Growth Mindset zugeordnet werden, jedoch bleibt die Interpretierbarkeit gegeben. Tabelle 5.6.2 zeigt exemplarisch die Mindset-Verteilung für die Gruppen Mädchen und Jungen als Vergleich zwischen Zuordnungsregel und Clusteranalyse (die Zahl in Klammern).

Tabelle 5.6.2: Vergleich der Mindset-Verteilungen für die Gruppen Mädchen und Jungen, wie sie auf Basis der Zuordnungsregel und der Clusteranalyse (Zahl in Klammern) zustande kommen.

	Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
Jungen (N = 812)	18.4 % (19.1 %)	15.7 % (12.9 %)	26.1 % (23.8 %)	39.8 % (44.2 %)
Mädchen (N = 755)	14.3 % (12.8 %)	21.3 % (19.1 %)	25.6 % (26.1 %)	38.8 % (42.0 %)

5.7 Exkurs: Mindsets in Physik nach einem Jahr Covid-Pandemie

Die Datenerhebung für die bisher im Kapitel beschriebene Stichprobe fand von November 2019 bis Februar 2020 statt und somit unmittelbar vor der Covid-Pandemie. Im Frühsommer 2021 wurde der Mindset-Fragebogen erneut eingesetzt und es wurde das physikbezogene Mindset von $N = 351$ Schüler*innen im Rhein-Main-Gebiet nach etwas mehr als einem Jahr Schule (und damit auch Physikunterricht) unter Pandemie-Bedingungen erhoben. Die nachfolgend beschriebenen Ergebnisse dieser Studie sind in Teilen auch in (Goldhorn et al., 2022b) veröffentlicht.

5.7.1 Lernen unter Pandemie-Bedingungen

Mit der Covid-Pandemie kam es ab März 2020 zu besonderen Unterrichtsbedingungen für die Schüler*innen, da es verschiedene Maßnahmen gab, um die Infektionsausbreitung zu verhindern bzw. zu verringern. In Deutschland gab es zunächst Schulschließungen für etwa 50 Tage und anschließend verschiedene Phasen mit Wechselunterricht, d. h. die Lerngruppen wurden aufgeteilt und waren alternierend im Präsenz- und Distanzunterricht, abhängig von den regionalen Covid-Inzidenzen (Schneider et al., 2021). Wie die Phasen von Distanzunterricht stattgefunden haben, ist dabei von Schule zu Schule unterschiedlich. Manche Lehrkräfte haben tägliche Videokonferenzen mit ihren Schüler*innen gemacht, während andere nur wenig direkten Kontakt hatten und vor allem über Arbeitsblätter und Selbstlernmaterial unterrichtet haben. An dieser Stelle soll es nicht um die Gründe für den veränderten Unterricht gehen und auch nicht um eine Bewertung, sondern nur um die Tatsache, dass es zwischen März 2020 und Sommer 2021 zu einer messbaren Verringerung der Unterrichts- und Lernzeit gekommen ist (Huber et al., 2020), dass insbesondere die sogenannten Nebenfächer, zu denen Physik als Naturwissenschaft zählt, von mehr Unterrichtsausfall betroffen waren (Gasteiger et al., 2023) und es vermehrt zu formalisierten Übungen und Wiederholungen bereits gelernter Inhalte kam, um den Lernstand auch unter den wechselnden und unklaren Bedingungen zu halten (Voss & Wittwer, 2020).

5.7.2 Beschreibung der Stichprobe

Für die Datenerhebung wurde ein online auszufüllender Fragebogen verwendet. Dabei wurden auf der ersten Seite die demographischen Angaben gesammelt und auf einer zweiten Seite alle 15 Items des Mindset-Fragebogens aufgelistet. Die Teilnahme an der Studie war freiwillig und sollte im Physikunterricht stattfinden. Insgesamt haben, wie erwähnt, $N = 351$ Schüler*innen von 10 verschiedenen Schulen teilgenommen. Nach eigener Auskunft der Schüler*innen besuchten zum Zeitpunkt der Erhebung 32 % ein Gymnasium, 16 % ein Oberstufengymnasium, 20 % eine integrierte Gesamtschule, 28 % eine Realschule und 3 % eine Hauptschule. 44 % der Schüler*innen kreuzten an, sich der Gruppe weiblich zugehörig

zu fühlen. Der Zeitpunkt der Erhebung war im Frühsommer 2021 kurz vor Ende des Schuljahres.

5.7.3 Ergebnisse: Mindset-Verteilungen

Die Auswertung der Fragebögen erfolgt mit der regelbasierten Zuordnung der Schüler*innen zu einem der physikbezogenen Mindsets, wie in Abschnitt 5.6 erläutert. Insgesamt werden 13.5 % der Schüler*innen dem *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* zugeordnet und 16.6 % dem *Fixed Mindset (Physikbegabung)*, 44.4 % dem *Growth Mindset* und 25.5 % dem *Mixed Mindset*. Diese Verteilung ist sehr ähnlich, wie in der Querschnittserhebung aus dem Schuljahr 2019/2020 (vgl. Abschnitt 5.5.2).

Auch in dieser Stichprobe verändert sich die Mindset-Verteilung über die verschiedenen Jahrgangsstufen hinweg (siehe Tabelle 5.7.1) und es sind statistisch signifikante Unterschiede messbar ($\chi^2(15) = 45.082, p < .001$). Wie schon in der Querschnittserhebung 2019/2020 lässt sich dabei eine gerichtete Entwicklung der Mindset-Verteilung über die Jahrgangsstufen hinweg beobachten: der prozentuale Anteil der Schüler*innen mit einem Fixed Mindset steigt an, während der Anteil der Schüler*innen mit einem Growth Mindset bis zur E-Phase absinkt. Während sich jedoch der Anteil der Schüler*innen mit einem Fixed Mindset (Physikbegabung) bei der Querschnittserhebung von 2019/2020 zwischen der 7. und 8. Jahrgangsstufe von 8 % auf 17 % erhöht und damit verdoppelt, bleibt er in der Stichprobe von 2021 bei 11 % konstant. Eine sprunghafte Erhöhung dieses Wertes ist jedoch zwischen der 8. und 9. Jahrgangsstufe von 11 % auf 22 % sichtbar (vgl. Abbildung 5.16). Statistisch werden die Unterschiede zwischen den zwei Stichproben nicht signifikant messbar, was jedoch an der geringen Schüler*innenzahl pro Mindset pro Jahrgang bei einer Gesamtstichprobengröße von $N = 351$ liegen kann ($\chi^2(5) = 6.14, p = .293$). Die Diskussion dieser Ergebnisse erfolgt im Zusammenhang mit den Ergebnissen der Querschnittserhebung von 2019/2020 und ist in Abschnitt 5.8.2 zu finden.

Tabelle 5.7.1: Mindset-Verteilungen für die N = 351 Schüler*innen sortiert nach Jahrgangsstufen.

Jahgangs- stufe	Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
7. Jgst. (N = 18)	6 %	11 %	11 %	72 %
8. Jgst. (N = 115)	5 %	11 %	31 %	52 %
9. Jgst. (N = 67)	10 %	22 %	21 %	46 %
10. Jgst. (N = 50)	12 %	24 %	34 %	30 %
E-Phase (N = 25)	28 %	28 %	16 %	28 %
Q-Phase (N = 133)	27 %	12 %	21 %	40 %

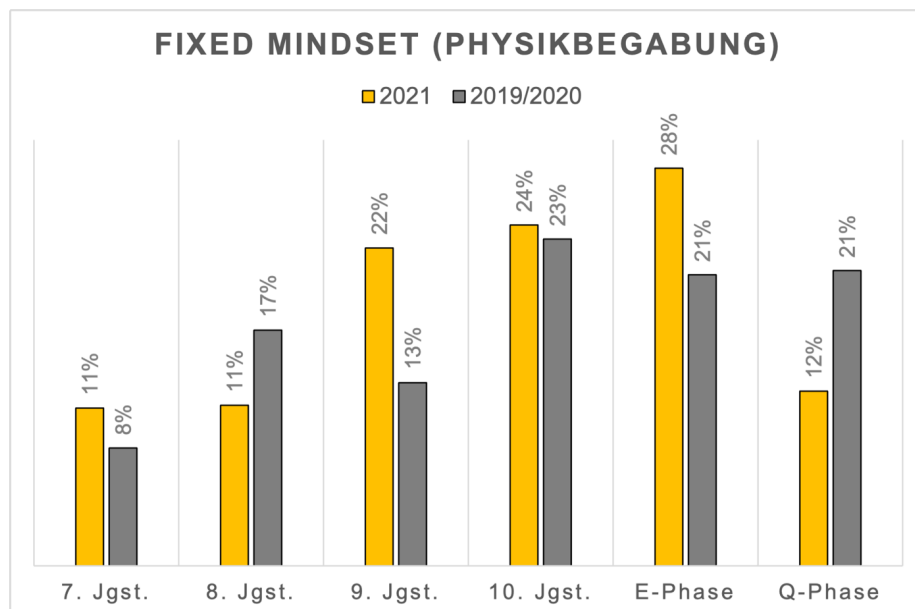


Abbildung 5.16: Prozentualer Anteil der Schüler*innen, die dem Fixed Mindset (Physikbegabung) in den verschiedenen Jahrgangsstufen zugeordnet werden. Dabei werden die Daten-sätze von 2021 (gelb) und 2019/2020 (grau) verglichen.

5.8 Diskussion

Die vorgestellte Studie ist eine Querschnittsstudie, der Fragebogen wird also einmalig bei einer möglichst hohen Zahl von Schüler*innen eingesetzt, die zum Zeitpunkt der Befragung alle Physikunterricht haben, jedoch an verschiedenen Schulen und in unterschiedlichen Jahrgangsstufen. Das Ziel der Erhebung ist es, physikbezogene Mindsets und möglicherweise auftretende Unterschiede in deren Ausprägungen (z. B. in Bezug auf Gender oder Alter der Schüler*innen) besser beschreiben zu können. Dafür wurden im ersten Schritt die wichtigen Kennwerte des noch neuen Erhebungsinstruments, dem physikbezogenen Mindset-Fragebogen, überprüft. Anschließend wurden zunächst Mittelwertanalysen und anschließend eine Clusteranalyse durchgeführt, um eine mögliche Mindset-Gruppenbildung beschreiben zu können. Die Ergebnisse wurden bereits in den Abschnitten 5.3 bis 5.5 beschrieben und werden im Folgenden noch interpretiert und in den Literaturkontext eingeordnet.

5.8.1 Evaluation des Mindset-Fragebogens

Die konfirmatorische Faktorenanalyse bestätigt mit überwiegend akzeptablen Kennwerten die angenommene dreifaktorielle Struktur. Somit kann Konstruktvalidität angenommen werden und auch die Inhaltsvalidität kann aufgrund des Fragebogen-Entwicklungsprozesses (vgl. Kapitel 4) als gegeben angenommen werden. Als Maß für die interne Konsistenz der eingesetzten Skalen wird das Cronbachs Alpha berechnet. Es liegt mit $\alpha_C = .803$ für die Skala Allgemeine Intelligenz, $\alpha_C = .807$ für Begabung in Physik und $\alpha_C = .828$ für Anstrengung in Physik im guten Bereich ($\alpha_C \geq .80$, vgl. Bortz & Döring (2006)).

Der Fragebogen ist im regulären Physikunterricht niedrigschwellig einsetzbar: der Test wird in Form von standardisierten Bögen ausgefüllt und es wird keine darüberhinausgehende Instruktion benötigt. Gleichzeitig entsteht durch die nur 15 Items ein geringer zeitlicher Aufwand und durch die gleiche Codierung der enthaltenen Skalen ist das Ausfüllen für die Teilnehmer*innen einfacher und weniger fehleranfällig. Zusammenfassend lässt sich damit sagen, dass der Mindset-Fragebogen die Gütekriterien Objektivität, Validität und Reliabilität erfüllt. Ergänzend werden auch die in der sozialwissenschaftlichen Forschung relevanten Kriterien

der Durchführungsökonomie und der Zumutbarkeit für die Proband*innen erfüllt (Bühner, 2021). Aus methodischer Perspektive ist der Fragebogen also geeignet, um damit das physikbezogene Mindset zu erheben.

5.8.2 Physikbezogene Mindsets in verschiedenen Jahrgangsstufen

Der Mittelwertvergleich in Abschnitt 5.4.1 weist in Bezug auf die Analyse in den verschiedenen Jahrgangsstufen auf zwei diskussionswürdige Ergebnisse hin. Zum einen zeigt die ANOVA für die Skala *Allgemeine Intelligenz* über die verschiedenen Jahrgangsstufen im Post-Hoc-Test signifikant niedrigere Skalenmittelwerte in der 9. bzw. 10. Jahrgangsstufe als in der E-Phase. Das bedeutet, in der E-Phase ist eine messbar stärkere Growth-Mindset-Tendenz zu beobachten als in den zwei Jahrgängen darunter. Betrachtet man den Verlauf der Skalenmittelwerte (Tabelle 5.4.3), nimmt der Skalenmittelwert von der 7. Jahrgangsstufe bis zur 9. bzw. 10. Jahrgangsstufe ab und der Wert für die E-Phase ist sogar minimal höher (4.45 ± 1.20) als der Wert für die 7. Jahrgangsstufe (4.42 ± 1.18), während der Wert für die Q-Phase (4.29 ± 1.20) wieder geringer ist. Da an der Stichprobe, wie im Ergebnisteil bereits erläutert, sowohl G8-, als auch G9-Schulen teilgenommen haben, kann der Unterschied zwischen der 9. bzw. 10. Jahrgangsstufe und der E-Phase auch jeweils den Übergang zwischen der Sekundarstufe 1 und der gymnasialen Oberstufe markieren. Und mit dieser Information lässt sich das zunächst unerwartete Ergebnis auch interpretieren. Denn einerseits kann beobachtet werden, dass bei Kindern und Jugendlichen mit zunehmendem Alter das allgemeine Growth Mindset schwächer ausgeprägt ist (Chen & Liu, 2023) und es gibt einen Trend hin zu stärkerer Fixed-Mindset-Ausprägung, wenn Schüler*innen herausfordernden Lerninhalten begegnen, insbesondere im naturwissenschaftlich-technischen Kontext (Limeri et al., 2020a). Gleichzeitig lässt sich bei Jugendlichen auch beobachten, dass das Mindset insgesamt veränderbar ist (Blackwell et al., 2007) und insbesondere in Übergangszeiten und beim Eintritt in neue Kontexte, wie sie beispielsweise beim Wechsel von der Schule an die Universität auftreten, das Mindset besonders beeinflussbar ist (Canning et al., 2019; 2024). Auch der Wechsel in die gymnasiale Oberstufe stellt eine Übergangszeit dar, denn an vielen Schulen beginnt mit der E-Phase die Kursstruktur, in der zwar meistens noch keine Fächer

abgewählt werden können, aber dennoch durch die Wahl von Grund- und Leistungskursen mit unterschiedlicher wöchentlicher Unterrichtszeit individuelle Schwerpunkte gesetzt werden können. Da es Hinweise darauf gibt, dass wahrgenommene Autonomie das Growth Mindset bei Jugendlichen stärkt (Benneker et al., 2023), lässt sich der Anstieg des physikbezogenen Growth Mindsets in der E-Phase möglicherweise darüber erklären.

Bei der Skala *Begabung in Physik* ist ein statistisch signifikanter Abfall des Mittelwerts in den Post-hoc-Tests der durchgeführten ANOVA zwischen der 7. und 8. Jahrgangsstufe zu beobachten. Auch bei der Skala *Anstrengung in Physik* wird ein Absinken des Growth-Mindset-Werts beobachtet, der jedoch erst zwischen der 7. und der 10. Jahrgangsstufe signifikant wird, also über die gesamte Sekundarstufe I verläuft. Es scheint also auch einen Rückgang des physikbezogenen Growth Mindsets (bzw. eine Stärkung des physikbezogenen Fixed Mindsets) im Verlauf der Schulzeit zu geben, was in den Literaturkontext zur allgemeinen Mindset-Forschung passt (siehe z. B. Chen & Liu (2023); Kim & Park (2021)).

Die Ergebnisse der Clusteranalyse über die Jahrgangsstufen hinweg (Tabelle 5.5.2 und Tabelle 5.5.3) stärken den Eindruck, der aufgrund der Mittelwertanalysen entsteht. Der prozentuale Anteil des physikbezogenen Growth Mindsets ist in der 7. Jahrgangsstufe, zu Beginn des Physikunterrichts, stark ausgeprägt (etwa 60 % der Schüler*innen werden diesem Mindset zugeordnet) und sinkt bereits über das erste Lernjahr Physik auf prozentuale Anteile von etwa 40 %. Die entgegengesetzte Entwicklung ist bei den prozentualen Anteilen des *Fixed Mindset (Physikbegabung)* zu beobachten, die im Verlauf der Sekundarstufe I von etwas mehr als 5 % auf annähernd 20 % steigen. Insbesondere der Anstieg zwischen der 7. und 8. Jahrgangsstufe ist sprunghaft und signifikant unterschiedlich (vgl. Abschnitt 5.5.2), d. h. das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* scheint sich erst durch die Erfahrungen der Schüler*innen mit Physikunterricht so deutlich auszuprägen. Dieses Ergebnis wird durch die zweite Mindset-Erhebung, die 2021 stattfand, gestützt. In dieser Studie wurde das physikbezogene Mindset der Schüler*innen nach etwas mehr als einem Jahr Lernen unter Pandemie-Bedingungen erfasst. In dieser Stichprobe ist der sprunghafte Anstieg des *Fixed Mindsets (Physikbegabung)* ebenfalls beobachtbar, jedoch erst zwischen der 8. und 9. Jahrgangsstufe (Tabelle 5.7.1). Zu bedenken

ist, dass diese Schüler*innen für ein Jahr viel Unterrichtsausfall und Distanzunterricht hatten, was ihre Erfahrungswelt mit Physiklernen und damit auch die Ausprägung des physikbezogenen Mindsets möglicherweise anders prägt. In den höheren Jahrgangsstufen ist die prozentuale Verteilung der Mindsets wieder vergleichbar zu der Erhebung vor der Covid-Pandemie.

In der Mindset-Forschung gibt es keine vergleichbare Studie, die fachbezogene Mindset-Ausprägungen und deren Veränderungen in der Sekundarstufe untersucht. Und auch bei der Forschung zu domänenspezifischen Begabungsüberzeugungen (*Field-Specific Ability Beliefs*, kurz: *FABs*) wird nicht untersucht, wie sich diese durch konkrete Erfahrungen mit dem Fachunterricht entwickeln. Es gibt in diesem Bereich Ergebnisse, die zeigen, dass sich FABs in Naturwissenschaften bereits im Grundschulalter nachweisen lassen und Auswirkungen auf den späteren Lernerfolg haben (Jenifer et al., 2024). Allerdings wird dabei auch eher die Überzeugung abgefragt, inwiefern allgemeine Intelligenz den Erfolg in einem bestimmten Schulfach beeinflusst („Du musst super schlau sein, um in Mathematik erfolgreich zu sein“ lautet sogar der Titel des eben genannten Artikels (ins Deutsche übersetzt)). Gleichzeitig wird in der Forschung zur Growth Mindset Classroom Culture (Canning et al., 2019; Combette et al., 2024; Zeeb et al., 2020) durchaus die Bedeutung von Lehrkräften und deren bewusst oder unbewusst gesendeter Mindset-Botschaften untersucht und hervorgehoben, dass die Überzeugungen der Lehrkräfte an die Schüler*innen weitergegeben werden und somit prägen möglicherweise nicht die inhaltlichen Erfahrungen mit dem Unterrichtsfach Physik das physikbezogene Mindset der Schüler*innen, sondern vor allem die physikbezogenen Mindset-Botschaften, die sie im Physikunterricht erfahren.

5.8.3 Physikbezogene Mindsets bei Mädchen und Jungen

Für die genderbezogene Analyse der Mindset-Ergebnisse werden die Gruppen Mädchen und Jungen verglichen, die auf der selbst gewählten Zuordnung der Schüler*innen basieren. Die Mittelwertvergleiche für die drei Skalen des Fragebogens zeigen ein gemischtes Bild (vgl. Abschnitt 5.4.2): bei der Skala *Allgemeine Intelligenz* ist der Wert für die Jungen signifikant niedriger, was für stärker ausge-

prägte physikbezogene Fixed-Mindset-Überzeugungen steht. Für die Skala *Anstrengung in Physik* ist der Wert für die Mädchen signifikant niedriger, was wiederum für stärker ausgeprägte Fixed-Mindset-Überzeugungen steht. Und bei der Skala *Begabung in Physik* gibt es keinen messbaren Unterschied zwischen den beiden genderbezogenen Gruppen.

Bei der Analyse der Mindset-Verteilungen auf Basis der Clusteranalyse ist ein ähnliches Ergebnis sichtbar: bei den Jungen ist das *Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)* signifikant häufiger vertreten, während bei den Mädchen das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* vermehrt vorkommt (vgl. Tabelle 5.5.1). In der Summe sind Fixed und Growth Mindset bei Mädchen und Jungen also gleich verteilt, doch die genaue Ausprägung des Fixed Mindsets scheint genderspezifisch zu sein. Dieses Ergebnis passt zu Untersuchungen zu ähnlichen Konstrukten, z. B. dem Talent-Habitus, den Archer und Kolleg*innen (2019) beschreiben. Talent-Habitus meint die Art und Weise, wie Schüler*innen wahrnehmen, was Talent ist, wer als talentiert gilt und wie das auf ihre Selbstwahrnehmung und Entscheidung Einfluss hat. Talent ist in diesem Fall viel mehr als eine messbare Eigenschaft, sondern vor allem ein soziales Konstrukt, das Identität und Zugehörigkeit prägt, vor allem aber auch Entscheidungen, die den eigenen Bildungsweg betreffen, beeinflusst (Archer et al., 2017). In Physik ist dieser Talent-Habitus besonders stark ausgeprägt und das Bild, das Schüler*innen dazu haben, ist männlich geprägt. Das führt dazu, dass einerseits viele Schüler*innen glauben, nur besondere Menschen (die besonders talentiert sind) können Physik erfolgreich lernen und andererseits glauben Mädchen nur sehr selten, dass sie selbst zu diesen Personen zählen, auch wenn sie sehr gute Leistungen in Physik erbringen (Archer et al., 2020). Auch für das Mindset wurde dieser Gender-Gap gezeigt, speziell im Zusammenhang mit dem Einfluss, den Lehrkräfte bzw. Dozent*innen auf das Mindset ihrer Schüler*innen bzw. Studierenden haben: wenn vermehrt Fixed-Mindset-Botschaften im Unterricht vermittelt werden, schwächt dies das Zugehörigkeitsgefühl von Mädchen und vermindert ihre Leistungen, was wiederum ihr Fixed Mindset stärkt (Canning et al., 2022). In diesem Zusammenhang ebenfalls interessant ist die Studie von Malespina et al. (2022). Darin wurden verschiedene Dimensionen des Mindsets untersucht (siehe auch Abschnitt 2.1.7), eine davon ist „My Ability“ und bezieht sich also auf die der eigenen Person zugeschriebenen Fähigkeiten im Fach Physik im Zusammenhang mit dem

Mindset. Dabei zeigen die Ergebnisse, dass Mädchen eher an eine notwendige Begabung im Fach Physik glauben und gleichzeitig ihre eigene Begabung geringer einschätzen als Jungen. Insbesondere die stärkere Überzeugung von einer notwendigen Physikbegabung bei den Mädchen passt zu den Ergebnissen der vorliegenden Arbeit.

Obwohl es also keinen allgemeinen genderbezogenen Unterschied beim Mindset gibt und auch in der vorliegenden Studie die prozentualen Anteile von Fixed und Growth Mindset für Mädchen und Jungen ausgeglichen scheinen, gibt es messbare Unterschiede in Bezug auf Begabung in Physik, die auch in der Ausprägung des Mindsets sichtbar werden.

5.9 Exkurs: Intelligenzdefinition und Mindset-Messung

Die Mindset-Theorie nach Dweck ist eng an den Begriff der Intelligenz geknüpft, jedoch ohne diesen zu definieren. Ob Menschen ein eher Fixed oder eher Growth Mindset haben, wird zwar über ihre Überzeugungen zu Intelligenz (ob Intelligenz veränderbar ist oder nicht) gemessen, dabei wird jedoch weder vorgegeben noch abgefragt, was mit Intelligenz gemeint ist. Einige Forscher*innen vermuten, dass darin Messschwierigkeiten begründet sein könnten und in einer explorativen Studie befragen Limeri et al. (2020b) College-Studierende nach ihrer Definition von Intelligenz. Daraus lassen sich zwei zentrale Gruppen ableiten: 26 der 74 Studierenden beschreiben Intelligenz als gleichbedeutend mit Wissen; Wissenszuwachs bedeutet dann auch automatisch „mehr Intelligenz“. 37 der 74 Studierenden beschreiben Intelligenz als Fähigkeit zu lernen, Probleme zu lösen, Wissen auf neue Kontexte anzuwenden etc. Die übrigen Studierenden konnten Intelligenz nicht klar beschreiben oder gaben hybride Definitionen. Auf Basis der Intelligenz-Definition konnten Limeri und Kolleg*innen auch Unterschiede im Antwortverhalten auf die Mindset-Items messen: Studierende, die Intelligenz als Wissen definieren, antworten überwiegend sehr homogen und Growth-Mindset-orientiert, weil Wissen durch Lernen generell wächst, unabhängig von Überzeugungen zur Veränderbarkeit oder Angeborenheit von Kompetenzen, wie sie in der Mindset-Theorie angenommen werden. Die Autor*innen schlussfolgern, dass die gebräuchliche „*Theories of Intelligence*“-Skala von Dweck (2000) bei diesen Studierenden

eher Überzeugungen zum Wissenszuwachs misst und nicht das intendierte Konstrukt des Mindsets. Diederich & Spatz (2024) finden bei einer Mindset-Erhebung von Studierenden in naturwissenschaftlichen Fächern unterschiedliche Mindset-Muster abhängig von der Intelligenz-Definition. Und auch Sun et al. (2021) kommen zu dem Ergebnis, dass die Ergebnisse der Mindset-Messung durch die Definition von Intelligenz beeinflusst werden und dass es daraus resultierend eine Gruppe von Teilnehmer*innen gibt, bei denen sich die allgemeine Mindset-Skala als nicht verlässlich einsetzbar zeigt.

5.9.1 Wie Schüler*innen Intelligenz definieren

Im vorliegenden Forschungsprojekt wird die „*Theories of Intelligence*“-Skala zwar nur als eine von drei Skalen für die Mindset-Messung verwendet, doch die Frage nach der Definition von Intelligenz im Kontext des Fragebogens wurde immer wieder gestellt, besonders von den teilnehmenden Lehrkräften. Ebenfalls Teil der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ ist daher eine kurze Abfrage, wie die Schüler*innen Intelligenz definieren. Im ersten Schritt werden drei Antwortmöglichkeiten gegeben: „*Intelligenz ist, wie viel ich weiß.*“ und „*Intelligenz zeigt sich in dem, was ich kann.*“ wurden in Anlehnung an die Ergebnisse von Limeri et al. (2020b) formuliert. Die dritte Antwortoption, „*Intelligenz ist logisches Denken.*“, resultiert aus den Interviewstudien zum physikbezogenen Mindset mit Schüler*innen, die im Vorfeld der hier vorliegenden Arbeit durchgeführt wurden (Goldhorn, 2017; Schwamberger, 2017; Spatz & Goldhorn, 2021). Darin wurde „logisches Denken“ immer wieder von Schüler*innen als Voraussetzung zum erfolgreichen Physiklernen genannt, dann jedoch sehr unterschiedlich beschrieben, zum Teil als feste Eigenschaft, teils als zu erlernende Kompetenz. Für Schüler*innen, die sich für keine der Antwortmöglichkeiten entscheiden möchten, gibt es noch ein Freitextfeld, in dem sie eine eigene Beschreibung für Intelligenz machen können.

Für die Auswertung zur Intelligenzdefinition liegen Daten von $N = 209$ Schüler*innen vor. Die drei Antwortmöglichkeiten werden im Folgenden abgekürzt als *Logisches Denken* („Intelligenz ist logisches Denken.“), *Wissen* („Intelligenz

ist, wie viel ich weiß.“) und *Fähigkeiten* („Intelligenz ist, was ich kann.“) bezeichnet. 191 Schüler*innen haben sich für eine der vorgeschlagenen Intelligenzdefinitionen entschieden: 55 % (106) der Schüler*innen haben die Antwortoption *Logisches Denken* gewählt, 19 % (36) *Wissen* und 26 % (49) *Fähigkeiten*. Insgesamt 31 Schüler*innen haben eine eigene Definition angegeben, wobei davon 18 Schüler*innen die eigene Definition nur als Ergänzung zur vorher getroffenen Auswahl geschrieben haben. Die Schüler*innen-Definitionen für Intelligenz sind sehr unterschiedlich, z. B. wählt Dilan einen sozialen Vergleich: „Intelligenz ist, wenn man mehr weiß als andere.“ Und Momo setzt Intelligenz mit Begabung gleich: „Intelligenz ist bei jedem Menschen anders, nämlich in was man gut ist.“ Acht Schüler*innen beschreiben Intelligenz als „schlau sein“ und drei beschreiben Intelligenz als eine Kombination der vorgeschlagenen Antworten, z. B. „Logisches Denken in Verbindung mit Wissen.“ (Sarah). Es besteht bei den Schüler*innen also keine einheitliche Vorstellung zum Begriff Intelligenz.

5.9.2 Intelligenzdefinition und Mindset

Um der von Limeri und Kolleg*innen (2020b) untersuchten Fragestellung nachzugehen, ob die Vorstellung von Intelligenz das Antwortverhalten bei Mindset-Items beeinflusst, wird die Mindset-Zuordnung beim Pre-Test in Abhängigkeit von der gewählten Intelligenz-Beschreibung betrachtet. Für $N = 98$ Schüler*innen liegen die entsprechenden Daten (gültig ausgefüllter Fragebogen und Intelligenz-Definition) vor⁶, Tabelle 5.9.1 zeigt die Mindset-Verteilungen.

Beim Vergleich der Verteilungen in Abhängigkeit von der Intelligenzdefinition scheinen sich vor allem die Gruppen *Wissen* und *Fähigkeiten* zu unterscheiden. Bei der Gruppe *Wissen* ist das *Growth Mindset* mit 53 % deutlich höher vertreten, als bei der Gruppe *Fähigkeiten* (24 %) und umgekehrt sind die zwei Fixed-Mindset-Typen bei der Gruppe *Fähigkeiten* prozentual höher (16 % und 28 %), als bei der Gruppe *Wissen* (6 % und 12 %). Die Unterschiede sind jedoch statistisch

⁶ Die Daten gehören zu der in Kapitel 6 berichteten Interventionsstudie, der Fragebogen wird vorab ausgefüllt, die Intelligenzdefinition wird zu Beginn des Interventionsmaterials beantwortet, so dass ein Matching-Prozess stattfinden muss, bei dem sich viele Datensätze nicht zweifelsfrei zuordnen lassen. Für Details dazu vgl. Abschnitt 7.2.

nicht signifikant und die Stichprobengröße ist bei der Unterteilung in die drei Gruppen sehr gering.

Tabelle 5.9.1: Mindset-Verteilungen in Abhängigkeit von der Intelligenz-Definition. Die Schüler*innenzahlen sind jeweils in Klammern angegeben.

Intelligenz ist...	Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
Logisches Denken (56)	20 % (11)	9 % (5)	26 % (15)	45 % (25)
Wissen (17)	6 % (1)	12 % (2)	29 % (5)	53 % (9)
Fähigkeiten (25)	16 % (4)	28 % (7)	32 % (8)	24 % (6)
Gesamt- verteilung (98)	16 % (16)	14 % (14)	29 % (28)	41 % (40)

Um genauer zu untersuchen, ob sich abhängig von der Intelligenzdefinition der Schüler*innen Unterschiede in Bezug auf das Mindset messen lassen, werden auch die Skalenmittelwerte untersucht. Tabelle 5.9.2 zeigt die Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Mindset-Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* in Abhängigkeit von der Intelligenzdefinition. Mögliche Unterschiede der Skalenmittelwerte werden mithilfe einer einfaktoriellen Varianzanalyse (ANOVA) untersucht. Die Voraussetzung der Normalverteilung wird mit Q-Q-Plots überprüft und kann als gegeben angenommen werden, der Levene-Test bestätigt die Varianzgleichheit. Aus der somit durchführbaren ANOVA ergibt sich ein signifikanter Unterschied bei den Mittelwerten der Skala *Allgemeine Intelligenz*, je nachdem welche Intelligenzdefinition Schüler*innen haben ($F(2, 95) = 3.89$, $p = .024$, $\eta^2 = 0.76$). Post-hoc-Tests mit Bonferroni-Korrektur zeigen, dass der signifikante Unterschied zwischen den Gruppen *Wissen* und *Fähigkeiten* liegt. Schüler*innen, die Intelligenz als *Wissen* definieren, haben im Mittel einen signifikant höheren Wert ($p = .002$, $d = .90$) auf der

Skala *Allgemeine Intelligenz* ($M = 4.92$, $SD = .83$) als Schüler*innen, die Intelligenz als *Fähigkeiten* beschreiben ($M = 4.03$, $SD = .95$). Für die Mittelwerte der anderen beiden Skalen ist kein signifikanter Unterschied messbar.

Tabelle 5.9.2: Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* in Abhängigkeit von der Intelligenzdefinition der Schüler*innen, wobei höhere Werte eher einem Growth Mindset entsprechen.

Intelligenz- definition	Allgemeine Intelligenz ($M \pm SD$)	Begabung in Physik ($M \pm SD$)	Anstrengung in Physik ($M \pm SD$)
Logisches Denken	4.4 ± 1.1	$4.4 \pm .9$	4.5 ± 1.1
Wissen	$4.9 \pm .8$	4.4 ± 1.1	$4.6 \pm .9$
Fähigkeiten	$4.0 \pm .9$	4.0 ± 1.1	$4.2 \pm .8$

5.9.3 Diskussion

Um die von Limeri et al. (2020b) aufgeworfene Fragestellung nach dem Einfluss der Intelligenzdefinition auf die Mindset-Messung in der physikbezogenen Growth-Mindset-Interventionsstudie zu berücksichtigen, wurden die Vorstellung der Schüler*innen von Intelligenz abgefragt und die Ergebnisse mit den Fragebogen-Ergebnissen vom Pre-Test verglichen. Dabei fällt besonders ein Ergebnis auf: die Schüler*innen, die Intelligenz als *Wissen* beschreiben, haben einen signifikant höheren Skalenwert für *Allgemeine Intelligenz* im Vergleich zu den Schüler*innen, die Intelligenz als *Fähigkeiten* beschreiben (vgl. Tabelle 5.9.2). Ein höherer Skalenwert indiziert eine Tendenz zu einem (gemessenen) Growth Mindset, was zu den Ergebnissen von Limeri et al. (2020b) passt. In ihrer Studie haben sie bei College-Studierenden häufiger ein Growth Mindset gemessen, wenn diese Intelligenz als Wissen definieren. Daraus schließen Limeri und Kolleg*innen, dass das Antwortverhalten von den Studierenden in Bezug auf die Mindset-Items von ihrer

Intelligenzdefinition beeinflusst wird und die von Dweck entwickelte *Implicit-Theories-of-Intelligence*-Skala nicht verlässlich das Mindset abfragt, sondern das Konstrukt, mit dem die Studierenden den Begriff Intelligenz verknüpfen: wenn sie Intelligenz als Wissen beschreiben, prägt diese Haltung auch ihre Vorstellung zur Natur von Intelligenz und sie neigen eher dazu, diese als entwickelbar zu beschreiben, da auch Wissen erweiterbar ist. Wenn Intelligenz eher mit Fähigkeiten verknüpft wird, ist diese Tendenz hin zum Growth Mindset nicht mehr messbar, da Fähigkeiten stärker mit Konzepten wie Begabung verbunden sind (Limeri et al., 2020b), was wiederum das gesamte Spektrum von Fixed bis Growth Mindset ermöglicht.

In der vorliegenden Untersuchung fällt bei der Mittelwertanalyse noch etwas auf: der gruppenbezogene Unterschied ist nur bei der Skala *Allgemeine Intelligenz* messbar, für die Skalen *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* lässt er sich statistisch nicht feststellen. Betrachtet man die Items, ist das auch nicht verwunderlich, denn in den zwei physikbezogenen Skalen kommt der Begriff Intelligenz nicht vor, insofern ist auch nicht zu erwarten, dass die Vorstellung zu Intelligenz das Antwortverhalten der Schüler*innen beeinflusst. Gleichzeitig ist die Beobachtung eine Bestätigung für den in der vorliegenden Arbeit gewählten Ansatz, das physikbezogene Mindset mit einem eigens dafür entwickelten Fragebogen zu erheben und die allgemeine Mindset-Skala nur als Teil dieses Messinstruments zu verwenden. Die Zuordnung von Schüler*innen zu einem der Mindsets beruht auf allen drei Skalenwerten und so kann davon ausgegangen werden, dass eine mögliche Verzerrung der Ergebnisse auf der Skala *Allgemeine Intelligenz* sich nicht so stark auf die Mindset-Messung auswirkt.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass auch die vorliegende Arbeit die Hypothese von Limeri et al. (2020b) und Sun et al. (2021) stützt, dass es eine Gruppe von Schüler*innen gibt, bei denen die Vorstellung zu Intelligenz ihr Ankreuzverhalten bei der allgemeinen Mindset-Abfrage beeinflusst und dass für eine akkurate Mindset-Messung eine fachbezogene Mindset-Messung sinnvoll erscheint. Die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit können nur als Hinweise verstanden werden. Es handelt sich um eine im Forschungsverlauf aufgekommene Fragestellung, die in bereits geplante Studien integriert wurde und daher hier auch als Exkurs behandelt wird, also außerhalb der vorab bestimmten Forschungslogik. Die Stichprobe

ist klein und die Frage nach der Intelligenzdefinition ist nur ein einzelnes Item, das nicht in Interviews oder anderen qualitativen Formaten überprüft wurde.

“Mindsets are just beliefs. They’re powerful beliefs, but they’re just something in your mind. And you can change your mind.”
(Carol S. Dweck, 2016, S. 16)

6 Entwicklung einer physikbezogenen Growth-Mindset-Intervention

Der in den vorangegangenen Kapiteln beschriebene Fragebogen ermöglicht die Messung von physikbezogenen Mindsets und es können Aussagen über die prozentualen Verteilungen von Fixed und Growth Mindset sowie deren Veränderungen in den verschiedenen Jahrgangsstufen gemacht werden. Die daraus resultierenden Erkenntnisse über das physikbezogene Mindset der Schüler*innen bleiben jedoch auf einer rein beschreibenden Ebene, während ein Hauptfokus der Mindset-Forschung auf der Möglichkeit der Förderung des Growth Mindsets liegt. Da dies auch ein Ziel der vorliegenden Arbeit ist, wird eine physikbezogene Growth-Mindset-Intervention entwickelt, die in der Sekundarstufe I eingesetzt werden kann.

Diese vorgestellten Kriterien zur Qualitätsprüfung von Mindset-Interventionen wurden erst nach der Entwicklung der in der vorliegenden Forschungsarbeit verwendeten Mindset-Intervention veröffentlicht. Einige Vorarbeiten zum Thema (Hulleman & Cordray, 2009; Walton & Wilson, 2018; Yeager et al., 2016; Yeager & Dweck, 2020) haben jedoch schon vorher verschiedene Qualitätsmerkmale von Mindset-Interventionen definiert, an denen sich die hier besprochene Intervention orientiert.

6.1 Umsetzung der Mindset-Intervention im Fach Physik

Die Mindset-Intervention soll, basierend auf den Ergebnissen der Querschnittserhebung (siehe Kapitel 7), mit Schüler*innen der Sekundarstufe 1 durchgeführt werden. Im ersten Lernjahr Physik ist die deutlichste Veränderung des physikbezogenen Mindsets beobachtbar (vgl. Tabelle 5.5.2), so dass die 7. und 8. Jahrgangsstufe wahrscheinlich der beste Zeitraum für die Intervention sind, da die Schüler*innen zwar schon (erste) Erfahrungen mit Physikunterricht sammeln

konnten und sie andererseits noch nicht vor der Entscheidung der Kurswahl in der Oberstufe stehen, die möglicherweise auch durch das fachbezogenen Mindset beeinflusst wird. Für das Interventions-Setting wird der reguläre Physikunterricht gewählt. Das hat überwiegend praktische Gründe und soll die Hürde zur Teilnahme für die Physiklehrkräfte geringhalten. Um die Inhalte der Intervention möglichst kontrolliert zu gestalten und den Einfluss der durchführenden Lehrkräfte innerhalb der Intervention gering zu halten, werden Selbstlernmaterialien für die Schüler*innen entwickelt. Die Physiklehrkräfte haben während der Intervention vor allem eine Aufsichtsfunktion: sie stehen für Verständnisfragen zur Verfügung, sorgen für den zeitlichen und strukturellen Rahmen, aber haben keine inhaltsvermittelnde Rolle.

Vom Umfang her wird die Intervention auf ca. drei Unterrichtsstunden von jeweils 45 Minuten konzipiert. Sie wird inhaltlich in verschiedene Blöcke unterteilt und soll nicht am Stück, sondern in mindestens zwei Unterrichtseinheiten durchgeführt werden, wobei der erste Teil gut in eine Doppelstunde passt. Da Physik in der Regel mit zwei Wochenstunden unterrichtet wird, findet die Intervention somit in zwei aufeinanderfolgenden Unterrichtswochen statt. Dadurch werden die Schüler*innen mindestens zweimal mit den Growth-Mindset-Inhalten konfrontiert und es liegt etwas Zeit dazwischen, in der sie das Gelernte verarbeiten und unterbewusst bereits auf Lerninhalte außerhalb der Intervention anwenden können und den rekursiven Prozess anstoßen, der von Walton (2014) im Zusammenhang mit effektiven psychologischen Interventionen beschrieben wird: Growth-Mindset-Interventionen zählen zu einer Interventionsform, die durch meist eher kurze Einheiten langfristige Effekte erzielen (sollen). Damit das gelingen kann, sind die Interventionen so gestaltet, dass sie sowieso ablaufende Prozesse in einem bestimmten Kontext positiv beeinflussen. Bei den Growth-Mindset-Interventionen sind das die individuellen Lernprozesse bzw. vor allem deren Wahrnehmung. Die Botschaft der Intervention ist die Möglichkeit der Entwicklung, also des individuellen Lernfortschritts. Ein solcher Lernfortschritt ist für Schüler*innen am besten über Lernfolge wahrnehmbar. Da sie im Schulkontext ständig mit Lernprozessen und auch Leistungsnachweisen (in Form von mündlichen oder schriftlichen Abfragen, Lernstandskontrollen etc.) konfrontiert sind, haben sie auch immer wieder die Chance, einen Fortschritt für sich selbst festzustellen. Werden die Schüler*innen nun durch die Intervention dazu ermutigt, sich intensiver mit dem Lernstoff zu befassen,

steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie auch ein Lernerfolgserlebnis haben. Dieses Lernerfolgserlebnis kann wiederum bestärkend auf die durch die Intervention angelegte Wachstumsüberzeugung wirken, was zu weiterhin intensivem Lernen motiviert. Auf diese Weise wird der Effekt der Growth-Mindset-Botschaft im Lernprozess weiter verstärkt (Kenthirarajah & Walton, 2015; Walton, 2014; Walton & Wilson, 2018; Yeager & Walton, 2011), was im besten Fall eine langfristige Überzeugungsänderung bewirken kann. Werden Schüler*innen nun im Interventions-Setting in zwei aufeinanderfolgenden Wochen mit der Growth-Mindset-Botschaft konfrontiert, steigt die Wahrscheinlichkeit, dass sie innerhalb dieser Woche einen Lernfortschritt erleben konnten und durch die Erinnerung an die Wachstumsüberzeugung diesen stärker wahrnehmen.

6.1.1 Elemente der Mindset-Intervention

Im Folgenden werden zunächst die inhaltlichen Elemente der entwickelten Mindset-Intervention vorgestellt. Der genaue Aufbau der Intervention wird dann in Abschnitt 6.1.2 erläutert.

Growth-Mindset-Botschaft

Die Intervention, die von Blackwell und Kolleg*innen (2007) veröffentlicht wurde, erfüllt die Anforderungen, die Yeager et al. (2016) an die Umsetzungsqualität einer Growth-Mindset-Intervention stellen. Ein zentrales Element, das seitdem in vielen Interventionen aufgegriffen wurde, ist der Text „You Can Grow Your Intelligence“ (Blackwell et al., 2007; siehe Anhang D). Darin wird einerseits Neuroplastizität als fachliche Basis für die Wachstumsorientierung erklärt und gleichzeitig wird daraus eine gut merkbare Metapher formuliert: das Bild von „Gehirn-Muskeln“, die für kognitive Kompetenzen benötigt werden und entsprechend der Körpermuskeln trainiert werden können. Im Text werden explizit domänenspezifische Gehirn-Muskeln erwähnt, um auszudrücken, dass auch Teilbereiche des Gehirns gezielt trainiert werden können, was für eine physikbezogene Growth-Mindset-Intervention besonders wichtig ist, insbesondere mit Blick auf das in der Clusteranalyse identifizierte *Fixed Mindset (Physikbegabung)*.

Neuroplastizität

Als Ergänzung zu der metaphorisierten Beschreibung im Text „You Can Grow Your Intelligence“ wird das Konzept der synaptischen Plastizität als Erklärung zum Lernen genutzt. Wird eine synaptische Verbindung mehrmals wiederholt und stark aktiviert, kommt es zu einer dauerhaften Verstärkung dieser Verbindung. Und je stärker die Verknüpfungen zwischen Neuronen ausgebaut sind, desto höher sind auch Stärke und Effizienz der Signalübertragungen in diesem Bereich. Diese Langzeitpotenzierung gilt als biologisches Korrelat des Lernens und zeigt, dass Lernen kein abstrakter psychologischer Prozess ist, sondern auf konkreten physiologischen Anpassungen im Gehirn beruht und sich das neuronale Netzwerk in Abhängigkeit von Erfahrungen und Aktivität verändert (Kandel et al., 2013; vgl. dazu auch Abschnitt 2.1.5).

In der Intervention wird dieses Prinzip zunächst in einem Schaubild erläutert und anschließend anhand eines Experiments von Rosenzweig und Bennett (Rosenzweig et al., 1972) veranschaulicht. In diesem Experiment wurde untersucht, wie sich sensorische und soziale Umwelteinflüsse auf die Gehirne von Ratten auswirken. Im Experiment werden die Ratten in verschiedene Gruppen eingeteilt: große Käfige mit Spielzeugen und mehreren Artgenossen (sensorische und soziale Stimulation) und Einzelhaltung in kleinen Käfigen ohne Spielmaterial. Nach einigen Wochen konnte bei den Ratten in der aktivierenden Umgebung ein signifikant höheres Gehirngewicht festgestellt werden. Der Unterschied lag bei 2-10 % und betraf besonders die Großhirnrinde, was auf mehr Synapsen und größere Dendritenbäume (Verzweigungen und Kontaktstellen zu anderen Nervenzellen) zurückzuführen ist (Rosenzweig et al., 1972). Das Experiment gilt als physiologischer Beleg für die Neuroplastizität durch Erfahrung. Dass es sich tatsächlich um einen erfahrungsabhängigen und damit auch reversiblen Prozess handelt, zeigen weiterführende Experimente der Forschungsgruppe. Dabei wurden die Ratten, nachdem sie zunächst in der reizarmen Umgebung gelebt hatten, in die Haltung mit sensorischer und sozialer Stimulation umgesiedelt und zeigten nach wenigen Wochen ebenfalls eine zunehmende kortikale Dicke und Zahl von Synapsen, genau wie die Tiere, die von Beginn an in dieser Umgebung gelebt hatten. Im umgekehrten Experiment, also wenn Ratten zunächst in der stimulierenden Umgebung leben und dann in reizarme Einzelhaltung wechseln, bildet sich die kortikale Vergrößerung und Synapsenzahl wieder zurück (Diamond, Ingham, Johnson, Bennett

& Rosenzweig, 1976). Die Experimente von Rosenzweig und Kollegen zeigen also sehr anschaulich, wie sich synaptische Plastizität erfahrungsabhängig und reversibel ausprägt, was die Metapher der Gehirn-Muskeln unterstützt und mit glaubhaften wissenschaftlichen Belegen stärkt. Auch im Mindset-Kurs *Brainology*® von Mindset Works (siehe <https://sites.google.com/mindsetworks.com/mindsetworks/home>, letzter Zugriff am 25.10.2025) werden die beschriebenen Experimente für die Veranschaulichung der Neuroplastizität genutzt.

Die Lernstrategie BRAIN

Das Wissen über ein Konzept wie Neuroplastizität kann in Bezug auf eine Mindset-Veränderung bzw. generell eine Förderung des Growth Mindsets hilfreich sein, noch wirkungsvoller werden solche und ähnliche Ansätze jedoch durch die Verknüpfung von Theorie und praktischer Umsetzung für den Lernalltag, oft in Form von anwendbaren Lernstrategien (Hulleman & Barron, 2015). Auch der Kurs *Brainology*® von Mindset Works setzt auf diese Kombination und stellt eine eigene Lernstrategie unter dem Akronym BRAIN vor. Dabei steht B für *break down information into basic elements* (Informationen in Grundbestandteile zerlegen), R für *repeat, review, practice* (Wiederholen, Überprüfen, Üben), A für *actively practice* (aktiv üben), I für *information-seeking through expert sources* (sich gezielt Informationen und Expertenwissen holen) und N für *never give up, stay with the task long enough* (nicht aufgeben, dranbleiben) (Mindset Works, 2008). Das Akronym ist für das Programm *Brainology*® entwickelt worden, die einzelnen Bausteine sind jedoch gut belegte Lernprinzipien aus der Lern- und Gedächtnisforschung. Der erste Punkt ist als *Chunking* bekannt, um große Informationsmengen leichter im Arbeits- und Langzeitgedächtnis zu verarbeiten. „Repeat, review, practice“ und „Actively practice“ passen zum Wissen über die Gedächtniskurve und den Test-Effekt, also das effektive Lernen unter Testbedingungen, das zu besseren Lernergebnissen führt (Roediger & Karpicke, 2006). Und auch „Information-seeking“ findet sich in der Literatur und Praxis zu Lernstrategien (Nummela Caine & Caine, 1999). Der letzte Buchstabe des Akronyms passt direkt zur Mindset-Botschaft selbst und verbindet somit das Element der Lernstrategie mit der angestrebten Überzeugungsveränderung bei den Schüler*innen. Ein Arbeitsblatt zur BRAIN-Strategie ist im Anhang D zu finden.

Saying is Believing

Der „Saying-is-Believing“-Effekt (kurz: SIB-Effekt) beschreibt, dass Menschen ihre eigene Überzeugung dann besonders stärken, wenn sie diese anderen Menschen vermitteln (Higgins & Rholes, 1978). Higgins und Rholes erklären das über die Vermeidung von kognitiver Dissonanz: wenn Menschen aufgefordert werden, eine bestimmte Überzeugung anderen gegenüber zu formulieren, entsteht der Wunsch nach innerer Konsistenz und sie passen ihre eigene Überzeugung (unbewusst) an das Gesagte an. Auch ein Prozess der aktiven Konstruktion spielt beim SIB-Effekt eine Rolle: durch das Verbalisieren werden die Inhalte von den Teilnehmenden sowohl kognitiv als auch emotional integriert und erhalten damit eine größere Bedeutung (Lee et al., 2023). In vielen Mindset-Interventionen wird der SIB-Effekt genutzt: Blackwell und Kolleg*innen (2007) haben ihre Teilnehmer*innen in eigenen Worten erklären lassen, dass Intelligenz formbar ist, und in der NSLM (Yeager et al., 2019) war die SIB-Aufgabe, einen Brief an jüngere Schüler*innen zu schreiben. In der genauen Aufgabenstellung unterscheiden sich die SIB-Übungen also zwischen den Interventionen, doch das Vorhandensein ist ein Erfolgskriterium für Growth-Mindset-Interventionen (Yeager et al., 2016).

Physikbezug der Mindset-Intervention

Ergänzend zum physikbezogenen Mindset-Fragebogen soll auch die in der vorliegenden Arbeit entwickelte Intervention den Bezug zum Fach Physik aufweisen. Sowohl in der Mindset-Forschung als auch in benachbarten Forschungsbereichen, beispielsweise rund um die naturwissenschaftliche Identitätsbildung von Jugendlichen, werden immer wieder so genannte „Struggle-Stories“ verwendet, also biografische Geschichten von erfolgreichen Menschen und wie sie eben keinen geradlinig erfolgreichen Werdegang hatten, sondern ebenfalls mit Herausforderungen und temporärem Scheitern zu tun hatten (Yeager & Dweck, 2020). In einer Studie von 2016 heißt es sogar im Titel: „Even Einstein struggled“ (Lin-Siegler et al., 2016), es wird also direkt ein Bezug zu dem Inbegriff von erfolgreichem Physiker hergestellt. Und während es zwar motivierende Effekte für Schüler*innen und Studierende durch diese Struggle-Stories gibt, so weiß man durch die Forschung von Archer und Kolleg*innen (Archer et al., 2017; Archer et al., 2020) auch, dass insbesondere für Mädchen die Identifizierung mit erfolgreichen Physikern kaum möglich ist und die Struggle-Stories möglicherweise eher dem Talent-

Habitus im Fach Physik dienen. Da in der vorliegenden Intervention Schüler*innen der Sekundarstufe 1 die Zielgruppe sind, also lange bevor eine mögliche berufliche Orientierung in Richtung Physik stattfindet, ist das Kriterium „erfolgreiche*r Physiker*in“ auch nicht entscheidend. Vielmehr soll in der Intervention ein Bezug zum Schulfach hergestellt werden. Als Anknüpfungspunkt wurde daher die Lernstrategie BRAIN gewählt, die im Rahmen der Intervention an einem Thema des Physikunterrichts von den Schüler*innen angewendet werden soll. Damit die Intervention nicht an eine bestimmte Unterrichtseinheit gebunden ist, sondern zu verschiedenen Zeitpunkten durchgeführt werden kann, muss ein Thema gewählt werden, das außerhalb der verpflichtenden Unterrichtsinhalte liegt, mit mehr oder weniger Vorwissen gut bearbeitbar ist und dabei inhaltlich für möglichst viele Schüler*innen etwas Neues beinhaltet.

Als physikbezogenes Element in der Intervention wird das sehr bekannte Freihandexperiment vom Kerzenaufzug verwendet. Es ist ein oft schon im Grundschulalter oder in Naturwissenschafts-Eingangsunterricht verwendetes Freihandexperiment, bei dem ein Teelicht in einen mit etwas Wasser gefüllten Teller oder eine flache Schale gestellt wird. Dann wird ein Glas über die brennende Kerze gestellt und schon während die Flamme kleiner wird, steigt der Wasserspiegel im Glas langsam an und beim Erlöschen der Flamme nochmal deutlich schneller. So einfach die Durchführung und Beobachtung bei diesem Experiment sind, so variabel sind die Erklärungen, die man online und auch im Vorwissen der Schüler*innen findet. Sehr verbreitet ist die sogenannte chemische Erklärung, die darauf beruht, dass die Kerzenflamme den in der Luft vorhandenen Sauerstoff im Glas verbraucht. Somit ist der Luftdruck innerhalb des Glases geringer und es kommt zum Anstieg des Wasserspiegels, bis der Druck innen und außen wieder ausgeglichen ist. Ebenfalls häufig wird die thermische Erklärung genannt: die Kerzenflamme erwärmt die Luft und diese dehnt sich aus. Nach dem Erlöschen der Flamme kühlt die Luft im Glas wieder ab und benötigt weniger Volumen, so dass im Glas ein Unterdruck entsteht, der durch den ansteigenden Wasserspiegel ausgeglichen wird (Schlichting, 1994).

Tatsächlich finden beide Vorgänge statt. Eine Kerzenflamme benötigt Sauerstoff, um zu brennen. Luft besteht zu etwa 21 % aus Sauerstoff. Wird nun ein Glas über die Kerze gestülpt, ist die verfügbare Menge an Luftsauerstoff entsprechend

begrenzt. Allerdings kann die Kerze diese Menge an Sauerstoff nicht vollständig verbrauchen, denn wenn der Sauerstoffgehalt unter ca. 15 % sinkt, erlischt die Kerzenflamme aufgrund des für den Brennvorgang zu geringen Sauerstoffpartialdrucks (Plappert, 2016). Dabei ist jedoch zu beachten, dass das Volumen, das vorher durch die Sauerstoffmoleküle belegt war, durch das Verbrennen nicht komplett frei wird, denn der Verbrennungsvorgang ist eine Reaktion und es entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf. Diese Molekülzusammensetzung benötigt zwar etwas weniger Platz als der Sauerstoff, dennoch ist der Unterschied zu gering, um den Anstieg des Wasserspiegels im Glas zu erklären (Schlichting, 1994). Die chemische Erklärung gilt also für den Zeitraum, während die Kerzenflamme noch brennt: oft lässt sich Bläschenbildung im Wasser unter dem Glas beobachten, wenn das entstehende Kohlenstoffdioxid im Wasser gelöst wird. Ein leichter Anstieg des Wasserspiegels kann unter sehr guten Versuchsbedingungen ebenfalls beobachtet werden. Für den schnellen Anstieg des Wasserspiegels nach dem Erlöschen der Flamme ist jedoch die thermische Erklärung entscheidend: durch die Volumenänderung beim Abkühlen entsteht ein Unterdruck im Glas und aufgrund dieser Druckdifferenz drückt der höhere Luftdruck von außen so viel Wasser im Glas nach oben, bis der Luftdruck im Glas und außen wieder ausgeglichen sind. Die genaue Höhe, um die der Wasserspiegel steigt, ist abhängig von der Temperaturdifferenz, also wie warm die Luft zwischenzeitlich im Glas ist, wie dicht das Glas abschließt und wie schnell es über die Kerze gestülpt wird, da auch dabei warme Luft bereits vorher entweichen kann (Birk & Lawson, 1999; Schlichting, 1994). Es findet noch ein weiterer Effekt statt: der bei der Verbrennung entstehende Wasserdampf kondensiert nach dem Erlöschen der Kerze aufgrund der gesunkenen Temperatur. Die Volumenreduktion bei diesem Phasenwechsel von gasförmig zu flüssig ist sehr groß, der Effekt ist durch das Kondenswasser auch sichtbar, jedoch klein im Vergleich zur thermischen Volumenänderung der Luft im Glas (Vera et al., 2011).

Zusätzlich zu der Unterscheidung zwischen chemischen und thermischen Effekten muss auch die häufig auftretende Fehlvorstellung der Sogwirkung berücksichtigt werden: viele Schüler*innen (und Internetquellen) beschreiben, wie der niedrige Luftdruck im Glas das Wasser hineinsaugt, was physikalisch nicht korrekt ist. Schlichting schlägt daher die Bezeichnung „Kerzenpumpe“ für den Versuchsauf-

bau vor, da darin nicht nur das beobachtete Phänomen, sondern direkt das physikalische Prinzip beschrieben wird. In den meisten physikdidaktischen Auseinandersetzungen mit diesem Thema hat sich diese Bezeichnung durchgesetzt. Für die vorliegende Arbeit wurde dennoch der Titel „Kerzenaufzug“ gewählt, da er allgemein bekannter ist, für Schüler*innen oft anschaulicher und somit innerhalb der Intervention die Anknüpfung an Bekanntes, z. B. aus dem Sachunterricht, ermöglicht.

Der Versuch eignet sich also für den Einsatz innerhalb der Intervention, da viele Schüler*innen fehlerhaftes oder unvollständiges (Vor-)Wissen dazu haben, auch wenn sie den Versuch bereits kennen. Gleichzeitig lässt sich der Versuch ohne großen Vorbereitungs- und Materialaufwand im Physikunterricht durchführen, so dass dieser Part der geplanten Intervention keine große Hürde für die teilnehmenden Physiklehrkräfte darstellt.

6.1.2 Das Lernbuch zur Intervention: „Mach dein Gehirn fit für Physik“

Die physikbezogene Intervention bezieht sich nur implizit auf das Konzept des Growth Mindset, wie es von Walton & Wilson (2018) für psychologische Interventionen empfohlen wird. Sie wird in Form einer Lerneinheit mit dem Titel „Mach dein Gehirn fit für Physik“ zur Verfügung gestellt, die von den Schüler*innen selbstständig mithilfe eines Lernbuchs bearbeitet werden kann. Auf der Titelseite tragen die Schüler*innen ihren persönlichen Code ein, wie er auch bei den Fragebögen genutzt wird (vgl. Abschnitt 4.3.3). Damit wird eine Zuordnung der Lernbücher zu den begleitenden Fragebögen ermöglicht. Nach einem kurzen Infotext für die Schüler*innen, füllen sie dann zunächst den Fragebogen aus, bevor sie mit der eigentlichen Intervention beginnen.

Zu Beginn und zum Abschluss der Lerneinheit wird, zusätzlich zur Mindset-Messung mit den Fragebögen, ein einzelnes, allgemeines Mindset-Item eingesetzt. Diese Abfrage dient als Manipulations-Check, d. h. es soll ein möglicher, direkter Effekt der Interventions-Botschaft auf das Antwortverhalten der Schüler*innen messbar gemacht werden. Auf einer vierstufigen Likert-Skala wird die Zustimmung zum Item „*An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.*“

angekreuzt. Dieses Item wird in der englischsprachigen Version (*“Your intelligence is something about you that you can’t change very much”* unter anderem in der PISA-Studie 2019 eingesetzt, ebenfalls als Single-Item (OECD, 2019). Nur ein einziges Item für diese Abfrage zu nutzen, verringert die Aussagekraft, weil das Mindset-Konstrukt nicht vollständig abgebildet werden kann und im vorliegenden Fall das physikbezogene Mindset auf der Basis der drei Skalen noch deutlich komplexer ist. Mit der Entscheidung für einen späten Post-Test ist die Entscheidung für eine Single-Item-Abfrage innerhalb der Lerneinheit dennoch eine Möglichkeit, einen Manipulations-Check zu integrieren (Chester & Lasko, 2021) und da sich die Intervention in der Hauptbotschaft auf die allgemeine Wachstumsmöglichkeit des Gehirns, also das allgemeine Growth Mindset bezieht, wird auch ein solches Item ausgewählt. Der Manipulations-Check hat also weniger den Anspruch, wirklich das Mindset der Schüler*innen abzubilden, sondern soll vor allem die Wahrnehmung der Growth-Mindset-Botschaft innerhalb der Intervention abfragen.

Im Folgenden wird der Aufbau des Lernbuchs beschrieben, vollständig zur Einsicht ist es im Anhang D zu finden. Die nachfolgenden Überschriften entsprechen der Bezeichnung der Abschnitte des Lernbuchs.

Das trainierbare Gehirn

Auch die Intervention selbst beginnt mit einer Mindset-Frage, die als Manipulations-Check dient, also die Überzeugung der Schüler*innen, auf die die Intervention wirken soll, zu Beginn und am Ende der Intervention abfragt. Außerdem sollen die Schüler*innen ankreuzen, wie sie Intelligenz definieren würden. Die Mindset-Theorie basiert auf den Überzeugungen, die Menschen zu Intelligenz haben, ohne dabei zu definieren, was Intelligenz ist. Dies ist ein häufig formulierter Kritikpunkt, der von Limeri, Choe, et al. (2020) in einer Studie aufgegriffen wurde: sie haben Studierende befragt, was sie sich unter Intelligenz vorstellen und haben daraus Gruppen gebildet, je nachdem, ob die Studierenden Intelligenz eher als Wissen oder als Fähigkeiten beschrieben. Die Mindset-Verteilung in diesen Gruppen unterscheidet sich, was die Frage nach der Intelligenz-Definition im Kontext von Mindset-Forschung bekräftigt. Daher wird die Frage auch für die vorliegende Arbeit aufgegriffen.

Inhaltlich beginnt die Intervention mit einigen Fakten zum Gehirn, bevor die Schüler*innen eine deutschen Adaption des Textes „You Can Grow Your Intelligence“

lesen (geschrieben von Julia Ostertag, in Zeeb et al. (2020)). Der Text hat den Titel „Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden“, beinhaltet also die Muskel-Metapher zur Neuroplastizität und die Schüler*innen sollen in jedem der vier Absätze den für sie wichtigsten Satz markieren.

Gehirn-Wissen

Auf der nächsten Seite wird das Konzept der synaptischen Plastizität mit anschaulichen Abbildungen vertieft. Anschließend werden die bisher behandelten Themen in einem kurzen Quiz abgefragt. Die Schüler*innen kreuzen an, wie viele Nervenzellen es im Gehirn gibt und ob sich das Gehirn ähnlich wie Muskelkraft trainieren lässt. Außerdem sollen sie den Satz „Lernen bedeutet, dass im Gehirn...“ vervollständigen. Durch die Quizfragen werden die Schüler*innen einerseits aktiviert, das Gelernte abzurufen oder auch auf den vorherigen Seiten nachzuschlagen und somit zu wiederholen. Gleichzeitig ist es für die Auswertung der Lernbücher relevant zu sehen, ob die Schüler*innen die Aufgaben wirklich bearbeiten und ob sie die vermittelte Mindset-Botschaft aufnehmen (können).

Wie das Gehirn beim Lernen wächst

In diesem Abschnitt wird das oben beschriebene Experiment von Rosenzweig und Bennett (vgl. Abschnitt 6.1.1) in vereinfachter Form dargestellt. Es werden nur zwei Gruppen von Ratten gezeigt: Einzelhaltung ohne sensorische Stimulation und die Gruppe mit sensorischer und sozialer Stimulation. Zusätzlich werden die unterschiedlich stark verzweigten Dendritenbäume der Nervenzellen gezeigt. Als Aktivierungsaufgabe werden die Schüler*innen aufgefordert, die Nervenzellen von Ratten beiden Gruppen zu zeichnen, falls die Haltungsformen nach einer Weile gewechselt werden.

Mit Köpfchen: Lernen & Behalten

Die bisherigen Informationen zur Neuroplastizität werden in diesem Abschnitt auf die tägliche Lernerfahrung der Schüler*innen angewendet. Es wird ein Beispiel für den Prozess des Lernens gegeben und wie Dinge mit der Zeit immer einfacher und schneller werden (vom Buchstaben entziffern zum flüssigen Lesen) und es wird beschrieben, in welchen Situationen die Gehirn-Muskeln besonders gut trainiert werden. Dieser Abschnitt basiert auf dem Online-Kurs Brainology®, in dem

diese Trainingssituationen fürs Gehirn ausführlich besprochen werden (Mindset Works, 2008):

- **Herausforderungen:** Das Gehirn wächst genau dann, wenn man Neues ausprobiert und lernt.
- **Anstrengung:** Wenn das Lernen anstrengend ist, ist das auch ein Zeichen dafür, dass das Gehirn trainiert wird, ähnlich wie im Sport.
- **Gefühle:** Gefühle spielen ebenfalls eine Rolle beim erfolgreichen Lernen. Es darf anstrengend sein, aber man soll sich generell gut fühlen. Wenn man müde oder hungrig ist, hat das Gehirn weniger Kapazität zum Lernen.
- **Beharrlichkeit:** Gehirn-Training braucht Zeit. Neue Verbindungen zwischen Nervenzellen müssen erst entstehen und verstärkt werden. Und irgendwann wird es immer leichter und schneller, die Informationen abzurufen.
- **Fehler:** Fehler gehören zum Lernprozess dazu und wenn man sich mit ihnen beschäftigt, lernt man wiederum über seinen aktuellen Lernerfolg und wie man am besten weiterlernen kann.

Aus diesen Bereichen sollen die Schüler*innen danach auswählen, was sie in ihrem Lernalltag bereits umsetzen und worauf sie sich in der nächsten Woche besonders fokussieren möchten. Mit dieser kurzen Übung zur Selbstreflexion wird der erste Teil der Intervention beendet und die Schüler*innen werden aufgefordert, eine Pause zu machen.

Den Gehirn-Muskel trainieren

Der zweite Teil der Intervention beginnt mit der BRAIN-Lernstrategie, die in Abschnitt 6.1.1 beschrieben wurde. Um in einer deutschen Adaption das Akronym BRAIN zu erhalten, werden die folgenden Schritte für das gehirn-freundliche Lernen formuliert:

- **Brainstorming:** Was weißt du bereits zu dem Thema? Such dir zusammen, was du schon hast.
- **Recherche:** Recherche bedeutet Informationssuche. Dazu eignen sich z. B. dein Schulbuch, dein Heft, das Internet oder Menschen, die sich mit dem Thema bereits gut auskennen.

- **Aktiv werden:** Das Gehirn kann am besten lernen, wenn es mit den Informationen arbeitet. Statt nur zu lesen, solltest du Dinge in eigenen Worten aufschreiben oder versuchen, sie einer anderen Person zu erklären.
- **Immer wieder wiederholen:** Mit jeder Wiederholung wird die Verbindung zwischen den Nervenzellen gestärkt und die Informationen können schneller abgerufen werden.
- **Nicht aufgeben:** Lernen braucht Zeit – besonders, wenn das Thema schwierig ist. Bleib dran!

Bevor es zur Anwendung der Lernstrategie geht, sollen die Schüler*innen dann noch einmal aufschreiben, worauf sie sich besonders konzentrieren wollen, um ihr Gehirn beim Wachsen zu unterstützen.

Eine Kerze fährt Aufzug

Anhand des Experiments zum Kerzenaufzug werden die Schüler*innen durch die Lernstrategie BRAIN geführt. Zunächst wird der Versuch kurz vorgestellt und ggf. unter Anleitung der Lehrkraft durchgeführt. Das Versuchsergebnis wird jedoch auch im Lernbuch beschrieben, falls das Experimentieren im Rahmen der Intervention nicht möglich sein sollte. Für das „*Brainstorming*“ sollen die Schüler*innen ihre Vermutung aufschreiben: „Die Kerze geht aus, weil...“ und „Das Wasser steigt im Glas nach oben, weil...“. In der „*Recherche*“ wird ein ausführlicher Erklärtext gegeben, in dem die Schüler*innen alle Infos finden. Danach sollen sie „*Aktiv werden*“ und das Experiment in eigenen Worten erklären. Dazu werden erneut Satzanfänge vorgegeben, um die Erklärung zu strukturieren. Das ist einerseits eine Hilfestellung für die Schüler*innen und bietet auch für die Auswertung der Lernbücher eine besser vergleichbare Datenlage. Um das Gelernte „*Immer wieder zu wiederholen*“, gibt es noch Aussagen, bei denen die Schüler*innen ankreuzen sollen, ob diese richtig oder falsch sind. Für den letzten Punkt „*Nicht aufgeben*“, werden die Schüler*innen ermutigt, von dem Versuch und der Erklärung oder auch der Lernstrategie BRAIN zu erzählen.

Abschluss

Für die abschließende Reflektion sollen die Schüler*innen aufschreiben, worauf sie sich beim Lernen besonders fokussieren wollten, was sie davon umsetzen konnten und was ihnen dabei geholfen hat. Anschließend wird eine SIB-Übung gemacht

und sie sollen einer Freundin, die im nächsten Schuljahr mit Physikunterricht beginnt, besonders nützliche Informationen über das Lernen, das Gehirn und Physik weitererzählen. Somit sollen sie die Growth-Mindset-Botschaft möglichst nochmal in eigenen Worten formulieren und somit über den SIB-Effekt ihren eigenen Glauben daran stärken. Die letzte Frage ist der Manipulations-Check und die Schüler*innen beantworten erneut die Frage, ob sie glauben, man könne an seiner Intelligenz etwas ändern.

6.2 Pilotierung des Lernbuchs

Im Februar 2022 wird die Intervention zum ersten Mal in einer Klasse der 8. Jahrgangsstufe am Gymnasium eingesetzt. Dabei geht es um eine Überprüfung des Lernbuchs, sowohl auf der inhaltlichen Ebene als auch in Bezug auf angesetzte Zeiten für die Bearbeitung der Aufgaben, bevor es in der nachfolgenden Interventionsstudie (Kapitel 7) von mehreren Klassen genutzt werden soll. Eine Besonderheit bei der teilnehmenden Klasse ist: schon im Pre-Test zu Beginn der Intervention werden 19 der 24 Schüler*innen dem Growth Mindset zugeordnet. Das sind deutlich mehr, als nach den Ergebnissen der Querschnittsstudie (vgl. Kapitel 5) für die 8. Jahrgangsstufe zu erwarten sind und es ist nicht zu erwarten, dass in dieser Lerngruppe ein Growth-Mindset-fördernder Effekt durch die Intervention zu beobachten ist.

Für den Ablauf der Intervention wird der Pre-Test zu Beginn als Teil des Lernbuchs ausgefüllt, dann wird das Lernbuch in zwei aufeinanderfolgenden Doppelstunden bearbeitet und nach etwa zwei Monaten wird der Post-Test, also die erneute Mindset-Abfrage, durchgeführt.

6.2.1 Auswertung der Pilotierung

Alle 24 Lernbücher aus diesem ersten Test wurden bearbeitet, der Großteil vollständig. Bis auf wenige Ausnahmen haben alle Schüler*innen sowohl die Quiz-, als auch die Reflexionsaufgaben bearbeitet und auch die SIB-Übung mit mindestens einem Satz beantwortet. Die Aufgabe, die am häufigsten nicht bearbeitet wurde (6 von 24 Schüler*innen haben sie nicht vollständig bearbeitet), ist das

Markieren der wichtigsten Sätze im Text „Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden“. Im nachfolgenden Quiz haben jedoch wieder alle Schüler*innen die richtigen Antworten gegeben und auch das Konzept des Lernens entsprechend der im Text erklärten, synaptischen Plastizität formuliert.

Beim Brainstorming-Abschnitt zum Kerzenaufzug-Versuch wird, wie erwartet, eine große Variabilität an Vorwissen der Schüler*innen deutlich. Einige formulieren bereits die richtigen Ansätze zur Erklärung des Versuchs, es sind jedoch auch viele unklare oder falsche Vorstellungen vorhanden. Beispielsweise schreibt Corinna⁷: „Das Wasser steigt im Glas nach oben, weil die Kerze den Sauerstoff aus der Umgebung aufsaugt und da im Wasser auch Sauerstoff ist, wird auch das Wasser ‚angezogen‘ und steigt somit auf.“ Und Katharina schreibt: „Das Wasser steigt im Glas nach oben, da der Becher vielleicht nicht ganz dicht ist und deswegen das Wasser steigt.“ Bei beiden Schülerinnen sind die späteren Erklärungen und auch die Richtig-Falsch-Zuordnung der Aussagen zum Versuch dann jedoch richtig. Das bereitgestellte Material zur Erarbeitung war also verständlich und hilfreich für sie. Da das bei den meisten Schüler*innen mit anfangs fehlerhaftem Wissen über den Versuch so zu beobachten ist, können Aufgabenstellungen und Infomaterial als altersgemäß verständlich eingestuft werden.

Bei der SIB-Übung formulieren die meisten Schüler*innen eine positiv bestärkende Antwort, in der auch meist ein Tipp zum Lernen enthalten ist, jedoch sind es häufig Tipps, die nicht im Interventionsmaterial vorkommen, wie z. B.: „Bleib immer am Ball, denn wenn du den Faden verlierst, wird es noch schwerer“ (Claire) oder: „Man sollte, bevor man lernt, keine Video-Spiele spielen oder fernsehen, sondern sich etwas bewegen oder frische Luft holen.“ (Evin). Einige Schüler*innen haben jedoch die Growth-Mindset-Botschaft aufgegriffen, z. B. „Wenn sie denken würde, dass sie zu dumm für Physik sei, würde ich ihr raten, dass sie ein paar Übungsaufgaben machen könnte oder bei Unklarheiten nachfragen könnte. Sie sollte wissen, dass Intelligenz erweitert werden kann.“ (Samuel) und teilweise wurden sogar die verschiedenen Abschnitte der Intervention in der Antwort miteinander verknüpft: „Dass sie ihr Gehirn trainieren kann und durch aktives Lernen sich auch das Wissen festigt. Ihr Gehirn baut bei Wiederholungen Verbindungen

⁷ Für Zitate aus den Lernbüchern werden fiktive Vornamen verwendet, die eine bessere Lesbarkeit gewähren, als die für die Forschungsarbeit erfassten, anonymisierten Zuordnungs-codes.

zwischen den Nervenzellen, welche das Gewicht des Gehirns beeinflussen.“ (Clara).

Einen Mindset-Shift in Richtung des Growth Mindsets kann man in dieser Lerngruppe, wie bereits vermutet, nicht beobachten. Es gibt nur drei Schüler*innen, die im Pre-Post-Vergleich zwischen dem *Fixed Mindset* (*Physikbegabung*) und dem *Mixed Mindset* bzw. umgekehrt (ein Schüler) wechseln. Dies kann mit dem Deckeneffekt der hohen Anzahl von Schüler*innen im Growth Mindset (19 von 24 Schüler*innen) erklärt werden. Die Summe der drei Skalenmittelwerte zeigt zwar Abweichungen im Pre-Post-Vergleich, aber ohne erkennbaren Trend und eben auch (überwiegend) ohne Einfluss auf die Mindset-Zuordnung.

Auch von der Lehrkraft wurde Feedback zum Lernbuch und dem Ablauf der Intervention erbeten. Ihre Einschätzung war, dass die Aufgaben gut verständlich waren und von den Schüler*innen selbstständig bearbeitet werden konnten. Die Gestaltung wurde als ansprechend und altersgerecht wahrgenommen und die Zeit angemessen bis großzügig bemessen, vor allem für den zweiten Teil der Intervention.

Aufgrund der Ergebnisse dieser Testgruppe wurde das Lernbuch kaum verändert, nur in der SIB-Übung wird ein stärkerer Bezug auf die Intervention formuliert, damit die Schüler*innen ihren Tipp bzw. Ratschlag möglichst auf die vermittelte Growth-Mindset-Botschaft beziehen. Die tendenziell großzügige Zeitplanung bleibt bestehen, um leistungsschwächeren Lerngruppen die Teilnahme ebenfalls zu ermöglichen und da es vor allem am Ende der Lerneinheit ist, kann die Lehrkraft im Anschluss auch einfach den Unterricht regulär fortführen. Da die Intervention für verschiedene Jahrgangsstufen der Sekundarstufe I angeboten werden soll, werden die Lehrkräfte auch genau darüber informiert: Konzipiert wurde das Material für die 8. Jahrgangsstufe und ältere Schüler*innen können es wahrscheinlich schneller als angegeben bearbeiten.

6.3 Smart-Mindset

Zusätzlich zur papierbasierten Intervention mit dem Lernbuch wurde eine digitale Lerneinheit zum physikbezogenen Growth Mindset entwickelt. Damit wird ein

leicht skalierbares Angebot geschaffen, das auch für die Auswertung einige Vorteile bietet, da beispielsweise keine Handschriften entziffert werden müssen und auch die Zuordnung über die individuellen Codes auf Fragebögen und Lernbüchern wegfällt, da es individualisierte Zugangsdaten gibt.

Die Umsetzung der digitalen Lerneinheit wird über einen Moodle-Kurs ermöglicht, in dem die verschiedenen Abschnitte der Intervention als einzeln aufrufbare Kurselemente verfügbar sind. Die inhaltliche Umsetzung ist eng am Lernbuch gehalten: der Aufbau und die Elemente bleiben gleich. Für eine bessere Datensicherung wird der Kurs jedoch in mehr Abschnitte gegliedert (siehe auch Abbildung 6.17), was häufigeres Zwischenspeichern ermöglicht. Nach dem Login können teilnehmende Schüler*innen die Kursstruktur sehen und mit der „Umfrage zu Beginn“ starten. Dieser Kursabschnitt beinhaltet den Fragebogen aus Kapitel 4 und 0. Danach kommen vier Abschnitte zur Intervention: „Das trainierbare Gehirn“, „Wie das Gehirn beim Lernen wächst“, „Die BRAIN-Methode“ und „Erfolgreich Physik lernen“. Die „Umfrage zum Schluss“ wird erst nach Ablauf der Frist von acht Wochen nach dem letzten Abschnitt der Intervention für die Teilnehmer*innen freigeschaltet.

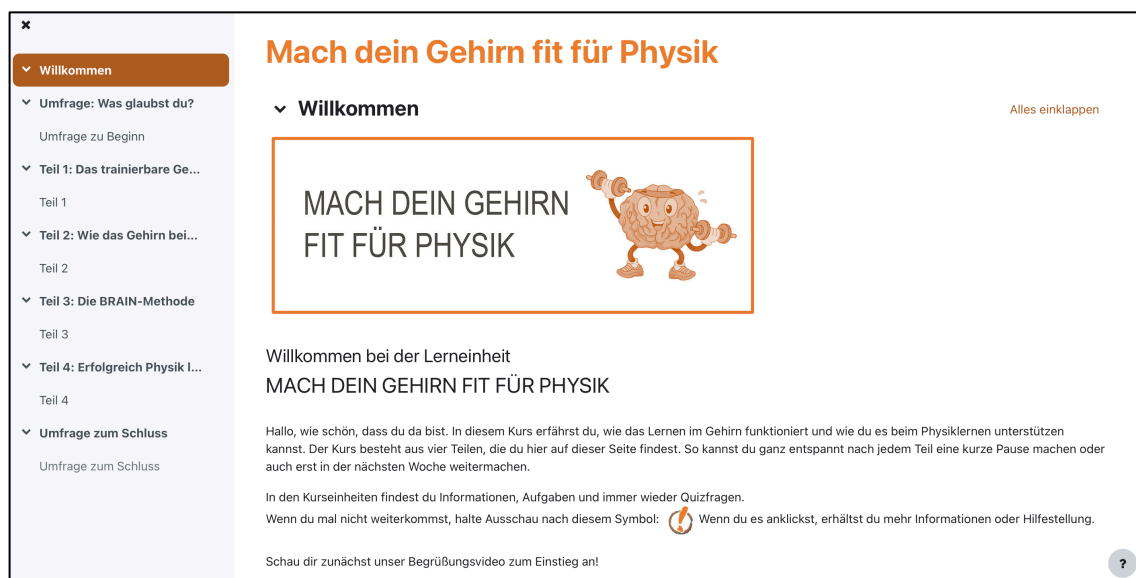


Abbildung 6.17: Übersichts-Screenshot zum Online-Kurs zur Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“. Links ist die Navigationsleiste mit den verschiedenen Kurselementen.

Obwohl Online-Intervention und das Lernbuch möglichst vergleichbar sein sollen, müssen ein paar Anpassungen vorgenommen werden. Beispielsweise kann kein wichtigster Satz in dem Text „Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden“ markiert oder unterstrichen werden. Stattdessen sollen die Schüler*innen die für sie wichtigste Aussage des Absatzes in einem Textfeld aufschreiben. Auch das Zeichnen der Nervenzelle beim Experiment mit den Ratten von Rosenzweig und Bennett (vgl. Abschnitt 6.1.2) ist bei der digitalen Umsetzung für verschiedene Endgeräten nicht so einfach möglich. Daher wird eine Drag-and-Drop-Aufgabe entwickelt, in der die Schüler*-innen die passende Nervenzelle zur Gruppe von Ratten zuordnen sollen.



Abbildung 6.18: Screenshot aus der digitalen Umsetzung der Lerneinheit zur Verdeutlichung visueller Effekte. Die Ausrufezeichen an den Piktogrammen können angeklickt werden und es öffnet sich eine Sprechblase mit weiteren Informationen.

Auch im Design verändern sich einige Elemente. Während das Lernbuch die Informationen dicht zusammen bündelt und der Text „Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden“ natürlich auf einer Seite steht, werden die Inhalte in der digitalen Umsetzung stärker vereinzelt. Der Text wird in vier Abschnitte gegliedert, Quiz-Fragen kommen einzeln und es ist zwar möglich, aber weniger komfortabel für die Schüler*innen vor- oder zurückzublättern. Ein

besonders unterstützendes Element der digitalen Umsetzung sind interaktive Elemente und direktes Feedback bei den Quizfragen. Bei den Fakten zum Gehirn können z. B. einzelne Symbole angeklickt werden und es öffnet sich dann erst die Information dazu, während diese im Lernbuch natürlich direkt dabeisteht (vgl. Abbildung 6.18).

Es ist außerdem ein Einführungsvideo ergänzt worden, um einen persönlichen Bezug für die Schüler*innen herzustellen und es sind auch Demonstrationsvideos zum Kerzenaufzug-Experiment ergänzt worden, falls der Versuch nicht im Rahmen der Intervention durchgeführt werden kann.

Bei den Quiz-Fragen erhalten die Schüler*innen ein direktes Feedback auf ihre Antwort (vgl. Abbildung 6.19). Bei richtigen Antworten wird ihnen dies zurückgemeldet und bei falschen Antworten erhalten die Schüler*innen die Rückmeldung, dass die Antwort falsch ist und welche Antwort richtig gewesen wäre. Dabei wird darauf geachtet, dass eine Growth-Mindset-Botschaft in der Formulierung steckt: die Antwort ist noch nicht richtig und enthält damit die Möglichkeit der Entwicklung.

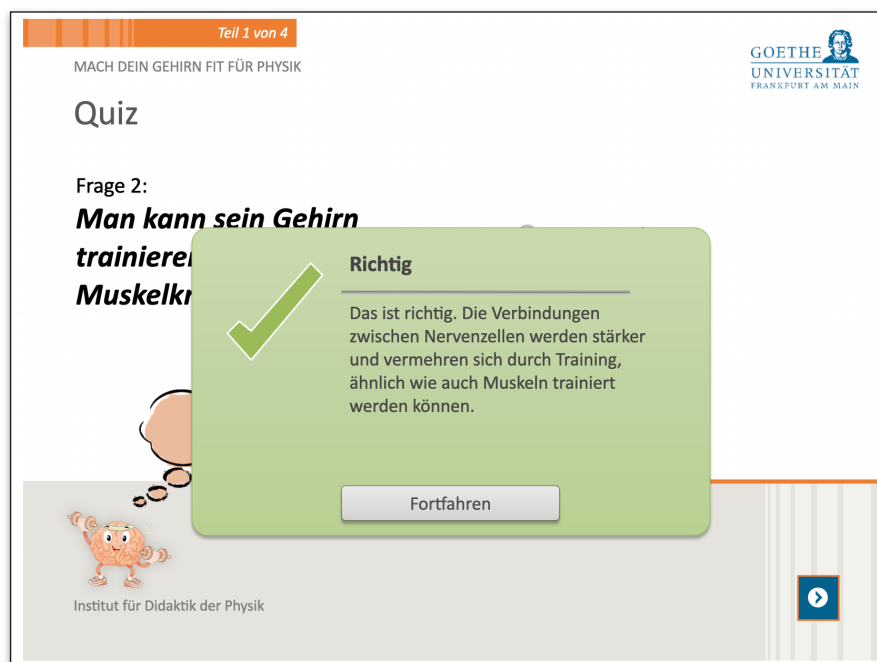


Abbildung 6.19: Beispiel für die Rückmeldung auf eine beantwortete Quiz-Frage in der digitalen Umsetzung der Lerneinheit. Es erscheint ein Fenster mit dem Feedback, hier in grün, da die gewählte Antwort richtig ist.

Die digitale Lerneinheit, die ebenfalls den Titel „Mach dein Gehirn fit für Physik“ trägt, ist unter <https://smart-mindset.de/schueler.php> (letzter Aufruf: 02.12.2025) verfügbar und der genaue Aufbau der einzelnen Abschnitte ist auch in (Goldhorn et al., 2023b) beschrieben.

„Now consider the idea that they just used better strategies, taught themselves more, practiced harder, and worked their way through obstacles.

You can do that, too, if you want to.“

(C. S. Dweck, 2008a, S. 81)

7 Interventionstudie mit der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“

7.1 Ziel der Studie

Die im vorherigen Kapitel entwickelte physikbezogene Growth-Mindset-Intervention soll das fachspezifische Growth Mindset von Schüler*innen stärken und im besten Fall der beobachteten Entwicklung der Mindset-Ausprägungen während der Sekundarstufe 1 entgegenwirken. Mit einer explorativen Interventionsstudie im Pre-Post-Design, d. h. das physikbezogene Mindset der Schüler*innen wird vor und nach der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ erhoben, soll die Wirksamkeit der Intervention in Bezug auf das physikbezogene Mindset der Schüler*innen untersucht werden.

7.2 Stichprobe/Durchführung

Aus den Ergebnissen der Querschnittserhebung (Kapitel 5) ergibt sich als Hauptzielgruppe Jahrgangsstufen 7 und 8, weil sich in dieser Zeit das physikbezogene Mindset am stärksten verändert, weshalb die Lerneinheit auch auf diese Altersgruppe entwickelt und getestet wurde. Für die vorliegende Untersuchung werden jedoch Lerngruppen aller Jahrgangsstufen der Sekundarstufe 1 als Zielgruppe eingeschlossen, um einerseits eine größere Stichprobe zu generieren und möglicherweise auch Erkenntnisse über die Wirksamkeit der Intervention in unterschiedlichen Altersgruppen zu erhalten.

Die Studie im Pre-Post-Design wurde zwischen Januar und Juni 2023 durchgeführt und es haben insgesamt 14 Klassen von sieben Lehrkräften an fünf verschiedenen Schulen daran teilgenommen. Insgesamt gibt es für den Testzeitpunkt vor Beginn

der Lerneinheit (Pre-Test) N = 218 gültige Mindset-Fragebögen. Von diesen teilnehmenden Schüler*innen haben sich 109 der Gruppe „weiblich“ zugeordnet und 100 der Gruppe „männlich“. Tabelle 7.2.1 zeigt die Zusammensetzung der Stichprobe für die verschiedenen Jahrgangsstufen.

Tabelle 7.2.1: Zusammensetzung der Stichprobe für die Interventionsstudie, sortiert nach Jahrgangsstufen.

Jahrgangsstufe	Anzahl der Klassen	Anzahl der Schüler*innen	Prozentualer Anteil
7. Jahrgangsstufe	4	68	31.9 %
8. Jahrgangsstufe	7	102	47.9 %
9. Jahrgangsstufe	2	24	11.3 %
10. Jahrgangsstufe	1	19	8.9 %

Die Intervention findet im regulären Physikunterricht statt. Die Lehrkräfte erhalten die Lernbücher für ihre teilnehmenden Schüler*innen und stehen während der Lerneinheit für Verständnisfragen zur Verfügung, ggf. führen sie noch den in die Lerneinheit integrierten Versuch (siehe Abschnitt 6.1.1) mit ihnen durch. Das Experiment ist nicht verpflichtend durchzuführen, alle benötigten Hintergrundinformationen sind für die Schüler*innen auch im Material eingepflegt, es haben jedoch alle teilnehmenden Lehrkräfte angegeben, dass sie das Experimentieren im Rahmen der Lerneinheit für die Schüler*innen ermöglicht haben. Etwa acht Wochen nach der Lerneinheit erhalten die Lehrkräfte den abschließenden Mindset-Fragebogen für ihre Schüler*innen. Für das Studiendesign wurde ein später Post-Test gewählt, um einen möglichen Mindset-Shift damit messen zu können, der sich entsprechend der Arbeiten von Walton und Kolleg*innen (Kenthirarajah & Walton, 2015; Walton & Wilson, 2018; Yeager & Walton, 2011) erst mit der Zeit einstellt. Ein erneutes Abfragen der Mindsets im Anschluss der Intervention würde eine kurzfristig veränderte Überzeugung abbilden, die jedoch möglicherweise stark durch den Eindruck des Interventionsmaterials geprägt ist, aber nicht langfristig zu einer Veränderung führt. Für das Forschungsdesign wäre es am besten,

zu beiden Zeitpunkten, direkt im Anschluss an die Intervention und noch einmal mit größerem zeitlichen Abstand, das Mindset der Schüler*innen zu erheben. Bei dem dann dreimal erforderlichen Ausfüllen desselben Fragebogens ist jedoch eine gewisse Befragungsmüdigkeit der Schüler*innen nicht auszuschließen, so dass nur der spätere Erhebungszeitpunkt für den Post-Test gewählt wird.

Die teilnehmenden Lehrkräfte wurden nicht explizit zum Thema Growth Mindset geschult, erhielten jedoch ein Informationsheft, in dem einerseits die Mindset-Theorie, aber vor allem die Ergebnisse der Querschnittserhebung und die daraus resultierende Motivation für eine physikbezogene Growth-Mindset-Intervention erläutert werden. Außerdem werden Tipps für die Umsetzung einer Growth-Mindset-Classroom-Gestaltung gegeben, so dass die Lehrkräfte die Growth-Mindset-Haltung über die Lerneinheit hinaus in ihren Unterricht integrieren können. Zusätzlich lag bei dem Informationsheft ein Mindset-Fragebogen für die Lehrkräfte dabei, den jedoch von den sieben teilnehmenden Lehrkräften nur eine Person ausgefüllt und zurückgeschickt hat. Das vollständige Informationsheft für die Lehrkräfte ist im Anhang D einsehbar.

Für eine vollständige Auswertung der Intervention müssen die ausgefüllten Fragebögen vom Pre- und Post-Test sowie das jeweilige Lernbuch den Schüler*innen zugeordnet werden können. Um für den Datensatz verwendbar zu sein, müssen die Schüler*innen also zu drei Zeitpunkten anwesend sein: in den zwei aufeinanderfolgenden Unterrichtsstunden der Intervention sowie ca. zwei Monate später beim Post-Test. Außerdem müssen die angegebenen Codes auf den Fragebögen und dem Lernbuch übereinstimmen. Durch diesen erforderlichen Matching-Prozess ist der gültige Datensatz mit $N = 115$ deutlich kleiner als die Gesamtzahl der Schüler*innen, die am Pre-Test teilgenommen haben ($N = 218$). Von den $N = 115$ Schüler*innen fühlen sich gleich viele (57) den Gruppen „weiblich“ und „männlich“ zugehörig. Von 12 der 14 teilnehmenden Klassen liegen verwendbare Datensätze vor, jedoch häufig im kleinen einstelligen Bereich. Die Verteilung der Stichprobe, die für die Auswertung genutzt werden kann, ist in Tabelle 7.2.2 dargestellt.

Die vorliegende Erhebung ist eine explorative Studie, die ohne Kontrollgruppe geplant und durchgeführt wird. Eine sichere Einschätzung von Effekten und Kausalitäten ist in einem solchen Studiendesign nicht möglich. Allerdings ist der Aufwand der Lerneinheit für die teilnehmenden Klassen nicht unerheblich und da die

Teilnahme freiwillig erfolgt, ist das eine deutliche Limitierung der Stichprobengröße. Unter Berücksichtigung der Verluste gültiger Datensätze durch den Matching-Prozess von Pre- und Post-Test sowie Lernbuch, wären für eine Interventionsstudie im kontrollierten Design also sehr viele teilnehmende Schüler*innen notwendig. Unter diesen Umständen kann eine erste explorative Studie sinnvoll sein, um „within-group“-Effekte besser einschätzen zu können, also ob die Intervention überhaupt die intendierte Wirkung zeigt. Gleichzeitig ist sie ressourcenschonend, weil einerseits weniger Teilnehmer*innen benötigt werden und auch mögliche negative Begleiteffekte gefunden werden können (Aschbrenner et al., 2022; Hallingberg et al., 2018).

Tabelle 7.2.2: Zusammensetzung der Interventionsgruppe mit $N = 115$ Schüler*innen, sortiert nach Jahrgangsstufen.

Jahrgangsstufe	Anzahl der Schüler*innen	Prozentualer Anteil
7. Jahrgangsstufe	26	22 %
8. Jahrgangsstufe	62	54 %
9. Jahrgangsstufe	9	8 %
10. Jahrgangsstufe	18	16 %

7.3 Ergebnisse

7.3.1 Responsivität der Teilnehmer*innen

Für die Auswertung der Interventionsstudie werden zunächst die ausgefüllten Lernbücher betrachtet, um die Responsivität der Schüler*innen zu untersuchen, d. h. ob sie die Aufgaben verstanden haben und wie sorgfältig sie sie bearbeitet haben. Dafür werden alle interaktiven Elemente des Lernbuchs einbezogen, also sowohl Quizfragen als auch andere fachliche oder reflektierende Fragen. Wenn eine einzelne Aufgabe unbearbeitet ist, wird das Lernbuch dennoch als „vollständig bearbeitet“ gewertet. Von den $N = 115$ Schüler*innen der Interventions-

studie, bei denen gültig ausgefüllte Fragebögen und das Lernbuch vorliegen, haben 104 (90 %) das Lernbuch vollständig bearbeitet. Dabei wurde zunächst nicht berücksichtigt, ob die Antworten fachlich richtig waren, da der Erwerb von Fachwissen nicht im Zentrum der Intervention steht. Was hingegen im Fokus steht, ist die Growth-Mindset-Botschaft, die den Schüler*innen im ersten Teil mit dem Konzept der Neuroplastizität vermittelt wird. Dazu gibt es mehrere Fragen, in denen die Schüler*innen das Konzept identifizieren, selbst formulieren und anwenden müssen, beispielsweise vervollständigen sie den Satz „*Lernen bedeutet, dass im Gehirn...*“ (siehe auch das Material zur Lerneinheit, Anhang D). Anhand der Antworten auf diese Fragen und Aufgaben wird entschieden, ob die Schüler*innen die zentrale Botschaft der Intervention verstanden haben. Das wird als gegeben angenommen, wenn von den insgesamt vier Aufgaben maximal eine falsch beantwortet ist oder nicht bearbeitet wurde und ist ebenfalls bei 104 Schüler*innen (90 %) der Fall.

7.3.2 Ergebnisse des Manipulations-Checks innerhalb der Lerneinheit

Der Manipulations-Check innerhalb der Lerneinheit ist die Positionierung auf einer vierstufigen Zustimmungsskala von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“ der teilnehmenden Schüler*innen zur Aussage „*An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern*“. Dieses Item wird zu Beginn und am Ende der Lerneinheit abgefragt. Abbildung 7.20 zeigt die Schüler*innenantworten im Vergleich, es liegen $N = 109$ Datenpaare vor.

Zu Beginn der Lerneinheit stimmen 26 Schüler*innen (24 %) der Aussage „*An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.*“ gar nicht zu. Am Ende der Lerneinheit sind es 40 Schüler*innen (37 %), die diese Aussage eindeutig ablehnen. Auch die Zahl der Schüler*innen, die der Aussage „voll und ganz“ zustimmen erhöht sich im Beginn-Ende-Vergleich von 4 (4 %) auf 13 (12 %). Die Zustimmung- bzw. Ablehnungstendenzen („stimme eher (nicht) zu“) sind in der Abfrage zu Beginn stärker vertreten: 53 Schüler*innen (49 %) stimmen eher nicht zu und 26 (24 %) stimmen eher zu. Am Ende der Lerneinheit sind das noch 38 bzw. 35 % („stimme eher nicht zu“) und 18 bzw. 17 % („stimme eher zu“). Nach der Intervention positionieren sich also mehr Schüler*innen eindeutig zu der Aussage. Der Unterschied in der Verteilung zu Beginn und Ende der Lerneinheit ist auch im Chi-Quadrat-Test mit $\chi^2(3) = 11.661$ und $p = .009$ signifikant.

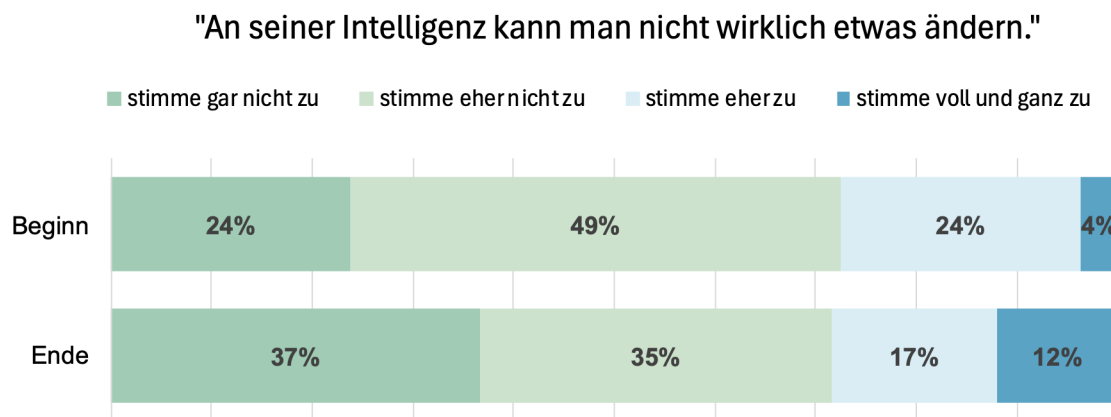


Abbildung 7.20: Vergleich der prozentualen Verteilung der Schüler*innenantworten für das Item „An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.“ zu Beginn der Lerneinheit (oben) und am Ende der Lerneinheit (unten).

Für eine detailliertere Auswertung des Manipulations-Checks bietet ein Sankey-Diagramm als besonderes Flussdiagramm (siehe Abbildung 7.21) einen genaueren Einblick in die Veränderung zwischen den beiden Abfragezeitpunkten, also welche Wechsel es im Vergleich der Abfrage am Beginn und am Ende gibt.

Von den Schüler*innen, die die Aussage „*An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.*“ zu Beginn der Lerneinheit vollständig oder teilweise ablehnen (79), bleiben die meisten bei ihrer Aussage (44) oder verfestigen ihre Haltung noch (14). Man kann Ablehnung gegenüber dieser Aussage als möglichen Hinweis auf ein Growth Mindset betrachten, allerdings kann das einzelne Item das natürlich nicht verlässlich abbilden. Die Schüler*innen, die zu Beginn der Lerneinheit dem Item eher oder stark zustimmen (30), kommt es zu mehr Veränderung: nur zwölf bleiben bei ihrer gewählten Antwort und nur eine Person verstärkt ihre Zustimmung. Es kommt also zu mehr Wechseln in die Kategorien 1 und 2 (17), d. h. hin zu einer eher ablehnenden Haltung der Aussage gegenüber.

Obwohl es nahe liegt, anhand der gewählten Zustimmungsrates (1 bis 4) eine Mindset-Tendenz abzuleiten, ist das anhand einer Single-Item-Abfrage nicht verlässlich möglich, insbesondere dann nicht, wenn das physikbezogene Mindset im Fokus steht. Um das zu verdeutlichen, wird die Mindset-Zuordnung mithilfe des Pre-Tests herangezogen: 41 Schüler*innen werden im Pre-Test dem *Growth Mindset* zugeordnet und 26 Schüler*innen haben im Manipulations-Check angegeben, der Aussage „*An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.*“

gar nicht zuzustimmen. Nur bei 17 Schüler*-innen trifft jedoch beides zu. Die Single-Item-Abfrage und die Mindset-Zuordnung aus dem Fragebogen stimmen also nicht immer überein und der Manipulations-Check sollte dementsprechend nur als solcher ausgewertet werden und nichts als Mindset-Prädiktor betrachtet werden.

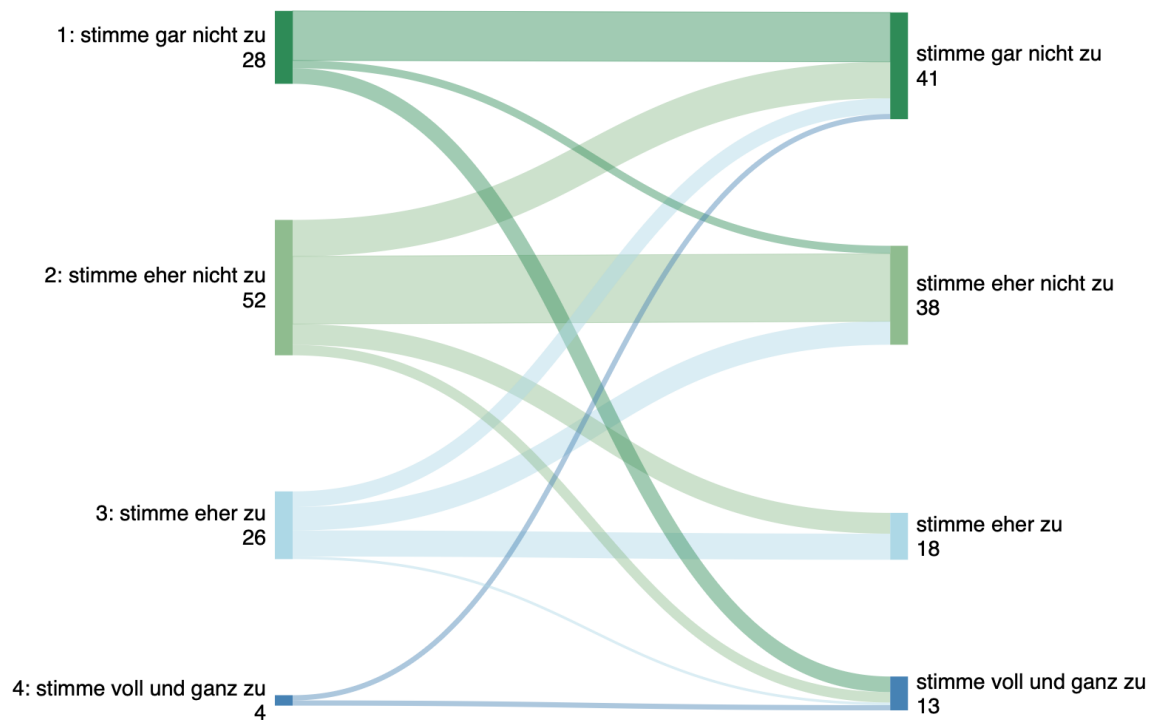


Abbildung 7.21: Sankey-Diagramm zur Visualisierung der Veränderungen im Antwortverhalten der Schüler*innen (N = 109). Die Schüler*innen können zwischen vier Antwortmöglichkeiten (1: „stimme gar nicht zu“ bis 4: „stimme voll und ganz zu“) wählen, die Verteilung zu Beginn der Lerneinheit ist links im Diagramm gezeigt, die Verteilung am Ende auf der rechten Seite.

7.3.3 Antworten der Schüler*innen bei der SIB-Übung

In der SIB-Übung am Ende der Lerneinheit sollen die Teilnehmer*innen einer jüngeren Schülerin einen Rat für den (kommenden) Physikunterricht geben. Die Antworten zeigen eine große Spanne auf und sind nicht immer direkt auf die Lerneinheit bezogen, z. B. *„Ich würde ihr raten, sehr gründlich zu lesen und konzentriert zu arbeiten.“* (Alisa) oder *„Lernvideos anzugucken und Physik-Spaß haben“* (Daria).

Bei anderen Antworten ist die Growth-Mindset-Botschaft gut herauszulesen, beispielsweise schreibt eine Schülerin:

„Obwohl Physik anfangs ziemlich schwer sein kann, kannst du immer mehr lernen. Eine Begabung ist in den meisten Fällen nicht erforderlich. Strengst du dich genug an, entstehen in deinem Gehirn Verknüpfungen und du kannst Inhalte einfacher hervorrufen. Jedoch schafft man es nicht immer die Beste zu werden (wenn man beispielsweise tiefbegabt geboren wird).“ (Louisa)

Eine andere Schülerin schreibt:

„Ich würde ihr raten, nicht vor Herausforderungen Angst zu haben und sich ihnen zu stellen. Jeder kann sein Gehirn trainieren und etwas lernen, wenn man sich anstrengt.“ (Olcay)

Einige Schüler*innen geben als Tipp, das Gehirn zu trainieren und beschreiben teilweise auch wie das besonders gut geht oder referenzieren die in der Lerneinheit beschriebene BRAIN-Methode oder Bausteine daraus. Sarah beschreibt es ganz ausführlich (und inkl. Neuroplastizität):

„Ich würde ihr raten, dass sie nicht aufgeben soll, sondern alles immer wieder zu wiederholen, vorher sich eigene Gedanken zu machen und dann erst Informationen zu suchen. Ich würde ihr vielleicht die Verbindungen zwischen den Nervenzellen erklären, damit sie versteht, warum das so ist. Ganz am Ende würde ich noch sagen, dass sie das, was sie gelernt hat, nochmal in eigenen Worten aufschreiben soll, um zu schauen, ob sie es verstanden hat.“

Andere greifen nur einzelne Elemente auf, z. B.:

„Du musst immer dranbleiben, umso mehr du lernst, umso besser wirst du und lerne aus Fehlern und gibst nicht auf, egal was passiert und dann klappt das auch.“ (Wim)

und:

„1. Wenn du etwas nicht verstehst, frag nach oder recherchiere im Internet oder im Buch. 2. Wenn es dir schwerfällt, streng dich an und gib nicht so schnell auf.“ (Nina)

Insgesamt haben 97 der 115 Schüler*innen das Feld gültig ausgefüllt und die Antworten lassen sich in verschiedene Kategorien einteilen (siehe Abbildung 7.22). 53 Schüler*innen geben allgemeine Tipps zum Lernen von Physik, drei weitere motivieren ganz grundsätzlich („Ich würde ihr empfehlen, mit Spaß und 100% bei Physik zu sein und nicht aufzugeben.“ (Boris)). 9 Schüler*innen formulieren keinen konstruktiven Ratschlag, sondern beispielsweise: „Es gibt Themen, die einem etwas bringen und welche, die nix bringen“ (Lara). 31 Schüler*innen formulieren eine Growth-Mindset-Botschaft, wobei sich 13 wirklich umfassend auf die Neuroplastizität und die damit verbundene, entwicklungs-orientierte Lernhaltung beziehen, während die übrigen 18 Schüler*innen eher praktische Tipps geben, wie das Gehirn trainiert werden kann, z. B. „Dass sie mit Aufgaben ihr Gehirn trainieren kann und die Gehirn-Muskeln fördert.“ (Anna).

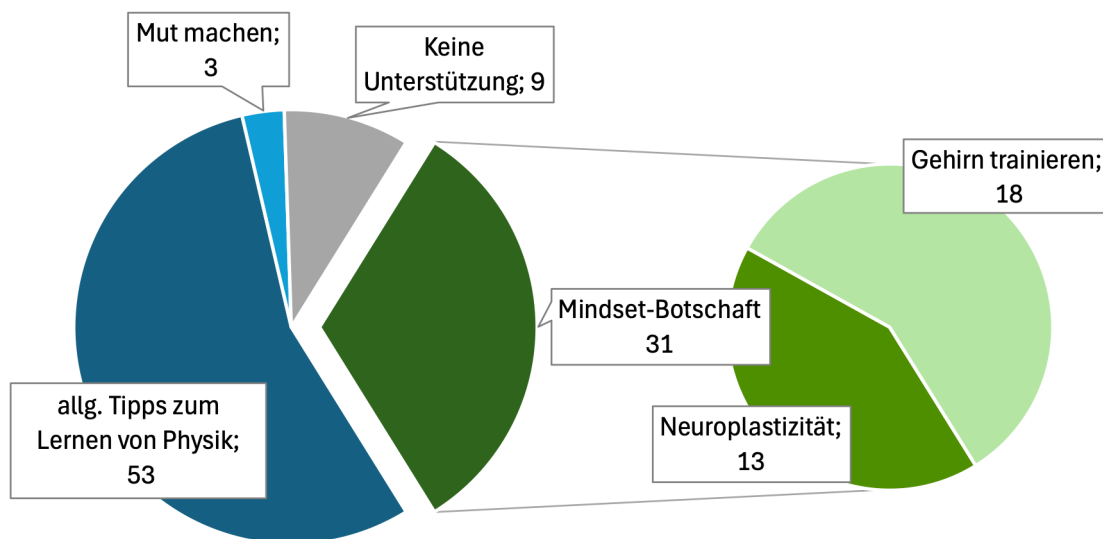


Abbildung 7.22: Verteilung der Schüler*innenantworten bei der SIB-Übung in verschiedene Kategorien. Die Kategorie Mindset-Botschaft wird noch weiter aufgeteilt in zwei Gruppen, die entweder nur den „Gehirn trainieren“-Aspekt aufgreifen oder das Konzept „Neuroplastizität“ erklären.

7.3.4 Das physikbezogene Mindset der Schüler*innen im Pre-Post-Vergleich

Für die Auswertung eines möglichen Effekts der Lerneinheit auf das physikbezogene Mindset der Schüler*innen werden die Fragebögen vom Pre- und Post-Tests ausgewertet. Mithilfe der regelbasierten Zuordnung (vgl. Abschnitt 5.6) ergeben sich die in Tabelle 7.3.1 dargestellten Mindset-Verteilungen.

Tabelle 7.3.1: Mindset-Verteilungen der N = 115 Schüler*innen beim Pre- und Post-Test in Prozent, die absoluten Schüler*innenzahlen sind in Klammern angegeben.

Test-Zeitpunkt	Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	Fixed Mindset (Physikbegabung)	Mixed Mindset	Growth Mindset
Pre-Test	20 % (23)	11 % (13)	30 % (34)	39 % (45)
Post-Test	18 % (21)	17 % (19)	25 % (29)	40 % (46)

Die Mindset-Verteilungen zum Pre- und Post-Testzeitpunkt unterscheiden sich signifikant, wie ein Chi-Quadrat-Test zeigt, der aufgrund der kleinen erwarteten Zellohäufigkeiten mit einer mit Monte-Carlo-Simulation (10000 Stichproben) durchgeführt wurde: $\chi^2(9) = 24.021$, $p = .003$ (Monte-Carlo, 2-seitig, 99 % KI: .002 - .004).

Um die Veränderungen der Mindset-Zuordnungen genauer zu untersuchen, wird zu den zwei Testzeitpunkten wieder ein Sankey-Diagramm (vgl. Abbildung 7.23) erstellt. Damit wird sichtbar, aus welchen Mindset-Gruppen des Pre-Tests (links) Schüler*innen in die Mindset-Verteilung beim Post-Test (rechts) wechseln. Von den Growth-Mindset-Schüler*innen bleiben mit 29 mehr als die Hälfte diesem Mindset zugeordnet und nur einzelne Schüler*innen wechseln in ein Fixed Mindset (insgesamt 5). Zwischen *Mixed Mindset* und *Growth Mindset* ist ebenfalls ein recht großer Wechsel (jeweils 12 Schüler*innen wechseln in das jeweils andere Mindset). Beim *Fixed Mindset (Physikbegabung)* kommt es zu einer fast gleichmäßigen Aufteilung in alle vier Mindset-Typen zum Post-Testzeitpunkt. Und auch die Schüler*innen, die beim Pre-Test dem *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)*

zugeordnet werden, sind im Post-Test in allen vier Mindset-Gruppen vertreten. Es ist jedoch keine klare Entwicklung zu erkennen.

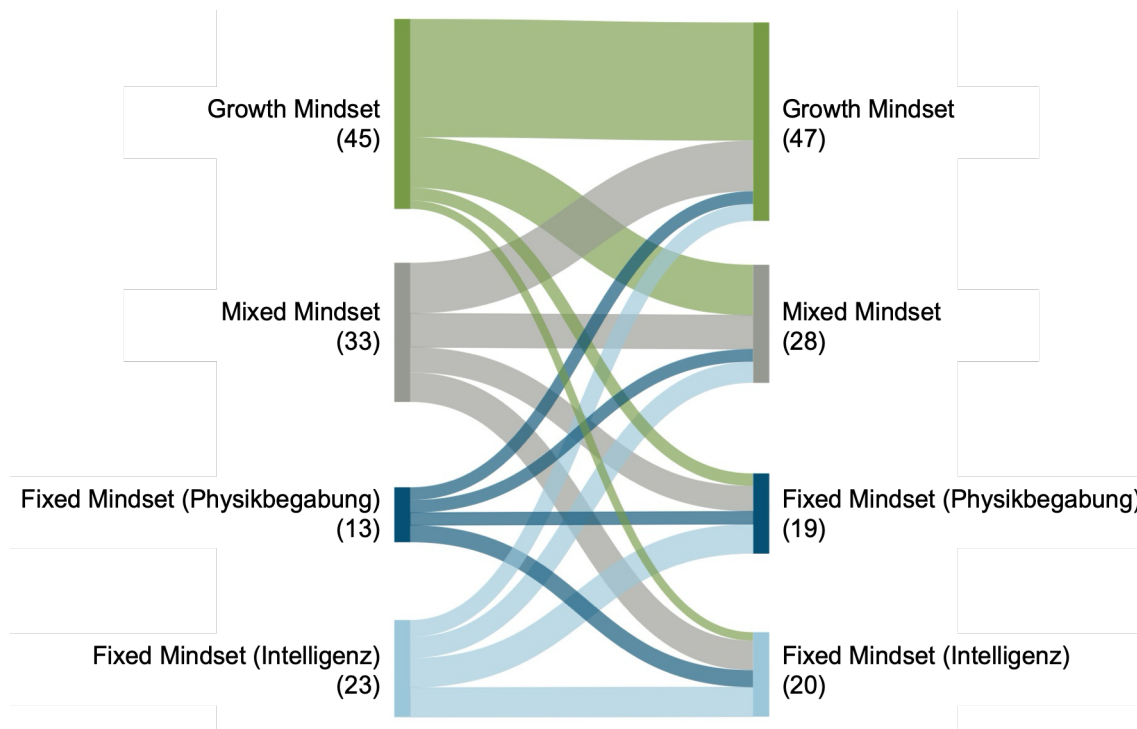


Abbildung 7.23: Visualisierung der Veränderungen der Mindset-Verteilungen zwischen Pre- und Post-Test. Links ist die Verteilung des Pre-Tests angegeben, rechts die Verteilung des Post-Tests. Die Verbindungsbalken zeigen das Wechselverhalten der Schüler*innen zwischen den Testzeitpunkten an.

Um mögliche Veränderungen im Antwortverhalten der Schüler*innen zwischen Pre- und Post-Test sichtbar zu machen, werden auch die Skalenmittelwerte der drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik* (siehe Tabelle 7.3.2) untersucht.

Die Pre- und Post-Skalenmittelwerte werden mit einem t-Test für abhängige Stichproben untersucht. Dabei werden die Differenzen von jedem Pre-Post-Wertepaar gebildet und anschließend wird der Mittelwert dieser Differenzen ins Verhältnis zum Standardfehler dieses Mittelwerts gesetzt. Der t-Wert gibt also an, wie groß die Veränderung zwischen Pre- und Post-Wert im Verhältnis zur Streuung der Werte ist und je größer der t-Wert, desto wahrscheinlicher handelt es sich um einen nicht zufälligen Unterschied zwischen Pre- und Post-Wert (Bortz & Schuster, 2011). Die Voraussetzung sind annähernd normalverteilte Differenzen, was mit

Q-Q-Plots überprüft werden kann. Tabelle 7.3.3 zeigt die Ergebnisse des Pre-Post-Vergleichs der Skalenmittelwerte.

Tabelle 7.3.2: Pre-Post-Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik*. Die Skalenwerte umfassen 1 bis 6, wobei hohe Werte eher einem Growth Mindset und niedrige Werte eher einem Fixed Mindset entsprechen.

Messzeitpunkt	Allgemeine Intelligenz ($M \pm SD$)	Begabung in Physik ($M \pm SD$)	Anstrengung in Physik ($M \pm SD$)
Pre-Test	4.29 $\pm$ 1.11	4.31 $\pm$.99	4.43 $\pm$.98
Post-Test	4.41 $\pm$ 1.02	4.15 $\pm$ 1.00	4.30 $\pm$.93

Tabelle 7.3.3: Test-Statistiken für die Mittelwertvergleiche (Pre-Post-Vergleich) der drei Skalen *Allgemeine Intelligenz*, *Begabung in Physik* und *Anstrengung in Physik*.

Skala	Teststatistik	df	p	Effektgröße Cohen's d
Allgemeine Intelligenz	1.161	114	.248	.11
Begabung in Physik	-1.465	114	.146	.14
Anstrengung in Physik	-1.616	114	.109	.15

Bei der Skala *Allgemeine Intelligenz* steigt der Mittelwert von 4.29 auf 4.41 leicht an, doch diese Veränderung ist statistisch nicht signifikant. Auch für die zwei physikbezogenen Skalen, bei denen der Mittelwert im Post-Test etwas niedriger ist als im Pre-Test, ist die Veränderung im Pre-Post-Vergleich nicht signifikant. Und die Effektgrößen Cohen's d liegen alle drei im sehr kleinen Bereich. Es lässt sich also

in Bezug auf die Gesamtstichprobe keine statistisch bedeutsame Veränderung der Skalenmittelwerte zwischen dem Pre- und Post-Test messen.

Aufgrund der bereits berichteten Veränderung der Mindset-Verteilung zwischen den beiden Messzeitpunkten (siehe Tabelle 7.3.1) werden auch die Mittelwerte und deren Veränderungen in Abhängigkeit von der Mindset-Zuordnung analysiert (vgl. Tabelle 7.3.4 für die Skalenmittelwerte und Standardabweichungen). Dafür wird eine sogenannte *Mixed ANOVA* durchgeführt, eine Varianzanalyse mit einem Messwiederholungsfaktor (Pre-Post-Vergleich) und einem Gruppenfaktor (Mindset-Zuordnung im Pre-Test) (Bortz & Schuster, 2011; Tabachnick & Fidell, 2019).

Tabelle 7.3.4: Pre-Post-Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen *Allgemeine Intelligenz* (Int.), *Begabung in Physik* (Beg.) und *Anstrengung in Physik* (Anstr.), sortiert nach der Mindset-Zuordnung beim Pre-Test.

	Fixed Mindset (Intelligenz)		Fixed Mindset (Phy- sikbegabung)		Mixed Mindset		Growth Mindset	
Skala	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post	Pre	Post
Int.	2.73	3.82	3.92	4,02	4.35	4.29	5.14	4.41
	± .78	± .89	± .53	± .81	± .67	± .92	± .65	± 1.02
Beg.	3.92	3.69	2.62	3.82	4.21	4.05	5.07	4.57
	± .67	± .90	± .64	± .94	± .72	± .92	± .57	± 1.00
Anstr.	3.66	3.82	3.52	3.95	4.23	4.07	5.24	4.81
	± 1.08	± .91	± .76	± .91	± .62	± .85	± .47	± .77

Die Voraussetzung der Normalverteilung der abhängigen Variablen (im vorliegenden Fall sind das die Skalenmittelwerte) wird visuell mithilfe von Q-Q-Plots überprüft und kann als ausreichend gegeben angenommen werden. Auch die Varianzhomogenität wird als Voraussetzung geprüft. Im Allgemeinen gilt die Mixed ANOVA zwar als robust gegenüber leichten Abweichungen von Normalverteilung und Varianzhomogenität, doch insbesondere bei ungleichen Gruppengrößen, wie sie bei der Mindset-Verteilung auftreten, sollte der Levene-Test zur Überprüfung

herangezogen werden (Field, 2018). Die Levene-Tests zeigen: für alle vorliegenden Variablen und Testzeitpunkte kann Varianzhomogenität angenommen werden.

Für die Skala *Allgemeine Intelligenz* zeigt die Mixed ANOVA einen signifikanten Interaktionseffekt ($F(3,111) = 8.34, p < .001, \eta^2 = .184$). Im paarweisen Vergleich (t-Tests für abhängige Stichproben) zeigt sich der Effekt nur bei der Gruppe *Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)*: Die Zunahme für die Skala *Allgemeine Intelligenz* zwischen Pre-Test ($2.73 \pm .78$) und Post-Test ($3.82 \pm .89$) ist messbar signifikant ($p < .001$) und kann mit einem Cohen's $d = .70$ als mittlerer Effekt eingeordnet werden. Auch für die Skala *Begabung in Physik* ist ein signifikanter Interaktionseffekt ($F(3,111) = 9.65, p < .001, \eta^2 = .207$) messbar. Im paarweisen Vergleich ist die Veränderung bei zwei Mindset-Gruppen signifikant und relevant: Beim *Fixed Mindset (Physikbegabung)* steigt der Wert zwischen Pre-Test ($2.62 \pm .64$) und Post-Test ($3.82 \pm .94$) statistisch messbar an ($p = .008$) und die Effektstärke lässt sich mit $d = .74$ ebenfalls in den mittleren Bereich einordnen. Auch beim *Growth Mindset* ist der Unterschied von Pre-Test ($5.07 \pm .57$) zu Post-Test (4.57 ± 1.00) statistisch signifikant mit $p = .001$, wobei in dem Fall der Wert zwischen den Messzeitpunkten abnimmt. Der Wert für die Effektstärke liegt mit $d = .52$ knapp über der Grenze zwischen einem kleinen und mittleren Effekt. Für die Skala *Anstrengung in Physik* sind in der Mixed ANOVA weder ein Interaktionseffekt noch Haupteffekte signifikant messbar.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass in den verschiedenen Mindset-Gruppen Veränderungen im Pre-Post-Vergleich messbar sind, die in Tabelle 7.3.5 dargestellt sind: bei beiden Fixed-Mindset-Gruppen ist im Post-Test ein höherer Mittelwert für eine Skala beobachtbar. Für das *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* ist der Wert für die Skala *Allgemeine Intelligenz* im Post-Test höher, für das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* ist die Skala *Begabung in Physik* im Post-Test höher, was jeweils auf eine stärkere Growth-Mindset-Orientierung hinweist. Beim Growth Mindset lässt sich beim Post-Test für die Skala *Begabung in Physik* ein niedrigerer Wert im Post-Test messen, also eine geringere Growth-Mindset-Orientierung.

Tabelle 7.3.5: Test-Statistiken für die Mittelwert-Vergleiche der drei Skalen Allg. Intelligenz, Begabung in Physik und Anstrengung in Physik, sortiert nach den Gruppen der Mindset-Zuordnung aus dem Pre-Test.

Mindset-Zuordnung (Pre-Test)	Test-Statistik für die Mittelwert-Vergleiche		
	Allg. Intelligenz	Begabung in Physik	Anstrengung in Physik
Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)	$p < .001$ $d = .70$	n. s.	n. s.
Fixed Mindset (Physikbegabung)	n. s.	$p = .008$ $d = .74$	n. s.
Mixed Mindset	n. s.	n. s.	n. s.
Growth Mindset	n. s.	$p < .001$ $d = -.52$	n. s.

7.4 Diskussion

7.4.1 Responsivität der Teilnehmer*innen

Wie schon aus der Pilotierung des Lernbuchs (vgl. Abschnitt 6.2) zu erwarten war, ist die Lerneinheit „*Mach dein Gehirn fit für Physik*“ für Schüler*innen der Sekundarstufe 1 gut verständlich und die Aufgaben können in der vorgegebenen Zeit bearbeitet werden, was von den teilnehmenden Lehrkräften berichtet wurde. Die überwiegend vollständig ausgefüllten Lernbücher (104 von 115 Schüler*innen der Interventionsgruppe haben jede Aufgabe innerhalb der Lerneinheit bearbeitet) könnten so interpretiert werden, dass die Schüler*innen die Inhalte des Lernbuchs interessant genug fanden, um es zu bearbeiten. Gleichzeitig ist es möglicherweise eine Positiv-Auswahl, denn bei den Schüler*innen, die sich nicht für das Thema interessieren, ist es fraglich, ob sie dann den Post-Test gewissenhaft ausfüllen werden. Generell ist ein Selektionseffekt nicht auszuschließen, da auch das Matching

über den individuellen Code ein gewisses Engagement der Schüler*innen erfordert. Schüler*innen, die allgemein im schulischen Kontext weniger engagiert sind und schlechtere Leistungen haben, aber auch diejenigen, die aus eher instabilen familiären Verhältnissen kommen, tendieren dazu, einen personalisierten Code nicht bzw. weniger sorgfältig anzugeben, was in der Auswertung das Matching der Elemente des Datensatzes erschwert oder verhindert (Chauliac et al., 2023; Kristjansson et al., 2014). Demgegenüber ist auch der mögliche Einfluss der anwesenden Lehrkraft während der Lerneinheit zu berücksichtigen. Die Responsivität der Schüler*innen wird dadurch erfahrungsgemäß erhöht (Stefes, 2024) und die Lehrkräfte wurden gebeten, auf die Bedeutung der korrekt ausgefüllten persönlichen Codes hinzuweisen. Insgesamt lässt sich festhalten, dass durch das mehrteilige Interventionsdesign zwar möglicherweise eine Selektion stattfindet, jedoch die Anwesenheit der Lehrkraft diesem Effekt durch erhöhte Responsivität entgegenwirken kann.

Ebenfalls ein Indikator für gute Verständlichkeit des Lernbuchs und insbesondere der Interventionsbotschaft ist das Ergebnis, dass 104 der 115 Schüler*innen die Aufgaben, die sich auf Neuroplastizität und die Trainierbarkeit der „Gehirn-Muskeln“ beziehen, richtig beantworten konnten. Die zentrale Botschaft wurde also von 90 % der Schüler*innen innerhalb der Lerneinheit aufgenommen und konnte korrekt wiedergegeben bzw. angewendet werden.

7.4.2 Manipulations-Check innerhalb der Lerneinheit

Obwohl die zentrale Botschaft der Intervention von so vielen Schüler*innen innerhalb der Aufgaben des Lernbuchs aufgenommen und wiedergegeben wurde, spiegelt sich das nicht so eindeutig im Antwortverhalten auf den Manipulations-Check. Es lässt sich zwar festhalten, dass die Mehrzahl der Schüler*innen die Aussage *„An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.“* (eher) ablehnt, doch diese Zahl ist zu Beginn der Lerneinheit minimal höher (80 Schüler*innen) als in der Abfrage am Ende (79 Schüler*innen). Es zeigen mehr Schüler*innen (41 am Ende, 28 zu Beginn) eine eindeutig ablehnende Haltung und es wechseln auch insgesamt mehr Schüler*innen in eine Antwortkategorie, die die Aussage stärker ablehnt (vgl. Abbildung 7.21), gleichzeitig stimmen in der Abfrage am

Ende 13 Schüler*innen der Aussage voll und ganz zu und 18 Schüler*innen stimmen ihr eher zu. Während also 90 % der Schüler*innen die Botschaft der Trainierbarkeit des Gehirns während der Lerneinheit aufgegriffen haben (vgl. Abschnitt 7.4.1), stellen 27 % daraus keine Verknüpfung zu ihrer Einstellung hinsichtlich der Veränderbarkeit der Intelligenz her.

Aus dem Beginn-Ende-Vergleich des Manipulations-Checks ergibt sich kein eindeutiges Bild, ob die Schüler*innen nach der Teilnahme an der Intervention das Kontroll-Item („*An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.*“) stärker ablehnen, was im Sinne der Growth-Mindset-Botschaft und der zentralen Botschaft der Lerneinheit wünschenswert wäre. Was sich jedoch festhalten lässt, ist eine insgesamt eindeutiger Positionierung, d. h. mehr Schüler*innen stimmen der Aussage eindeutig zu oder eindeutig nicht zu.

7.4.3 SIB-Effekt: Sind die Schüler*innenantworten überzeugend?

Die Verteilung der Schüler*innenantworten zur SIB-Übung (vgl. Abbildung 7.22) zeigt, dass nur 31 von 97 Schüler*innen (32 %) eine Growth-Mindset-Botschaft formulieren. Nur bei diesem Anteil der Schüler*innen kann ein positiver Saying-is-Believing-Effekt erwartet werden, für alle anderen Schüler*innen ist es lediglich eine Art Reflexionsübung innerhalb der Lerneinheit.

SIB-Übungen gelten als zentrales Merkmal von sog. Wise Interventions (Walton, 2014) (siehe auch Abschnitt 2.2.1), zu denen auch Growth-Mindset-Interventionen zählen und werden daher auch für den Erfolg von Growth-Mindset-Interventionen immer wieder erwähnt (Burnette et al., 2022, 2023; Macnamara & Burgoyne, 2023; Yeager et al., 2016). Sie sind außerdem im FIMI-Kriterienkatalog (vgl. Abschnitt 2.2.3) aufgeführt, werden also auch als Qualitätsprüfungsmerkmal für Growth-Mindset-Interventionen vorgeschlagen. Gleichzeitig werden die Ergebnisse der SIB-Übungen in den Mindset-Studien nicht ausgewertet, es wird nur angegeben, ob die Übung Teil der Intervention ist, welche Art SIB-Aufgabe es ist (z. B. Schreibübung oder Gespräch) und teilweise wird im Rahmen der Responsivität beschrieben, ob die Teilnehmer*innen die SIB-Übung bearbeitet haben. Untersucht wurde also auch in den Meta-Studien nur, ob die Interventionen eine SIB-

Übung enthalten. Lee und Kolleg*innen haben 2022 eine explorative Studie veröffentlicht, in der sie die Qualität von SIB-Aufgaben und Antworten ausführlich auswerten. Sie kommen zu dem Schluss, dass SIB-Aufgaben nur dann effektiv sind, wenn sie bei den Schüler*innen sowohl kognitive und behaviorale als auch affektive Auseinandersetzung mit der Kernbotschaft erfordern. Das passt zu den Ausführungen von Canning und Harackiewicz (2015), die ebenfalls beschreiben, dass SIB-Übungen nur dann einen Effekt haben, wenn es sich um sogenannte „deep SIB“-Übungen handelt, also eine tiefergehende Auseinandersetzung mit dem entsprechenden Thema von den Teilnehmer*innen fordern. Auch bei der Frage, wie man dies erreicht, sind sich die Autor*innen einig: SIB-Übungen sollten strukturiert und mehrstufig angeleitet sein, sie sollten sich direkt auf die zentrale Botschaft beziehen, die von den Teilnehmer*innen verinnerlicht werden soll und, wenn möglich, mit konkreten Strategien verknüpft werden. In der Aufgabe sollte auch die affektive Komponente angesprochen werden, indem die Teilnehmer*innen z. B. aufgefordert werden, sich in das Gefühl zu versetzen, das sie mit Physiklernen oder der gelernten Growth-Mindset-Botschaft verbinden (Canning & Harackiewicz, 2015; Lee et al., 2023).

In der vorliegenden Arbeit sind diese Kriterien für eine effektive SIB-Übung nicht erfüllt. Die Aufgabe bleibt sehr offen, es wird nicht konkret formuliert, dass die Schüler*innen sich auf den Inhalt der Lerneinheit beziehen sollen, es wird keine Länge oder Form vorgegeben und auch die affektive Komponente fehlt. Es ist davon auszugehen, dass die SIB-Übung in diesem Fall keine unterstützende Wirkung auf eine stabile Internalisierung der Growth-Mindset-Botschaft hat. Das passt auch zu den gefundenen Ergebnissen beim Vergleich der Schüler*innenantworten (vgl. 7.3.3). Von den 97 Antworten beziehen sich, wie oben schon erwähnt, nur 31 auf die Growth-Mindset-Botschaft. Von diesen 31 Schüler*innen formulieren wiederum nur 13 die Neuroplastizität und die verbleibenden 18 Schüler*innen benennen nur die Möglichkeit der Trainierbarkeit des Gehirns. Bei diesen 18 Schüler*innen handelt es sich also nach Canning und Harackiewicz (2015) nur um einen oberflächlichen SIB-Effekt. An dieser Stelle der Intervention besteht also Überarbeitungsbedarf, um den SIB-Effekt als unterstützendes Element für die Überzeugungsänderung bei den Schüler*innen zu nutzen.

7.4.4 Pre-Post-Vergleich: Veränderungen beim Mindset der Schüler*innen

Das zentrale Ziel der Intervention ist die Förderung eines physikbezogenen Growth Mindsets bei den teilnehmenden Schüler*innen. Dementsprechend sind die Ergebnisse des Mindset-Fragebogens im Pre-Post-Vergleich auch besonders interessant für die Auswertung. Die in Tabelle 7.3.1 gezeigten Mindset-Verteilungen unterscheiden sich signifikant zwischen dem Testzeitpunkt unmittelbar vor der Intervention und dem Post-Test etwa zwei Monate nach Abschluss der Lerneinheit. Deutlich unterschiedlich sind jedoch nur die prozentualen Anteile des *Fixed Mindset (Physikbegabung)* und des *Mixed Mindsets*, wobei bei ersterem der prozentuale Anteil von 11% auf 17 % steigt und somit der angestrebten Growth-Mindset-Förderung entgegensteht. Mehr Einblick in eine mögliche Wirkung der Intervention bietet das Flussdiagramm, dass die Veränderungsströme zwischen den Verteilungen zum Pre- und Post-Testzeitpunkt zeigt (vgl. Abbildung 7.23). Daraus wird ersichtlich, dass zwar 45 Schüler*innen beim Pre-Test und 47 Schüler*innen beim Post-Test dem *Growth Mindset* zugeordnet werden, dass jedoch nur 28 davon zu beiden Zeitpunkten dem *Growth Mindset* zugeordnet werden. Noch stärkere Veränderungen sind bei den zwei Fixed Mindsets zu beobachten: die Schüler*innen, die zu Beginn einem der Fixed Mindsets zugeordnet werden, verteilen sich beim Post-Test fast gleichmäßig auf alle vier Mindset-Typen. Bei den Schüler*innen mit einer Tendenz zum Fixed Mindset kommt es also im Pre-Post-Vergleich zu stärkeren Veränderungen im Ankreuzverhalten, möglicherweise ausgelöst durch die Intervention und die darin vermittelten Growth-Mindset-Botschaften. Um dieser Interpretationsrichtung zu folgen, werden auch die Skalenmittelwerte im Pre-Post-Vergleich analysiert. Betrachtet man die Gesamtstichprobe mit $N = 115$ Schüler*innen, ist für keine der drei Skalen ein statistisch signifikanter Unterschied messbar (vgl. Tabelle 7.3.2 und Tabelle 7.3.3). Doch betrachtet man die Schüler*innengruppen aus der Mindset-Zuordnung des Pre-Tests, ergeben sich unterschiedliche, signifikante Unterschiede von Skalenmittelwerten, die in Tabelle 7.3.5 zusammengefasst sind.

Es sind also drei signifikante Veränderungen beobachtbar. In der Gruppe *Fixed Mindset (Allg. Intelligenz)* ist der Mittelwert der Skala *Allgemeine Intelligenz* im Post-Test signifikant höher ($M_{post} = 3.82$, $M_{pre} = 2.73$), bei der Gruppe *Fixed*

Mindset (Physikbegabung) ist der Mittelwert der Skala *Begabung in Physik* im Post-Test signifikant höher ($M_{Post} = 3.83$, $M_{Pre} = 2.62$). Beides kann mit Teststärken von Cohen's $d_{Intelligenz} = .70$ bzw. $d_{Begabung} = .74$ als mittlerer Effekt eingeordnet werden. Bei den Schüler*innen, die vor der Intervention einem Fixed Mindset zugeordnet werden, bewirkt die Growth-Mindset-Botschaft innerhalb der Intervention also eine Veränderung in den Skalenmittelwerten im Post-Test. Und zwar jeweils auf der Skala, auf der die Schüler*innen vorher die stärkere Tendenz zur Fixed-Mindset-Haltung gezeigt haben. Bei den Schüler*innen, die schon vor der Intervention ein physikbezogenes *Growth Mindset* haben, zeigt sich ein negativer Effekt, d. h. der Skalenmittelwert für die Skala *Begabung in Physik* ist im Post-Test mit einem Wert von $M_{Post} = 4.57$ niedriger als im Pre-Test mit einem Wert von $M_{Pre} = 5.07$. Tatsächlich kann für alle drei Skalen ein Sinken des Mittelwerts bei der Growth-Mindset-Gruppe beobachtet werden (vgl. Tabelle 7.3.4), auch wenn der Unterschied für die anderen zwei Skalen nicht signifikant ist. Da die Pre-Werte jeweils über 5.0 liegen (bei einem Maximum der Skalen von 6.0) kann eher von einem Deckeneffekt ausgegangen werden als von einem tatsächlichen Einfluss der Intervention. Die messbaren Effekte auf die Subgruppen der Fixed-Mindset-Schüler*innen im Vergleich zu einem Null-Effekt auf die Gesamtstichprobe passt zu Ergebnissen anderer Mindset-Erhebungen. Sowohl (Paunesku et al., 2015) berichten einen messbaren Effekt nur für bestimmte Subgruppen, unter anderem eben Teilnehmende mit einem Fixed Mindset im Pre-Test und auch in der NSLM von Yeager et al. (2019) findet sich dieses Ergebnis. Yeager und Kolleg*innen beschreiben bereits in ihrem Paper von 2016 dieses Ergebnis als erwartbar aufgrund ihrer bis dahin durchgeführten Studien und begründen auch, dass der fehlende Mindset-Shift bei Growth-Mindset-Schüler*innen mit einem Deckeneffekt zu erklären ist: wer bereits eine wachstumsorientierte Haltung hat, wird in einer Growth-Mindset-Intervention darin zwar bestärkt, das wird aber meist kein messbarer Effekt sein, da sich am Antwortverhalten nicht wesentlich etwas verändert.

Zusammenfassend lässt sich festhalten, dass bei der explorativen Interventionsstudie mit der Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ im Pre-Post-Vergleich vor allem bei den Schüler*innen, die vorher einem der zwei Fixed Mindsets zugeordnet werden, eine Veränderung messbar ist: jeweils in der Skala, die im Pre-Test das Fixed Mindset besonders repräsentiert, kommt es zu einem messbaren Shift in

Richtung Growth Mindset, was der Intention der Growth-Mindset-Intervention entspricht. Da es sich jedoch um ein Studiendesign ohne Kontrollgruppe handelt, kann es sich bei dem beobachteten Mindset-Shift auch um eine Regression zur Mitte handeln. Das beschreibt die Beobachtung, dass besonders hohe oder niedrige Werte bei wiederholter Messung, unabhängig von Maßnahmen, näher am Mittelwert liegen (Barnett, 2004; Bortz & Schuster, 2011). Im vorliegenden Fall passt dies sowohl zu den Schüler*innen, die im Pre-Test einem der Fixed Mindsets zugeordnet werden und beim Post-Test in den jeweiligen Skalen höhere Werte zeigen, als auch zu den Schüler*innen, die im Pre-Test dem Growth Mindset zugeordnet werden und beim späteren Test-Zeitpunkt niedrigere Skalenwerte zeigen (vgl. dazu auch Tabelle 7.3.4). Mit den Daten einer Kontrollgruppe könnten solche Regressionseffekte aus dem Pre-Post-Vergleich herausgerechnet werden, doch bei der vorliegenden Studie sind die Effekte zwar theoretisch plausibel auf die Intervention zurückzuführen, aber ob sie größer sind als die zu erwartende Regression zur Mitte lässt sich nicht überprüfen.

*„In one world [mindset], effort ist a bad thing. It, like failure, means you’re not smart or talented. If you were, you wouldn’t need effort. In the other world, effort is what **makes** you smart or talented.“*

(C. S. Dweck, 2008a, S. 16)

8 Schlussbetrachtung

8.1 Zusammenfassende Diskussion

Die vorliegende Arbeit soll einen Beitrag in der domänenspezifischen Mindset-Forschung im Schulkontext leisten. Dazu wurde im ersten Schritt auf der Basis qualitativer und quantitativer Vorarbeiten ein physikbezogener Mindset-Fragebogen entwickelt. Der finale Fragebogen (vgl. Anhang B) kombiniert die üblicherweise genutzte Skala zur Erfassung der impliziten Theorien zur Intelligenz mit zwei physikbezogenen Skalen, die Begabungs- und Anstrengungsüberzeugungen der Schüler*innen abfragen.

In einer Querschnitterhebung wurde der physikbezogene Mindset-Fragebogen von etwas mehr als 1600 Schüler*innen ab der 7. Jahrgangsstufe ausgefüllt. Für die Auswertung wurden zunächst vier charakteristische Mindset-Gruppen mithilfe einer Clusteranalyse identifiziert und im Mindset-Kontext beschrieben. Dann wurde eine Zuordnungsregel definiert, die es ermöglicht, die Schüler*innen auf der Basis des ausgefüllten Fragebogens einer der physikbezogenen Mindset-Gruppen zuzuordnen. Die Zuordnungsregel erlaubt eine einfache Darstellung der Mindset-Verteilungen bei Schüler*innen unter Berücksichtigung von beispielsweise Jahrgangsstufen oder angegebener Gender-Zugehörigkeit.

In einem zweiten Schritt wurde eine Growth-Mindset-Intervention für Schüler*innen der Sekundarstufe 1 im Physikunterricht entwickelt und in einer explorativen Studie eingesetzt. Die Intervention findet in Form einer Lerneinheit mit dem Titel „Mach dein Gehirn fit für Physik“ statt und wird von den Schüler*innen im regulären Physikunterricht bearbeitet. In der Lerneinheit erarbeiten die Schüler*innen zunächst die zentrale Growth-Mindset-Botschaft zur Veränderbarkeit und insbesondere Trainierbarkeit des Gehirns. Im Interventionsmaterial wird dafür die

„Gehirn-Muskel“-Metapher genutzt, um den Schüler*innen einen leicht verständlichen und gut merkbaren Ansatz für entwicklungsorientierte implizite Theorien zu geben. Darauf aufbauend wird eine Lernstrategie eingeführt und von den Schüler*innen an einem Beispiel aus der Thermodynamik bearbeitet. Für die explorative Studie wird die Lerneinheit mit dem physikbezogenen Mindset-Fragebogen im Pre-Post-Design ergänzt, wobei der Post-Test von den Teilnehmer*innen erst einige Wochen nach der Interventionsmaßnahme ausgefüllt wird, um eine mögliche Wirkung der Lerneinheit auf das Mindset zu überprüfen und nicht einen Manipulationseffekt des Interventionsmaterials zu messen.

Im Folgenden werden die Forschungsfragen beantwortet und damit die zentralen Ergebnisse und Erkenntnisse zusammengetragen, die bereits ausführlich in den vorherigen Kapiteln dokumentiert sind. Anschließend werden Limitationen der vorliegenden Arbeit und Implikationen für weitere Forschung zum physikbezogenen Mindset von Schüler*innen diskutiert.

8.1.1 Beantwortung der Forschungsfragen

FF1: Welche Skalen und Items eignen sich für eine physikbezogene Adaption des Mindset-Konzepts als Erhebungsinstrument und welche Mindset-Verteilung ergibt sich bei Schüler*innen im deutschen Physikunterricht?

Der physikbezogene Fragebogen ist ein dreidimensionales Erhebungsinstrument mit insgesamt 15 Items, die auf einer sechsstufigen Likert-Skala (1 = stimme gar nicht zu, 6 = stimme voll und ganz zu) beantwortet werden. Vier Items beschreiben die impliziten Theorien zur Intelligenz und werden in der Skala *Allgemeine Intelligenz* mit einer Reliabilität von $\alpha_C = .803$ abgebildet. Die fachspezifischen Charakteristika des Mindsets werden in zwei Skalen abgebildet. Die Skala *Begabung in Physik* umfasst vier Items mit einer Reliabilität von $\alpha_C = .807$ und die Skala *Anstrengung in Physik* enthält sieben Items mit einer Reliabilität von $\alpha_C = .828$ (siehe Anhang B für den vollständigen Fragebogen). Die drei Skalen korrelieren signifikant positiv miteinander, die höchste Korrelation besteht zwischen den zwei physikbezogenen Skalen ($r = .74$), was aufgrund der inhaltlichen Nähe von Begabungs- und Anstrengungsüberzeugungen zu erwarten ist und statistisch unter-

halb der Grenze für kritische Redundanz liegt. Sowohl in Bezug auf die statistischen Gütekriterien, als auch mit Blick auf die niedrigschwellige Einsetzbarkeit aufgrund der geringen Gesamt-Itemzahl wird der Fragebogen als geeignetes Erhebungsinstrument für die Erfassung von physikbezogenen Mindsets bei Schüler*innen der Sekundarstufe eingeschätzt.

Um die Verteilung der physikbezogenen Mindsets zu untersuchen, wurden auf Basis der Fragebogendaten die charakteristischen Mindset-Gruppen identifiziert, in ihren Merkmalen beschrieben und eine regelbasierte Zuordnung definiert. Unterschieden werden insgesamt vier Mindset-Gruppen: das physikbezogene *Growth Mindset* umfasst zur Veränderbarkeitstheorie passende Überzeugungen auf allen drei Skalen des Fragebogens, das Fixed Mindset zeigt sich in zwei unterschiedlichen Ausprägungen. Beim *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* ist vor allem auf der Skala *Allgemeine Intelligenz* eine große Übereinstimmung mit der Entitätstheorie sichtbar, beim *Fixed Mindset (Physikbegabung)* steht die Überzeugung einer (angeborenen) Begabung im Zentrum. Die letzte Mindset-Gruppe wird als *Mixed Mindset* bezeichnet und umfasst die Schüler*innen, deren Antwortverhalten auf den verschiedenen Skalen des Fragebogens nicht konsistent mit der Mindset-Theorie ist oder deren Antworten nicht deutlich genug die Veränderbarkeits- oder Entitätstheorie widerspiegeln. Die Zuordnungsregel ist in Abbildung 5.15 als Flussdiagramm visualisiert.

Beim größten Datensatz der vorliegenden Arbeit werden von $N = 1601$ Schüler*innen 43.0 % dem *Growth Mindset* zugeordnet, 16.3 % dem *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)*, 15.7 % dem *Fixed Mindset (Physikbegabung)* und 25.0 % dem *Mixed Mindset* (vgl. Abschnitt 5.5). Im kleineren Datensatz der Mindset-Erhebung, die knapp zwei Jahre später mit $N = 314$ Schüler*innen durchgeführt wurde, zeigt sich eine vergleichbare Verteilung: 44.4 % der Schüler*innen werden dem *Growth Mindset* zugeordnet, das *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* umfasst 13.5 %, das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* 16.6 % und 25.5 % werden dem *Mixed Mindset* zugeordnet (vgl. Abschnitt 5.7). Auch die Zahlen zur Mindset-Verteilung aus der Interventionsstudie sind vergleichbar (vgl. Abschnitt 7.3.4), die Mindset-Verteilung ist also im Rahmen der hier vorgestellten Forschungsarbeit reproduzierbar. Im Querschnitt der Schüler*innen der Sekundarstufe, also von der 7. Jahrgangsstufe bis zum Abitur, macht das *Growth Mindset*

mit knapp 45 % den größten Anteil aus, die zwei Ausprägungen des *Fixed Mindsets* sind mit jeweils etwa 15 % vertreten und das *Mixed Mindset* umfasst etwa 25 % der Schüler*innen.

FF2: Gibt es Unterschiede der physikbezogenen Mindset-Verteilungen bei Schüler*innen, die in Abhängigkeit von äußeren Gegebenheiten wie Alter oder Gender identifiziert werden können?

In der Querschnittserhebung mit rund 1600 Schüler*innen wurden Unterschiede nach den verschiedenen Jahrgangsstufen sowie zwischen den Gruppen Mädchen und Jungen (zugeteilt durch Selbst-Identifikation der Schüler*innen) untersucht. Beim Vergleich der verschiedenen Jahrgangsstufen fällt besonders der Unterschied der Mindset-Verteilung zwischen dem ersten und zweiten Lernjahr Physik auf. Während in der 7. Jahrgangsstufe (entspricht dem ersten Lernjahr Physik in Hessen) 60.3 % der Schüler*innen dem *physikbezogenen Growth Mindset* zugeordnet werden, sind es in der nächsthöheren Jahrgangsstufe, also dem zweiten Lernjahr Physik, nur noch 44.4 %. Beim *Fixed Mindset (Physikbegabung)*, also bei dem Fixed Mindset, das vor allem auf der Begabungsüberzeugung der Schüler*innen basiert, ist die umgekehrte Veränderung beobachtbar: nur 5.3 % der Schüler*innen in der 7. Jahrgangsstufe werden diesem Mindset zugeordnet, während sich der Anteil in der 8. Jahrgangsstufe auf 12.9 % erhöht (vgl. Tabelle 5.5.2). Der Vergleich mit dem kleineren Datensatz aus dem Jahr 2021 ($N = 351$) legt die Schlussfolgerung nahe, dass diese Veränderung mit dem Physikunterricht und nicht mit dem Alter der Schüler*innen zusammenhängt. In der Mindset-Erhebung nach einem Jahr Lernen unter Pandemiebedingungen ist dieselbe Veränderung der Mindset-Verteilungen zwischen der 8. und 9. Jahrgangsstufe beobachtbar, wobei die teilnehmenden Schüler*innen in diesem Schuljahr nur wenig regulären Physikunterricht hatten (vgl. Abschnitt 5.7). Ob diese Veränderung eher an der Sachstruktur des Physikunterrichts liegt oder ob das Mindset der Lehrkräfte im Sinne der Growth Mindset Classroom Culture (vgl. Abschnitt 2.3) mehr Einfluss hat, kann an dieser Stelle nicht abschließend beantwortet werden. Festgehalten werden kann jedoch: das physikbezogene Mindset von Schüler*innen verändert sich durch die Erfahrungen mit Physikunterricht, insbesondere im ersten Lernjahr.

Bei der Betrachtung der genderbezogenen Mindset-Verteilungen sind die Ausprägungen der zwei Fixed-Mindset-Typen signifikant unterschiedlich. Während von den Jungen 19.1 % dem *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* zugeordnet werden, sind das bei den Mädchen nur 12.8 %. Für das *Fixed Mindset (Physikbegabung)* ist diese Verteilung genau umgekehrt: 12.9 % der Jungen und 19.1 % der Mädchen werden diesem Mindset zugeordnet (vgl. Tabelle 5.5.1, die Zahlen beziehen sich auf die Querschnittserhebung mit $N = 1567$ Schüler*innen, die eine Gender-Zuordnung angekreuzt haben). Damit ergeben sich zwar in der Summe für Fixed und Growth Mindset keine genderbezogenen Unterschiede, doch insbesondere die fachbezogenen Überzeugungen scheinen sich zu unterscheiden. Dieses Ergebnis bestätigt den fachbezogenen Ansatz der Mindset-Forschung, denn während die allgemeine Mindset-Literatur keine genderbezogenen Unterschiede dokumentiert, findet sich insbesondere im Zusammenhang mit Begabungsüberzeugungen in Naturwissenschaften ein gut belegter Unterschied zwischen Mädchen und Jungen: Mädchen glauben stark an eine notwendige Begabung im naturwissenschaftlichen Bereich (Archer et al., 2017, 2020; Malespina et al., 2022), was auch die Daten der vorliegenden Arbeit nahelegen.

Für die Beantwortung der Forschungsfrage FF2 lässt sich also zusammenfassen: Ja, es gibt Unterschiede in der Verteilung der physikbezogenen Mindsets bei Schüler*innen. Insbesondere im ersten Lernjahr Physik steigt der prozentuale Anteil des *Fixed Mindset (Physikbegabung)* signifikant an, während der Anteil des physikbezogenen *Growth Mindsets* zurückgeht. Diese Veränderung scheint vor allem mit Erfahrungen mit Physikunterricht assoziiert zu sein, weniger mit dem Alter der Schüler*innen. Genderbezogene Unterschiede zeigen sich vor allem im fachbezogenen *Fixed Mindset (Physikbegabung)*, dessen prozentualer Anteil bei den Mädchen deutlich höher ist als bei den Jungen. Dieses Ergebnis passt zu den bei Mädchen stärker ausgeprägten Begabungsüberzeugungen in Naturwissenschaften und speziell in Physik, die unter anderem von Archer und Kolleg*innen (2017, 2020) berichtet werden.

FF3: Kann das fachbezogene Growth Mindset bei Schüler*innen im Physikunterricht mit einer kurzen Intervention gefördert werden und erweist sich ein solcher Effekt über die unmittelbare Interventionsphase hinaus als stabil?

Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte, physikbezogene Growth-Mindset-Intervention wird als Lerneinheit mit dem Titel „Mach dein Gehirn fit für Physik“ von Schüler*innen eigenständig bearbeitet. Die intendierte Förderung des Growth Mindsets wird mithilfe des physikbezogenen Mindset-Fragebogens in einem Pre-Post-Design untersucht, wobei der Nachtest erst zwei Monate nach Abschluss der Lerneinheit ausgefüllt wird. Die Ergebnisse der explorativen Studie zeigen, bezogen auf die Gesamtstichprobe ($N = 115$), keinen Effekt der Intervention im Pre-Post-Vergleich. Für die Fixed-Mindset-Gruppen ist jedoch eine statistisch signifikante, wünschenswerte Veränderung sichtbar: der Mittelwert der jeweils namensgebenden Skala ist im Post-Test höher, d. h. die Schüler*innen mit einem *Fixed Mindset (Allgemeine Intelligenz)* beim Pre-Test haben beim Post-Test einen signifikant höheren Wert der Skala *Allgemeine Intelligenz* (Skalenwerte liegen zwischen 1 und 6, wobei höhere Werte einem Growth Mindset entsprechen) und die Schüler*innen mit einem *Fixed Mindset (Physikbegabung)* zeigen diese Veränderung im Pre-Post-Vergleich der Skala *Begabung in Physik* (vgl. Tabelle 7.3.4). Dieses Ergebnis kann als Hinweis auf eine Growth-Mindset-Förderung interpretiert werden, da die Schüler*-innen mit einem Fixed Mindset im Pre-Test auch die zentrale Zielgruppe der Growth-Mindset-Förderung sind. Bei der Growth-Mindset-Gruppe zeigt sich in der Stichprobe jedoch eine kleine, aber statistisch signifikante Abnahme des Mittelwerts der Skala *Begabung in Physik*. Es kann sich dabei um einen Deckeneffekt handeln, es könnte aber auch bei allen drei beobachteten Pre-Post-Veränderungen eine Regression zur Mitte vorliegen. Aufgrund des explorativen Studiendesigns ohne Kontrollgruppe lässt sich das aus den vorliegenden Daten nicht eindeutig feststellen. Für die Forschungsfrage FF3 lässt sich somit zusammenfassen, dass mit der entwickelten Growth-Mindset-Intervention zwar eine Förderung des Growth Mindsets bei den Schüler*innen messbar ist, die im Pre-Test einem Fixed Mindset zugeordnet werden, dass diese Messung ohne ein geeignetes Kontrollgruppendesign nicht sicher auf die Interventionsmaßnahme zurückgeführt werden kann und an dieser Stelle weitere Forschung notwendig ist.

8.2 Limitationen

Die größte Limitation der vorliegenden Forschungsarbeit liegt, wie bereits in der Beantwortung von FF3 genannt, im Design der Interventionsstudie, die ohne Kontrollgruppe durchgeführt wurde. Da es sich um einen explorativen Einsatz des Interventionsmaterials handelt und die teilnehmenden Lerngruppen aus unterschiedlichen Jahrgangsstufen kamen, war eine Kontrollgruppe im Rahmen der vorliegenden Forschungsarbeit nicht umsetzbar. Dadurch sind die messbaren Veränderungen der physikbezogenen Mindsets bei den Schüler*innen aber nicht sicher auf die Interventionsmaßnahme oder auf die Growth-Mindset-Botschaft in der Intervention zurückzuführen. Wie in Abschnitt 7.4 erläutert, bleiben die Ergebnisse aus dem Pre-Post-Vergleich daher nur eingeschränkt interpretierbar: es sind Mindset-Veränderungen beobachtbar, besonders bei den Schüler*innen, die vorher einem der zwei Fixed Mindsets zugeordnet wurden. Ob diese jedoch durch die Lerneinheit beeinflusst wurden oder eine Regression zur Mitte darstellen, kann nur mit einer Baseline-Kontrollgruppe beantwortet werden und um zu überprüfen, ob die eigentliche Growth-Mindset-Botschaft einen Effekt auf das Mindset der Schüler*innen hat, wird eine echte Kontrollgruppe, die ebenfalls eine Lerneinheit zum Physiklernen nur ohne die Growth-Mindset-Botschaft durchführt, als Vergleichsdatensatz benötigt.

Auch die Messung der physikbezogenen Mindsets und die daraus gewonnenen Erkenntnisse über deren Verteilungen bei Schüler*innen unterliegen bestimmten Limitationen. Der physikbezogene Mindset-Fragebogen wurde zwar in verschiedenen Jahrgangsstufen eingesetzt und von insgesamt vielen Schüler*innen ausgefüllt, doch die Messung erfolgte immer nur punktuell, es wurde also keine echte Entwicklung der physikbezogenen Mindsets bei den Schüler*innen beobachtet, sondern aus dem Vergleich der unterschiedlichen Jahrgangsstufen darauf geschlossen. Eine Längsschnittstudie, in der dieselben Schüler*innen zu verschiedenen Zeitpunkten den Fragebogen ausfüllen, würde mehr Aufschluss darüber geben, wie sich die fachbezogenen Mindsets über die Schuljahre hinweg wirklich verändern. Da es sich außerdem nur um eine große Querschnitterhebung handelt, wäre ein erneutes Erheben der Mindsets sinnvoll, um die Verteilung der Mindset-Gruppen insgesamt sowie in den verschiedenen Jahrgangsstufen zu validieren.

Kleinere Erhebungen im Rahmen der Interventionsstudie und auch mit dem Datensatz von 2021 (siehe Abschnitt 5.7) bestätigen zwar die Gesamtverteilung, sind aber für eine Analyse auf der Ebene der Jahrgangsstufen zu klein.

8.3 Fazit und Implikationen für die weitere physikbezogene Mindsetforschung im Schulkontext

Mit der vorliegenden Arbeit wird ein Erhebungsinstrument für die fachbezogenen Mindsets von Schüler*innen vorgestellt, das sich nicht allein auf die impliziten Theorien zur Intelligenz bezieht, sondern Anstrengungs- und Begabungsüberzeugungen im Kontext des Physiklernens mitberücksichtigt. Damit wird das im klassischen Erhebungsinstrument (ITIS) stark generalisierte Konstrukt von Fixed und Growth Mindset konkreter auf einen Bereich bezogen. Die Ergebnisse zeigen, dass die Schüler*innen auf Basis ihrer Antworten verschiedenen Mindset-Gruppen zugeordnet werden können und dass sich die Verteilung dieser Gruppen in unterschiedlichen Datensätzen replizieren lässt. Gleichzeitig wird mit der Untersuchung der Intelligenzdefinition der Schüler*innen und der damit korrelierenden Verschiebung ihrer Antwort auf der ITIS nahegelegt, dass diese Skala möglicherweise nicht geeignet ist, um das Mindset der Schüler*innen korrekt zu erfassen. Für die Zuordnung zu den verschiedenen Mindset-Gruppen wird der Skalenmittelwert der Intelligenz-Skala mit den zwei anderen Skalenmittelwerten gleichwertig verwendet. Zwar ist der Einfluss der Intelligenz-Skala nicht so groß wie in den meisten Mindset-Studien, doch die Eignung der Intelligenz-Skala zur Messung der Mindsets steht durch die in der vorliegenden Arbeit durchgeführte Studie, aber auch durch andere Arbeiten (Diederich & Spatz, 2024; Limeri, 2025; Limeri et al., 2020a; Sun et al., 2021) doch deutlich in Frage. Die ITIS bezieht sich nur auf die (Un-)Veränderbarkeit von Intelligenz. Limeri (2025) nutzen in ihrem Erhebungsinstrument auch den Fokus der (Un-)Veränderbarkeit, beziehen diese jedoch auf fachtypische Kompetenzen (z. B. die Fähigkeit, komplexe Probleme zu lösen, Wissen anzuwenden oder neue Inhalte zu lernen). Möglicherweise ist eine Anpassung der Intelligenz-Skala auch bei dem hier vorgestellten Erhebungsinstrument sinnvoll, um es stärker auf implizite Fähigkeitstheorien auszurichten, die für den Physikunterricht relevant sind.

Aus der Frage nach einer veränderten, kontextbezogenen Operationalisierung der ITIS wird auch der Fokus der Growth-Mindset-Botschaft in der Intervention verschoben. Denn wenn statt der Intelligenz fachbezogene Fähigkeiten als Kern des Mindsets definiert werden, muss auch die Interventions-Botschaft daran angepasst werden. Die im Rahmen dieser Arbeit entwickelte Lerneinheit stellt einen Ausgangspunkt dar, weil sie einen Vorschlag macht, die allgemeinen Elementen einer Growth-Mindset-Intervention über eine daran angepasste Lernstrategie mit einem konkreten Fachinhalt zu verbinden. Neuroplastizität und die damit verbundene Aussage, dass das Gehirn, also auch kognitive Fähigkeiten insgesamt, veränderbar sind, bleibt als Botschaft zentral, sollte aber auch in der Formulierung auf physikrelevante Fähigkeiten und nicht auf Intelligenz bezogen sein. Vor allem muss, wie im vorherigen Abschnitt zu Limitationen bereits ausgeführt, die Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ in einem geeigneten Studiendesign auf ihre Wirksamkeit als Growth-Mindset-Intervention überprüft werden.

Die vorliegende Arbeit stellt demzufolge vor allem in der Beschreibung und Messung fachbezogener Mindsets bei Schüler*innen einen wichtigen Beitrag dar, der sich gut in die Forschungsliteratur einfügt. Einerseits knüpft sie an domänenspezifische Modifikationen der Mindset-Messung an und ergänzt das klassische Mindset-Erhebungsinstrument (ITIS) um fachbezogene Begabungs- und Anstrengungsüberzeugungen (vergleichbar mit Limeri (2025); Rehberg (2024)). Dabei zeigen die in der vorliegenden Arbeit vorgestellten Studien, dass dies auch für den Schulkontext ein valides, kontextbezogenes Mindset-Erhebungsinstrument ist, bei dem mögliche Unterschiede in der Intelligenzdefinition der Schüler*innen die Mindset-Messung insbesondere der fachbezogenen Skalen nicht signifikant beeinflussen (vgl. für ähnliche Ergebnisse im Hochschulkontext Diederich & Spatz (2024); Limeri et al. (2020b)). Die Ergebnisse der Mindset-Messungen und daraus resultierenden Mindset-Verteilungen sind replizierbar im Rahmen der hier vorgestellten Studien und die Ergebnisse für den die erwarteten hohen Begabungsüberzeugungen im naturwissenschaftlichen Kontext, insbesondere im Vergleich der genderbezogenen Subgruppen (vgl. dazu Archer et al. (2020); Leslie et al. (2015); Meyer et al. (2015)). Damit bietet der physikbezogene Mindset-Fragebogen einen guten Ausgangspunkt für die weitere fachbezogene Mindset-Forschung im Schulkontext.

Summary

Implicit beliefs of students about the malleability of intelligence and abilities are referred to as mindsets according to C. S. Dweck and they are considered a central factor influencing learning behavior and the way students approach challenges. While students with a fixed mindset assume that intelligence and abilities are stable and unchangeable, a growth mindset reflects the belief that competencies can be developed. Since physics is perceived as a demanding subject and it is characterized by high dropout rates in the upper secondary level, there is a particular interest of research in field-specific mindsets in physics. The aim of the present study is to develop and implement a questionnaire to assess physics-related mindsets, in order to describe their characterizations and distributions, and additionally to investigate the potential promotion of a physics-specific growth mindset through a brief intervention.

In the first part of the study, a physics-related mindset questionnaire was developed based on qualitative and quantitative preliminary work. The final questionnaire contains 15 items across three scales: general intelligence ($\alpha = .803$), giftedness in physics ($\alpha = .807$), and effort in physics ($\alpha = .828$). Overall, the questionnaire meets essential psychometric criteria and is characterized by a low number of items, which facilitates its application in the school context.

To examine mindset distributions, the questionnaire was administered in a cross-sectional survey of over 1600 students from grade 7 to graduation class. Using cluster analysis, four characteristic mindset groups were identified: a physics-related growth mindset, two types of a fixed mindset (one focusing on general intelligence and one on innate physics ability), and a mixed mindset, in which responses could not be clearly assigned to either of the two theories. Based on scale scores, a rule-based classification system was developed to allow straightforward assignment of students. Results show that approximately 45 % of students were classified as having a growth mindset in physics, about 15 % belonged to each of the fixed mindset variants, and roughly a quarter of the participating students were assigned to the mixed mindset. This distribution was replicable across other datasets.

Another focus of the study was on potential differences in mindset distributions depending on grade level and gender. Notably, there was a shift between the first and second year of physics lessons: while around 60 % of students exhibited a growth mindset in grade 7, this proportion decreased in the following year, whereas the proportion of the fixed mindset (giftedness in physics) increased. Furthermore, gender differences emerged in the two fixed mindset variants: boys were more often assigned to the fixed mindset regarding general intelligence, while girls more frequently displayed the fixed mindset focused on physics ability. These findings confirm previously documented subject-specific beliefs in girls in STEM fields, particularly physics (see Archer et al., 2017; 2020).

In the second part of the study, a growth mindset intervention for secondary school physics classes was developed and tested in an exploratory study. The instructional unit, titled “*Train Your Brain for Physics*”, conveys the malleability and trainability of the brain using the “brain-muscle” metaphor and links this to a learning strategy that can be used in physics. The intervention’s effect was examined using the physics-related mindset questionnaire in a pre-post design with $N = 115$ students, with the post-test administered two months after the intervention to capture potential mindset changes rather than immediate manipulation effects. No significant overall effect of the intervention was observed for the full sample. However, students classified as having a fixed mindset in the pre-test showed significantly higher post-test scores on the relevant scales, indicating a shift toward a growth mindset. Due to the exploratory design and absence of a control group, these changes cannot be conclusively attributed to the intervention.

Despite these limitations, the study makes important contributions to research on domain-specific mindsets in the school context. The physics-related mindset questionnaire extends classical assessments of implicit theories of intelligence by including subject-specific ability and effort beliefs. Additionally, the developed physics-specific growth mindset intervention provides a basis for further research on promoting domain-specific growth mindsets in school physics education.

Glossar

ANOVA

Statistisches Verfahren zur Überprüfung, ob sich die Mittelwerte von drei oder mehr Gruppen signifikant voneinander unterscheiden. Es werden die Varianzen innerhalb und zwischen den Gruppen analysiert.

Attributionstheorie

Psychologische Theorie zur Erklärung, wie Menschen Ursachen für Erfolg und Misserfolg wahrnehmen und interpretieren. Diese Ursachenzuschreibungen beeinflussen Motivation, Emotionen und zukünftiges Verhalten.

BRAIN-Strategie

Lernstrategie, die in der Growth-Mindset-Förderung genutzt wird. Das Akronym steht für die verschiedenen Handlungsschritte (Brainstorming, Recherche, Aktiv werden, Immer wieder wiederholen, Nicht aufgeben).

Chi-Quadrat-Test

Nichtparametrischer statistischer Test zur Überprüfung von Zusammenhängen zwischen kategorialen Variablen. Es werden beobachtete mit erwarteten Häufigkeiten verglichen.

Clusteranalyse

Exploratives statistisches Verfahren zur Gruppierung von Fällen anhand ihrer Ähnlichkeit. Ziel ist die Identifikation von (tendenziell wenigen) Gruppen, die in ihrer Merkmalsausprägung weitestgehend homogen sind und dabei gut voneinander abgrenzbar sind.

Cohen's d

Effektstärkemaß zur Quantifizierung der Größe eines Mittelwertunterschieds zwischen zwei Gruppen. Es beschreibt den Unterschied in Standardabweichungseinheiten.

Cronbachs Alpha

Maß zur Bestimmung der internen Konsistenz eines Tests oder Fragebogens. Es gibt an, wie stark die einzelnen Items eines Instruments bzw. einer Skala miteinander zusammenhängen.

Dendrogramm

Grafische Darstellung der Ergebnisse einer hierarchischen Clusteranalyse. Es zeigt, in welcher Reihenfolge und auf welcher Distanz Cluster zusammengeführt werden.

Entitätstheorie

Implizite Theorie, nach der Intelligenz oder Fähigkeiten als stabile und unveränderliche Eigenschaften angesehen werden, wird auch als Fixed Mindset bezeichnet. Sie steht im Gegensatz zur Veränderbarkeitstheorie (Growth Mindset).

E-Phase (Einführungsphase)

Als E-Phase (Einführungsphase) wird das erste Schuljahr der gymnasialen Oberstufe im Bundesland Hessen bezeichnet, das auf die Q-Phase (Qualifikationsphase) vorbereiten und unterschiedliche Bildungsvoraussetzungen ausgleichen soll.

Explorative Faktorenanalyse

Die explorative Faktorenanalyse ist ein statistisches Verfahren zur Dimensionsreduktion, das korrelierte Variablen zu wenigen, übergeordneten Faktoren zusammenfasst, ohne vorherige inhaltliche Hypothesen.

FABs (Field-specific Ability Beliefs)

Fachspezifische Fähigkeitsüberzeugungen, dass Erfolg in bestimmten akademischen Disziplinen Talent oder „Brillianz“ erfordert und nicht durch Anstrengung und Fleiß erreichbar ist.

FIMI (Framework for the Implementation of Mindset Interventions)

FIMI beschreibt den von Burnette et al. (2023) vorgeschlagenen Kriterienkatalog, um die Umsetzungstreue von Mindset-Interventionen zu überprüfen.

Fixed Mindset

Ein Fixed Mindset bezeichnet die impliziten Theorien, die von Intelligenz und Fähigkeiten als stabile, kaum veränderbare Eigenschaften ausgehen (Entitätstheorie).

G8

Struktur des deutschen Gymnasiums mit acht Jahren gymnasialer Schulzeit bis zum Abitur. Die Jahrgangsstufen 5 bis 9 bilden die Sekundarstufe 1, danach beginnt die dreijährige gymnasiale Oberstufe (Sekundarstufe 2).

G9

Struktur des deutschen Gymnasiums mit neun Jahren gymnasialer Schulzeit bis zum Abitur. Die Jahrgangsstufen 5 bis 10 bilden die Sekundarstufe 1, danach beginnt die dreijährige gymnasiale Oberstufe (Sekundarstufe 2).

Grit

Persönlichkeitsmerkmal aus der positiven Psychologie, das Ausdauer und Leidenschaft kombiniert und langfristige Zielverfolgung trotz Schwierigkeiten beschreibt.

Growth Mindset

Ein Growth Mindset bezeichnet die impliziten Überzeugungen, dass Intelligenz und Fähigkeiten durch Anstrengung, Strategien und Lernen weiterentwickelt werden können (Veränderbarkeitstheorie).

Growth Mindset Classroom Culture

An ein Growth Mindset angepasste Unterrichtskultur, die Lernfortschritt und individuelle Entwicklung betont und das Growth Mindset von Schüler*innen fördern kann.

Gütekriterien

Kriterien zur Bewertung der Qualität wissenschaftlicher Messinstrumente. Zu den wichtigsten gehören Objektivität, Reliabilität und Validität.

Implizite Theorien

Subjektive Überzeugungen darüber, ob Eigenschaften wie Intelligenz stabil (Entitätstheorie) oder veränderbar sind (Veränderbarkeitstheorie). Sie beeinflussen Motivation, Lernverhalten und Zielorientierung.

ITIS (Implicit Theories of Intelligence Scale)

Testinstrument zur Erfassung impliziter Theorien über Intelligenz, das in den meisten Studien zum Mindset eingesetzt wird.

Konfirmatorische Faktorenanalyse

Statistisches Verfahren zur Überprüfung, ob eine theoretisch angenommene Faktorenstruktur empirisch durch die Daten bestätigt wird. Sie wird häufig zur Validierung von Messinstrumenten eingesetzt.

Likert-Skala

Antwortskala zur Messung von Einstellungen oder Überzeugungen, mit unterschiedlichen vielen, abgestuften Zustimmungsmöglichkeiten (z. B. sechs Stufen von „stimme gar nicht zu“ bis „stimme voll und ganz zu“).

Manipulations-Check

Überprüfung in experimentellen Studien, ob eine Interventions-Botschaft von den Teilnehmenden tatsächlich wahrgenommen und verstanden wurde.

Muskel-Metapher

Didaktische Metapher zur Erklärung eines Growth Mindsets, bei der das Gehirn bzw. Intelligenz mit einem Muskel verglichen wird, der durch Übung stärker wird.

Neuroplastizität

Fähigkeit des Gehirns, sich durch Lernen und Erfahrungen strukturell und funktionell zu verändern. Sie bildet eine wissenschaftliche Grundlage für Growth-Mindset-Argumentationen.

NSLM (National Study of Learning Mindsets)

US-repräsentative Studie mit Schüler*innen zur Erforschung der Effekte einer standardisierten, kurzen Growth-Mindset-Intervention. Veröffentlicht von Yeager et al. (2019).

PCA (Principal Component Analysis, Hauptkomponentenanalyse)

Statistisches Verfahren, das meist bei der explorativen Faktorenanalyse eingesetzt wird und zur Reduktion von Variablen auf eine kleinere Anzahl von Komponenten (Faktoren) führt.

Post-hoc-Tests

Statistische Tests, die nach einer signifikanten ANOVA durchgeführt werden, um zu bestimmen, zwischen welchen Gruppen konkrete Unterschiede bestehen.

Q-Phase (Qualifikationsphase)

Die letzten zwei Schuljahre im deutschen Gymnasium, in denen Qualifikationsleistungen für die Abiturnote gesammelt werden.

Sankey-Diagramm

Grafische Darstellung von Flüssen oder Übergängen zwischen Kategorien z. B. zu verschiedenen Zeitpunkten, bei der die Breite der Verbindungen proportional zur Größe der Ströme ist.

Selbstbild

Deutschsprachige Übersetzung für Mindsets in der populärwissenschaftlichen Veröffentlichung des Buches „Mindset: The New Psychology of Success“ von C. S. Dweck (2008). Über das Buch hinaus hat sich der Begriff nicht durchgesetzt und es wird insbesondere in der Forschung von Mindsets bzw. impliziten Theorien gesprochen.

Selbstwirksamkeitserwartung

Subjektive Überzeugung, schwierige Aufgaben und Herausforderungen aus eigener Kraft erfolgreich bewältigen zu können. Sie beeinflusst Motivation, Denken und Handeln.

SIB-Effekt (Saying-is-Believing-Effekt)

Der SIB-Effekt beschreibt die Stärkung der individuellen Überzeugung, wenn diese gegenüber anderen Personen vertreten werden soll.

Signifikanz

Statistisches Kriterium dafür, ob ein beobachteter Effekt mit hoher Wahrscheinlichkeit nicht zufällig entstanden ist.

smart-Mindset

Digitale Lernplattform für die Growth-Mindset-Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“: <https://smart-mindset.de> (letzter Zugriff: 08.03.2026)

t-Test

Statistisches Verfahren zum Vergleich der Mittelwerte zweier Gruppen. Es prüft, ob der Unterschied zwischen den Gruppen statistisch signifikant ist.

Talent-Habitus

Soziologisches Konzept, das beschreibt, wie gesellschaftliche Vorstellungen über Talent und Begabung die individuelle Selbstwahrnehmung und Bildungsentscheidungen prägen.

Traits

Relativ stabile Persönlichkeitsmerkmale, die individuelles Verhalten und Erleben über verschiedene Situationen hinweg beeinflussen.

Trennschärfe

Statistisches Maß dafür, wie gut ein einzelnes Item eines Testinstruments bzw. einer Skala eines Testinstruments zwischen Personen mit hoher und niedriger Ausprägung eines Merkmals unterscheiden kann.

Veränderbarkeitstheorie

Implizite Theorie, nach der Intelligenz oder Fähigkeiten als grundsätzlich entwickelbare Eigenschaften angesehen werden, wird auch als Growth Mindset bezeichnet. Sie steht im Gegensatz zur Entitätstheorie (Fixed Mindset).

WARD-Methode

Hierarchisches Clusterverfahren, bei dem Cluster so gebildet werden, dass die Varianz innerhalb der gebildeten Gruppen möglichst gering bleibt.

Wise Interventions

Kurzzeitige psychologische Interventionen, die gezielt auf zentrale psychologische Prozesse abzielen und dadurch langfristige Veränderungen im Verhalten oder Lernen bewirken können.

Zuordnungsregel

Regel oder Kriterium zur Einteilung von Personen oder Fällen in bestimmte Kategorien oder Gruppen, beispielsweise bei Clusteranalysen oder Mindset-Typologien.

Danksagung

Die Zeit der Promotion war für mich eine große Herausforderung und damit, ganz im Sinne eines Growth Mindsets, eine große Wachstumschance. Dass ich in den verschiedenen Stadien dieser Forschungsarbeit meistens den Wachstumsaspekt sehen und schätzen konnte, lag zu einem großen Anteil an meinem Betreuer Thomas Wilhelm. Er hat nicht nur langjährige Erfahrung in der Forschung und einen riesigen Wissensschatz, sondern auch eine besonders respektvolle und wertschätzende Umgangsform. Das hat dazu geführt, dass ich aus jedem Gespräch mit ihm nicht nur inhaltlich sehr gut beraten herausgehen konnte, sondern mich auch immer in meiner persönlichen Entwicklung gesehen und bestärkt gefühlt habe, den nächsten Schritt gehen zu können. Ich bin im zutiefst dankbar für die Begleitung auf diesem Weg.

Eine Promotion mit dem Alltag mit drei Kindern zu verbinden, ist ebenfalls nicht immer einfach gewesen und hat viele unkonventionelle Lösungen gefordert. Gleichzeitig sind meine Kinder Felina, Lio und Mads meine besten Lehrmeister*innen, denen ich viel innere Ruhe und im Moment bleiben verdanke. Und so herausfordernd die Doppelrolle manchmal ist, ich würde sie immer wieder annehmen, weil sie mich so sehr erfüllt. Von Herzen dankbar bin ich auch Kai Goldhorn, meinem Ehemann. Ich könnte mir keinen besseren Lebenskomplizen vorstellen, mit dem ich all die Herausforderungen unseres Alltags meistern und mit dem ich jeden Moment des Zweifels und der Freude so sehr teilen kann.

Auch meiner zweiten Betreuerin Verena Spatz möchte ich an dieser Stelle danken. Sie hat mir nicht nur die Möglichkeit zur Promotion vermittelt, sondern mich auch im Prozess immer mit offener Tür empfangen und jedes Gespräch hat mich inhaltlich weitergebracht und ich habe mich stets bestärkt gefühlt.

Meiner (ehemaligen) Kollegin und Mindset-Verbündeten Jana Rehberg danke ich für all die Gespräche und den Austausch zu fachlichen und weit darüberhinausgehenden, uns verbindenden Themen.

Darüber hinaus möchte ich mich bei all denen bedanken, die mich in der Zeit der Promotion privat und beruflich unterstützt und begleitet haben, meinen Kolleg*innen am IDP, meinen Eltern und Freund*innen. Danke, dass ich immer auf euch zählen kann!

Literaturverzeichnis

- Archer, L., Moote, J., Francis, B., DeWitt, J. & Yeomans, L. (2017). The “Exceptional” Physics Girl: A Sociological Analysis of Multimethod Data From Young Women Aged 10–16 to Explore Gendered Patterns of Post-16 Participation. *American Educational Research Journal*, 54(1), 88–126.
<https://doi.org/10.3102/0002831216678379>
- Archer, L., Moote, J. & MacLeod, E. (2020). Learning that physics is ‘not for me’: Pedagogic work and the cultivation of habitus among advanced level physics students. *Journal of the Learning Sciences*, 29(3), 347–384.
<https://doi.org/10.1080/10508406.2019.1707679>
- Aronson, J., Fried, C. B. & Good, C. (2002). 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.
<https://doi.org/10.1006/jesp.2001.1491>
- Aschbrenner, K. A., Kruse, G., Gallo, J. J. & Plano Clark, V. L. (2022). Applying mixed methods to pilot feasibility studies to inform intervention trials. *Pilot and Feasibility Studies*, 8(1), 217.
<https://doi.org/10.1186/s40814-022-01178-x>
- Atanasova, S., Robin, N. & Brovelli, D. (2023). Genderkompetenz messen – Erfassung der situationsbezogenen Fähigkeiten von Lehrpersonen in Bezug auf genderrelevante Aspekte im Physikunterricht. *Unterrichtswissenschaft*, 51(3), 423–453. <https://doi.org/10.1007/s42010-023-00169-y>
- Atkinson, J. W. (1957). Motivational determinants of risk-taking behavior. *Psychological Review*, 64(6, Pt.1), 359–372.
<https://doi.org/10.1037/h0043445>
- Ba, Y., Ming, W. & Zhang, H. (2025). Unlocking academic success: How growth mindset interventions enhance student performance through self-belief and effort regulation. *Acta Psychologica*, 256, 104977.
<https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.104977>
- Backhaus, K., Erichson, B., Plinke, W. & Weiber, R. (2016). *Multivariate Analysemethoden*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-662-46076-4>
- Bandura, A. (1997). *Self-efficacy: The exercise of control*. (Self-efficacy: The exercise of control.) (S. ix, 604). New York, NY, US: W H Freeman/Times Books/ Henry Holt & Co.

- Bardach, L., Bostwick, K. C. P., Fütterer, T., Kopatz, M., Hobbi, D. M., Klassen, R. M. et al. (2024). A Meta-Analysis on Teachers' Growth Mindset. *Educational Psychology Review*, 36(3), 84.
<https://doi.org/10.1007/s10648-024-09925-7>
- Barnett, A. G. (2004). Regression to the mean: what it is and how to deal with it. *International Journal of Epidemiology*, 34(1), 215–220.
<https://doi.org/10.1093/ije/dyh299>
- Bejjani, C., DePasque, S. & Tricomi, E. (2019). Intelligence mindset shapes neural learning signals and memory. *Biological Psychology*, 146, 107715.
<https://doi.org/10.1016/j.biopsycho.2019.06.003>
- Benneker, I. M. B., Lee, N. C. & Van Atteveldt, N. (2023). Mindset and perceived parental support of autonomy safeguard adolescents' autonomous motivation during COVID-19 home-based learning. *npj Science of Learning*, 8(1), 4.
<https://doi.org/10.1038/s41539-023-00153-2>
- Birk, J. P. & Lawson, A. E. (1999). The Persistence of the Candle-and-Cylinder Misconception. *Journal of Chemical Education*, 76(7), 914. American Chemical Society. <https://doi.org/10.1021/ed076p914>
- Blackwell, L. S., Trzesniewski, K. H. & Dweck, C. S. (2007). Implicit Theories of Intelligence Predict Achievement Across an Adolescent Transition: A Longitudinal Study and an Intervention. *Child Development*, 78(1), 246–263.
<https://doi.org/10.1111/j.1467-8624.2007.00995.x>
- Bortz, J. & Döring, N. (2006). *Forschungsmethoden und Evaluation: für Human- und Sozialwissenschaftler ; mit 87 Tabellen* (Springer-Lehrbuch Bachelor, Master) (4., überarb. Aufl., [Nachdr.]). Heidelberg: Springer-Medizin-Verl.
- Bortz, J. & Schuster, C. (2011). *Statistik für Human- und Sozialwissenschaftler: Limitierte Sonderausgabe* (Springer-Lehrbuch) (7. Aufl. 2010.). Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.
<https://doi.org/10.1007/978-3-642-12770-0>
- Broome, P. (2001). The gender-related influence of implicit self-theories of on's intelligence with regard to academic performance in introductory physics lasses. *Psychologische Beiträge*, 43(1), 100–128.
- Brown, T. A. (2015). *Confirmatory factor analysis for applied research* (Methodology in the social sciences) (Second edition.). New York ; London: The Guilford Press.
- Brück, J. (2018). „Physik muss man nicht nur lernen, sondern auch ver- stehen!“ - *Fachspezifische Mindsets von Schülerinnen und Schülern* [Wissenschaftliche Hausarbeit]. Darmstadt: TU Darmstadt.

- Bruner, J. S. & Tagiuri, R. (1954). The Perception of People. *Handbook of Social Psychology* (2. Auflage, S. 634–654). Cambridge, MA: Addison-Wesley.
<https://doi.org/10.21236/AD0024982>
- Bühner, M. (2021). *Einführung in die Test- und Fragebogenkonstruktion* (Pearson Studium Psychologie) (4., korrigierte und erweiterte Auflage.). München: Pearson.
- Burgoyne, A. P., Hambrick, D. Z. & Macnamara, B. N. (2020). How Firm Are the Foundations of Mind-Set Theory? The Claims Appear Stronger Than the Evidence. *Psychological Science*, 31(3), 258–267.
<https://doi.org/10.1177/0956797619897588>
- Burnette, J. L., Billingsley, J., Banks, G. C., Knouse, L. E., Hoyt, C. L., Pollack, J. M. et al. (2022). A systematic review and meta-analysis of growth mindset interventions: For whom, how, and why might such interventions work? *Psychological Bulletin*. <https://doi.org/10.1037/bul0000368>
- Burnette, J. L., Knouse, L. E., Billingsley, J., Earl, S., Pollack, J. M. & Hoyt, C. L. (2023). A systematic review of growth mindset intervention implementation strategies. *Social and Personality Psychology Compass*, 17(2), e12723.
<https://doi.org/10.1111/spc3.12723>
- Burnette, J. L., O’Boyle, E. H., VanEpps, E. M., Pollack, J. M. & Finkel, E. J. (2013). Mind-sets matter: A meta-analytic review of implicit theories and self-regulation. *Psychological Bulletin*, 139(3), 655–701.
<https://doi.org/10.1037/a0029531>
- Butler, R. (2000). Making judgments about ability: The role of implicit theories of ability in moderating inferences from temporal and social comparison information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 78(5), 965–978.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.78.5.965>
- Butterworth, B., Varma, S. & Laurillard, D. (2011). Dyscalculia: From Brain to Education. *Science*, 332(6033), 1049–1053.
<https://doi.org/10.1126/science.1201536>
- Canning, E. A. & Harackiewicz, J. M. (2015). Teach it, don’t preach it: The differential effects of directly-communicated and self-generated utility–value information. *Motivation Science*, 1(1), 47–71.
<https://doi.org/10.1037/mot0000015>
- Canning, E. A., Muenks, K., Green, D. J. & Murphy, M. C. (2019). STEM faculty who believe ability is fixed have larger racial achievement gaps and inspire less student motivation in their classes. *Science Advances*, 5(2).
<https://doi.org/10.1126/sciadv.aau4734>

- Canning, E. A., Ozier, E., Williams, H. E., AlRasheed, R. & Murphy, M. C. (2022). Professors Who Signal a Fixed Mindset About Ability Undermine Women's Performance in STEM. *Social Psychological and Personality Science*, 13(5), 927–937. <https://doi.org/10.1177/19485506211030398>
- Canning, E. A., White, M. & Davis, W. B. (2024). Growth Mindset Messages from Instructors Improve Academic Performance Among First-Generation College Students. (S. Cotner, Hrsg.) *CBE—Life Sciences Education*, 23(2). <https://doi.org/10.1187/cbe.23-07-0131>
- Chauliac, M., Willems, J., Gijbels, D. & Donche, V. (2023). The prevalence of careless response behaviour and its consequences on data quality in self-report questionnaires on student learning. *Frontiers in Education*, 8, 1197324. <https://doi.org/10.3389/feduc.2023.1197324>
- Chen, J. & Liu, C. (2023). The longitudinal association between children's growth mindset in senior primary school and their parents' growth mindset. *Frontiers in Psychology*, 14. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2023.1110944>
- Chen, L., Chang, H., Rudoler, J., Arnardottir, E., Zhang, Y., De Los Angeles, C. et al. (2022). Cognitive training enhances growth mindset in children through plasticity of cortico-striatal circuits. *npj Science of Learning*, 7(1), 30. <https://doi.org/10.1038/s41539-022-00146-7>
- Chester, D. S. & Lasko, E. N. (2021). Construct Validation of Experimental Manipulations in Social Psychology: Current Practices and Recommendations for the Future. *Perspectives on Psychological Science*, 16(2), 377–395. <https://doi.org/10.1177/1745691620950684>
- Cleff, T. (2015). *Deskriptive Statistik und Explorative Datenanalyse: Eine computergestützte Einführung mit Excel, SPSS und STATA* (3., überarbeitete und ergänzte Auflage.). Wiesbaden: Springer Gabler.
- Combette, L. T., Rotgé, J.-Y., Darnon, C. & Schmidt, L. (2024). Delivering mindset interventions to teachers as an efficient way to leverage the impact of mindset interventions. *Social Psychology of Education*, 27(4), 2093–2109. <https://doi.org/10.1007/s11218-023-09870-3>
- Credé, M., Tynan, M. C. & Harms, P. D. (2017). Much ado about grit: A meta-analytic synthesis of the grit literature. *Journal of Personality and Social Psychology*, 113(3), 492–511. <https://doi.org/10.1037/pspp0000102>

- Cwik, S. & Singh, C. (2022). Not feeling recognized as a physics person by instructors and teaching assistants is correlated with female students' lower grades. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010138>
- De Castella, K. & Byrne, D. (2015). My intelligence may be more malleable than yours: the revised implicit theories of intelligence (self-theory) scale is a better predictor of achievement, motivation, and student disengagement. *European Journal of Psychology of Education*, 30(3), 245–267.
<https://doi.org/10.1007/s10212-015-0244-y>
- Deichsel, G. & Trampisch, H. J. (1985). *Clusteranalyse und Diskriminanzanalyse: 43 Tabellen* (Biometrie). Stuttgart: Fischer.
- Diamond, M. C., Ingham, C. A., Johnson, R. E., Bennett, E. L. & Rosenzweig, M. R. (1976). Effects of environment on morphology of rat cerebral cortex and hippocampus. *Journal of Neurobiology*, 7(1), 75–85.
<https://doi.org/10.1002/neu.480070108>
- Diederich, M. (2024). Die Rolle impliziter Fähigkeitstheorien in der MINT-Studieneingangsphase: Deskriptive Analysen und Beeinflussung durch eine Online-Intervention.
<https://doi.org/10.26083/TUPRINTS-00028673>
- Diederich, M. & Spatz, V. (2024). The Role of Domain-Specific Growth Mindset (Implicit Theories) at the Beginning of STEM University Studies: Comparing New and Old Measures (Challenges in Physics Education). In S. Faletić & J. Pavlin (Hrsg.), *Teaching and Learning Physics Effectively in Challenging Times* (S. 113–127). Cham: Springer Nature Switzerland.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-72541-8_8
- Disabato, D. J., Goodman, F. R. & Kashdan, T. B. (2019). Is grit relevant to well-being and strengths? Evidence across the globe for separating perseverance of effort and consistency of interests. *Journal of Personality*, 87(2), 194–211.
<https://doi.org/10.1111/jopy.12382>
- Duckworth, A. L., Peterson, C., Matthews, M. D. & Kelly, D. R. (2007). Grit: Perseverance and passion for long-term goals. *Journal of Personality and Social Psychology*, 92(6), 1087–1101.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.92.6.1087>
- Duckworth, A. L. & Quinn, P. D. (2009). Development and Validation of the Short Grit Scale (Grit-S). *Journal of Personality Assessment*, 91(2), 166–174.
<https://doi.org/10.1080/00223890802634290>

- Dweck, C. S. (1986). Motivational processes affecting learning. *American Psychologist*, 41(10), 1040–1048.
<https://doi.org/10.1037/0003-066X.41.10.1040>
- Dweck, C. S. (2000). *Self-theories: their role in motivation, personality, and development* (Essays in social psychology). New York London: Psychology Press, Taylor & Francis Group.
- Dweck, C. S. (2008a). *Mindset: the new psychology of success: how we can learn to fulfill our potential: parenting, business, school, relationships*. New York: Ballantinen Books, Random House Publishing Group.
- Dweck, C. S. (2008b). *Mindsets and math/science achievement*. Carnegie Corporation of New York Institute for Advanced Study: Commission on Mathematics and Science Education.
 Verfügbar unter: <https://www.nationalnumeracy.org.uk/research-and-resources/mindsets-and-mathscience-achievement-2008>
- Dweck, C. S., Chiu, C. & Hong, Y. (1995). Implicit Theories and Their Role in Judgments and Reactions: A Word From Two Perspectives. *Psychological Inquiry*, 6(4), 267–285. https://doi.org/10.1207/s15327965pli0604_1
- Dweck, C. S. & Leggett, E. L. (1988). A social-cognitive approach to motivation and personality. *Psychological Review*, 95(2), 256–273.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.95.2.256>
- Dweck, C. S. & Reppucci, N. D. (1973). Learned helplessness and reinforcement responsibility in children. *Journal of Personality and Social Psychology*, 25(1), 109–116. <https://doi.org/10.1037/h0034248>
- Dweck, C. S. & Yeager, D. S. (2019). Mindsets: A View From Two Eras. *Perspectives on Psychological Science*, 14(3), 481–496.
<https://doi.org/10.1177/1745691618804166>
- Field, A. (2018). *Discovering statistics using IBM SPSS statistics* (SAGE edge) (5th edition.). Los Angeles London New Delhi Singapore Washington DC Melbourne: SAGE.
- Finsterwald, M., Schober, B., Jöstl, G. & Spiel, C. (2012). Motivation und Attributionen: Geschlechtsunterschiede und Interventionsmöglichkeiten. In H. Stöger, A. Ziegler & M. Heilemann (Hrsg.), *Mädchen und Frauen in MINT: Bedingungen von Geschlechtsunterschieden und Interventionsmöglichkeiten* (1. Auflage, S. 193–212). Berlin, Münster: LIT Verlag.
- Fishbein, M. & Ajzen, I. (1975). *Belief, attitude, intention and behavior: an introduction to theory and research* (Addison-Wesley series in social psychology). Reading, Mass.: Addison-Wesley.

- Fiske, S. T. & Taylor, S. E. (1991). *Social cognition* (McGraw-Hill series in social psychology) (2nd ed.). New York: McGraw-Hill.
- Fleckenstein, J., Schmidt, F. T. C. & Möller, J. (2014). Wer hat Biss? Beharrlichkeit und beständiges Interesse von Lehramtsstudierenden. Eine deutsche Adaptation der 12-Item Grit Scale. *Psychologie in Erziehung und Unterricht*, 61(4). <https://doi.org/10.2378/peu2014.art22d>
- Foliano, F., Rolfe, H., Buzzeo, J., Runge, J. & Wilkinson, D. (2019). *Changing mindsets: Effectiveness trial*. London, UK: Education Endowment Foundation. Verfügbar unter: <https://niesr.ac.uk/publications/changing-mindsets-effectiveness-trial>
- Francis, B., Archer, L., Moote, J., DeWitt, J., MacLeod, E. & Yeomans, L. (2017). The Construction of Physics as a Quintessentially Masculine Subject: Young People's Perceptions of Gender Issues in Access to Physics. *Sex Roles*, 76(3–4), 156–174. <https://doi.org/10.1007/s11199-016-0669-z>
- French II, R. P. (2016). The fuzziness of mindsets: Divergent conceptualizations and characterizations of mindset theory and praxis. *International Journal of Organizational Analysis*, 24(4), 673–691. <https://doi.org/10.1108/IJOA-09-2014-0797>
- Gasteiger, H., Sachse, K. A., Schumann, K., Gerve, M., Schulz, A. & Engelbert-Kocher, M. (2023). COVID-19-related school closures and mathematical performance—findings from a study with grade 3 students in Germany. *Frontiers in Education*, 8. <https://doi.org/10.3389/educ.2023.1213857>
- Goldhorn, L. (2017). *Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik – eine Interviewstudie* [Wissenschaftliche Hausarbeit]. Darmstadt: TU Darmstadt.
- Goldhorn, L., Wilhelm, T. & Spatz, V. (2020). Mindsets in Physik. Studie zur Veränderbarkeit des fachspezifischen Mindsets. In S. Habig (Hrsg.), *Naturwissenschaftliche Kompetenzen in der Gesellschaft von morgen*, Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung in Wien 2019, Band 40, S. 776–779. <https://gdcp-ev.de/?p=3878>
- Goldhorn, L., Wilhelm, T., & Spatz, V. (2022a). Domain-specific theories of intelligence: How students' mindsets in physics change without interventions. In F. Le Hebel & V. Kind (Hrsg.), *Part Learning science: Cognitive, affective, and social aspects* (S. 161–167). <https://esera2021.org/en/content/eproceedings/conference-proceedings/conf-proceedings.html>

- Goldhorn, L., Wilhelm, T. & Spatz, V. (2022b). Mindsets in Physik nach einem Jahr Lernen unter Pandemie-Bedingungen. In S. Habig (Hrsg.), *Unsicherheit als Element von naturwissenschaftsbezogenen Bildungsprozessen* (Band 42, S. 468–471). Gehalten auf der Gesellschaft für Didaktik der Chemie und Physik, Jahrestagung 2021 online. Verfügbar unter: https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2022/TB2022_468_Goldhorn.pdf
- Goldhorn, L., Wilhelm, T., & Spatz, V. (2023a). Growth Mindset In Physics: Students' Beliefs About Learning Physics in Middle School And How To Foster A Subject Specific Growth Mindset. *International Journal of Innovation in Science and Mathematics Education*, 31(4).
<https://doi.org/10.30722/IJISME.31.04.002>
- Goldhorn, L., Wilhelm, T. & Spatz, V. (2023b). Mach dein Gehirn fit für Physik: eine digitale Lerneinheit zur Förderung des Growth Mindset. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*, Hannover 2023.
Verfügbar unter: <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1330>
- Goldhorn, L., Wilhelm, T., Spatz, V. & Rehberg, J. (2020). Fixed und Growth Mindset: Selbstbilder von Schüler*innen in Physik. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG- Frühjahrstagung*, 1., *PhyDid B - Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*(1), 187–191.
- Gollwitzer, P. M., Heckhausen, H. & Steller, B. (1990). Deliberative and implemental mind-sets: Cognitive tuning toward congruous thoughts and information. *Journal of Personality and Social Psychology*, 59(6), 1119–1127.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.59.6.1119>
- Good, C., Aronson, J. & Inzlicht, M. (2003). Improving adolescents' standardized test performance: An intervention to reduce the effects of stereotype threat. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 24(6), 645–662.
<https://doi.org/10.1016/j.appdev.2003.09.002>
- Gros, C. (2017, November). *Weiterentwicklung eines Fragebogens zu den Mindsets von Schülerinnen und Schülern im Fach Physik* [Wissenschaftliche Hausarbeit]. TU Darmstadt.
- Guo, J., Sun, X. & Tang, X. (2025). Implicit measure of growth mindset: reducing social desirability bias and linking to academic performance. *Social Psychology of Education*, 28(1).
<https://doi.org/10.1007/s11218-025-10125-6>

- Hallingberg, B., Turley, R., Segrott, J., Wight, D., Craig, P., Moore, L. et al. (2018). Exploratory studies to decide whether and how to proceed with full-scale evaluations of public health interventions: a systematic review of guidance. *Pilot and Feasibility Studies*, 4(1).
<https://doi.org/10.1186/s40814-018-0290-8>
- Hand, D. J. (1997). *Construction and assessment of classification rules* (Wiley series in probability and mathematical statistics). Chichester: Wiley.
- Harackiewicz, J. M., Canning, E. A., Tibbetts, Y., Priniski, S. J. & Hyde, J. S. (2016). Closing achievement gaps with a utility-value intervention: Disentangling race and social class. *Journal of Personality and Social Psychology*, 111(5), 745–765. <https://doi.org/10.1037/pspp0000075>
- Hecht, C. A., Bryan, C. J. & Yeager, D. S. (2023a). A values-aligned intervention fosters growth mindset—supportive teaching and reduces inequality in educational outcomes. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(25). <https://doi.org/10.1073/pnas.2210704120>
- Hecht, C. A., Murphy, M. C., Dweck, C. S., Bryan, C. J., Trzesniewski, K. H., Medrano, F. N. et al. (2023b). Shifting the mindset culture to address global educational disparities. *npj Science of Learning*, 8(1).
<https://doi.org/10.1038/s41539-023-00181-y>
- Heise, H. & Godau, U. (2014). *DPG-Studie zur Unterrichtsversorgung im Fach Physik und zum Wahlverhalten der Schülerinnen und Schüler im Hinblick auf das Fach Physik* (Studien der Deutschen Physikalischen Gesellschaft). Bad Honnef: Deutsche Physikalische Gesellschaft.
- Higgins, E. T. & Rholes, W. S. (1978). “Saying is believing”: Effects of message modification on memory and liking for the person described. *Journal of Experimental Social Psychology*, 14(4), 363–378.
[https://doi.org/10.1016/0022-1031\(78\)90032-X](https://doi.org/10.1016/0022-1031(78)90032-X)
- Hong, Y., Chiu, C., Dweck, C. S., Lin, D. M.-S. & Wan, W. (1999). Implicit theories, attributions, and coping: A meaning system approach. *Journal of Personality and Social Psychology*, 77(3), 588–599.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.77.3.588>
- Hu, L. & Bentler, P. M. (1999). Cutoff criteria for fit indexes in covariance structure analysis: Conventional criteria versus new alternatives. *Structural Equation Modeling: A Multidisciplinary Journal*, 6(1), 1–55.
<https://doi.org/10.1080/10705519909540118>

- Huber, S. G., Günther, P. S., Schneider, N., Helm, C., Schwander, M., Schneider, J. et al. (2020). *COVID-19 und aktuelle Herausforderungen in Schule und Bildung: Erste Befunde des Schul-Barometers in Deutschland, Österreich und der Schweiz* (1st ed.). Münster: Waxmann.
- Hulleman, C. & Barron, K. (2015). Motivation interventions in education: Bridging theory, research, and practice. In L. Corno & E.M. Anderman (Hrsg.), *Handbook of Educational Psychology: Third Edition* (3. Auflage.). Taylor & Francis.
- Hulleman, C. S. & Cordray, D. S. (2009). Moving From the Lab to the Field: The Role of Fidelity and Achieved Relative Intervention Strength. *Journal of Research on Educational Effectiveness*, 2(1), 88–110.
<https://doi.org/10.1080/19345740802539325>
- Jenifer, J. B., Jaxon, J., Levine, S. C. & Cimpian, A. (2024). “You need to be super smart to do well in math!” Young children’s field-specific ability beliefs. *Developmental Science*, 27(1).
<https://doi.org/10.1111/desc.13429>
- Kalender, Z. Y., Marshman, E., Schunn, C. D., Nokes-Malach, T. J. & Singh, C. (2022). Framework for unpacking students’ mindsets in physics by gender. *Physical Review Physics Education Research*, 18(1).
<https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.18.010116>
- Kandel, E. R., Schwartz, J. H., Jessell, T. M., Siegelbaum, S. A. & Huspeth, A. J. (2013). *Principles of neural science* (5th ed.). New York: McGraw-Hill medical.
- Karmiloff-Smith, A. (2009). Nativism versus neuroconstructivism: Rethinking the study of developmental disorders. *Developmental Psychology*, 45(1), 56–63.
<https://doi.org/10.1037/a0014506>
- Kenthirarajah, D. (Toni) & Walton, G. M. (2015). How Brief Social-Psychological Interventions Can Cause Enduring Effects. In R.A. Scott & S.M. Kosslyn (Hrsg.), *Emerging Trends in the Social and Behavioral Sciences* (1. Auflage, S. 1–15). Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781118900772.etrds0026>
- Kim, M. & Park, S. (2021). Growth of fixed mindset from elementary to middle school: Its relationship with trajectories of academic behavior engagement and academic achievement. *Psychology in the Schools*, 58(11), 2175–2188.
<https://doi.org/10.1002/pits.22583>
- Kristjansson, A. L., Sigfusdottir, I. D., Sigfusson, J. & Allegrante, J. P. (2014). Self-Generated Identification Codes in Longitudinal Prevention Research with Adolescents: A Pilot Study of Matched and Unmatched Subjects. *Prevention Science*, 15(2), 205–212. <https://doi.org/10.1007/s11121-013-0372-z>

- Lam, K. K. L. & Zhou, M. (2025). A Meta-analysis of the relationship between growth mindset and grit. *Acta Psychologica*, 255, 104872. <https://doi.org/10.1016/j.actpsy.2025.104872>
- Lee, H. R., Santana, L. M., McPartlan, P. & Eccles, J. S. (2023). Components of engagement in saying-is-believing exercises. *Current Psychology*, 42(17), 14903–14918. <https://doi.org/10.1007/s12144-022-02782-z>
- Leslie, S.-J., Cimpian, A., Meyer, M. & Freeland, E. (2015). Expectations of brilliance underlie gender distributions across academic disciplines. *Science*, 347(6219), 262–265. <https://doi.org/10.1126/science.1261375>
- Li, C.-H. (2016). Confirmatory factor analysis with ordinal data: Comparing robust maximum likelihood and diagonally weighted least squares. *Behavior Research Methods*, 48(3), 936–949. <https://doi.org/10.3758/s13428-015-0619-7>
- Limeri, L. B. (2025). Intelligence in Context: A Context-specific Mindset Measure Better Predicts Outcomes for Science and Math Undergraduates. (R. Nehm, Hrsg.) *CBE—Life Sciences Education*, 24(1). <https://doi.org/10.1187/cbe.24-09-0229>
- Limeri, L. B., Carter, N. T., Choe, J., Harper, H. G., Martin, H. R., Benton, A. et al. (2020a). Growing a growth mindset: characterizing how and why undergraduate students' mindsets change. *International Journal of STEM Education*, 7(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-020-00227-2>
- Limeri, L. B., Choe, J., Harper, H. G., Martin, H. R., Benton, A. & Dolan, E. L. (2020b). Knowledge or Abilities? How Undergraduates Define Intelligence. (J. Schinske, Hrsg.) *CBE—Life Sciences Education*, 19(1). <https://doi.org/10.1187/cbe.19-09-0169>
- Lin-Siegler, X., Ahn, J. N., Chen, J., Fang, F.-F. A. & Luna-Lucero, M. (2016). 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. <https://doi.org/10.1037/edu0000092>
- Locks, A. M., Mendoza, R. & Carter, D. F. (2023). *Debunking the Grit Narrative in Higher Education: Drawing on the Strengths of African American, Asian American, Pacific Islander, Latinx, and Native American Students* (1. Auflage). New York: Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003332497>
- Macnamara, B. N. & Burgoyne, A. P. (2023). Do growth mindset interventions impact students' academic achievement? A systematic review and meta-analysis with recommendations for best practices. *Psychological Bulletin*, 149(3–4), 133–173. <https://doi.org/10.1037/bul0000352>

- Magee, J. C. & Grienberger, C. (2020). Synaptic Plasticity Forms and Functions. *Annual Review of Neuroscience*, 43(1), 95–117.
<https://doi.org/10.1146/annurev-neuro-090919-022842>
- Malespina, A., Schunn, C. D. & Singh, C. (2022). Whose ability and growth matter? Gender, mindset and performance in physics. *International Journal of STEM Education*, 9(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-022-00342-2>
- Merzyn, G. (2010). Kurswahlen in der gymnasialen Oberstufe. Leistungskurs Physik, Chemie, Mathematik. *PhyDid B - Didaktik Der Physik - Beiträge Zur DPG-Frühjahrstagung*. Gehalten auf der DPG-Frühjahrstagung, Hannover.
- Meyer, M., Cimpian, A. & Leslie, S.-J. (2015). Women are underrepresented in fields where success is believed to require brilliance. *Frontiers in Psychology*, 6.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2015.00235>
- Mindset Works. (2008). *Brainology: Transforming students' motivation to learn. Curriculum guide for parents*. Mindset Works.
- Mojena, R. (1977). Hierarchical grouping methods and stopping rules: an evaluation. *The Computer Journal*, 20(4), 359–363.
<https://doi.org/10.1093/comjnl/20.4.359>
- Moser, J. S., Schroder, H. S., Heeter, C., Moran, T. P. & Lee, Y.-H. (2011). Mind Your Errors: Evidence for a Neural Mechanism Linking Growth Mind-Set to Adaptive Posterror Adjustments. *Psychological Science*, 22(12), 1484–1489.
<https://doi.org/10.1177/0956797611419520>
- Mrazek, A. J., Ihm, E. D., Molden, D. C., Mrazek, M. D., Zedelius, C. M. & Schooler, J. W. (2018). Expanding minds: Growth mindsets of self-regulation and the influences on effort and perseverance. *Journal of Experimental Social Psychology*, 79, 164–180. <https://doi.org/10.1016/j.jesp.2018.07.003>
- Mueller, C. M. & Dweck, C. S. (1998). Praise for intelligence can undermine children's motivation and performance. *Journal of Personality and Social Psychology*, 75(1), 33–52.
<https://doi.org/10.1037/0022-3514.75.1.33>
- Murphy, M., Fryberg, S., Brady, L., Canning, E. & Hecht, C. (2021). Global Mindset Initiative Paper 1: Growth Mindset Cultures and Teacher Practices. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3911594>
- Nicholls, J. G. (1984). Achievement motivation: Conceptions of ability, subjective experience, task choice, and performance. *Psychological Review*, 91(3), 328–346. <https://doi.org/10.1037/0033-295X.91.3.328>

- Nummela Caine, R. & Caine, G. (1999). *Making connections: teaching and the human brain* (Innovative learning publications) (reprint.). Menlo Park, Calif: Addison-Wesley Pub. Co.
- OECD. (2019). *PISA 2018 Results (Volume III): What School Life Means for Students' Lives* (PISA). OECD Publishing.
<https://doi.org/10.1787/acd78851-en>
- Paunesku, D., Walton, G. M., Romero, C., Smith, E. N., Yeager, D. S. & Dweck, C. S. (2015). Mind-Set Interventions Are a Scalable Treatment for Academic Underachievement. *Psychological Science*, 26(6), 784–793.
<https://doi.org/10.1177/0956797615571017>
- Plappert, D. (2012). „Alles klar! Der Sauerstoff verschwindet, das Wasser steigt!“ - Irrwege und Wege der naturwissenschaftlichen Bildung vom Kindergarten- bis ins Erwachsenenalter. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 61(4), 4–49.
- Plappert, D. (2016). Neues zum Kerzenversuch. *PdN PHYSIK in der Schule*, 65(3), 44–46.
- Platte, D., Xu, K. M. & De Groot, R. H. M. (2025). The Effect of Fostering a Growth Mindset in Primary School Children: Does Intervention Approach Matter? *Education Sciences*, 15(3).
<https://doi.org/10.3390/educsci15030327>
- Plomin, R. & Kawakami, K. (2026). Nurture and nonshared environment in cognitive development. *Psychological Review*, 133(1), 187–196.
<https://doi.org/10.1037/rev0000551>
- Plomin, R. & Von Stumm, S. (2018). The new genetics of intelligence. *Nature Reviews Genetics*, 19(3), 148–159.
<https://doi.org/10.1038/nrg.2017.104>
- Polderman, T. J. C., Benyamin, B., De Leeuw, C. A., Sullivan, P. F., Van Bochoven, A., Visscher, P. M. et al. (2015). Meta-analysis of the heritability of human traits based on fifty years of twin studies. *Nature Genetics*, 47(7), 702–709.
<https://doi.org/10.1038/ng.3285>
- Porter, S. R. (2004). Raising response rates: What works? *New Directions for Institutional Research*, 2004(121), 5–21.
<https://doi.org/10.1002/ir.97>
- Porter, T., Catalán Molina, D., Cimpian, A., Roberts, S., Fredericks, A., Blackwell, L. S. et al. (2022). Growth-Mindset Intervention Delivered by Teachers Boosts Achievement in Early Adolescence. *Psychological Science*, 33(7), 1086–1096.
<https://doi.org/10.1177/09567976211061109>

- Rehberg, J. M. (2024). *Das physikspezifische Mindset zum Studienbeginn: Fragebogenentwicklung und Aufbau einer Online-Intervention*. Logos Verlag Berlin. <https://doi.org/10.30819/5850>
- Rissanen, I., Kuusisto, E., Tuominen, M. & Tirri, K. (2019). In search of a growth mindset pedagogy: A case study of one teacher's classroom practices in a Finnish elementary school. *Teaching and Teacher Education*, 77, 204–213. <https://doi.org/10.1016/j.tate.2018.10.002>
- Robins, R. W. & Pals, J. L. (2002). Implicit Self-Theories in the Academic Domain: Implications for Goal Orientation, Attributions, Affect, and Self-Esteem Change. *Self and Identity*, 1(4), 313–336. <https://doi.org/10.1080/15298860290106805>
- Roediger, H. L. & Karpicke, J. D. (2006). Test-Enhanced Learning: Taking Memory Tests Improves Long-Term Retention. *Psychological Science*, 17(3), 249–255. <https://doi.org/10.1111/j.1467-9280.2006.01693.x>
- Rosenzweig, M. R., Bennett, E. L. & Diamond, M. C. (1972). Brain Changes in Response to Experience. *Scientific American*, 226(2), 22–29. <https://doi.org/10.1038/scientificamerican0272-22>
- Schermelleh-Engel, K., Moosbrugger, H. & Müller, H. (2003). Evaluating the Fit of Structural Equation Models: Tests of Significance and Descriptive Goodness-of-Fit Measures. Department of Psychology - University of Koblenz-Landau. <https://doi.org/10.23668/PSYCHARCHIVES.12784>
- Schlichting, H. J. (1994). Die Kerzenpumpe. *Praxis der Naturwissenschaften - Physik in der Schule*, 43(4), 12–15.
- Schmidt, F. T. C., Fleckenstein, J., Retelsdorf, J., Eskreis-Winkler, L. & Möller, J. (2019). Measuring Grit: A German Validation and a Domain-Specific Approach to Grit. *European Journal of Psychological Assessment*, 35(3), 436–447. <https://doi.org/10.1027/1015-5759/a000407>
- Schneewind, K. A. & Pausch, H.-P. (1990). Entwicklung des Multidimensionalen Bereichsspezifischen Attributionsfragebogens für Kinder und Jugendliche (MBAF-K). *Zeitschrift für Pädagogische Psychologie*, 4(2), 97–104.
- Schneider, R., Sachse, K. A., Schipolowski, S. & Enke, F. (2021). Teaching in Times of COVID-19: The Evaluation of Distance Teaching in Elementary and Secondary Schools in Germany. *Frontiers in Education*, 6. <https://doi.org/10.3389/educ.2021.702406>
- Schwamberger, T. M. (2017). *MINDSETS von Schülerinnen und Schülern im Unterrichtsfach Physik – eine Interviewstudie* [Wissenschaftliche Hausarbeit]. Universität Wien.

- Sheffler, P. & Cheung, C. S. (2024). Growth mindset and social comparison effects in a peer virtual learning environment. *Social Psychology of Education*, 27(2), 493–521. <https://doi.org/10.1007/s11218-023-09850-7>
- Shively, R. L. & Ryan, C. S. (2013). Longitudinal changes in college math students' implicit theories of intelligence. *Social Psychology of Education*, 16(2), 241–256. <https://doi.org/10.1007/s11218-012-9208-0>
- Sik, K., Cummins, J. & Job, V. (2024). An implicit measure of growth mindset uniquely predicts post-failure learning behavior. *Scientific Reports*, 14(1), 3761. <https://doi.org/10.1038/s41598-024-52916-5>
- Sisk, V. F., Burgoyne, A. P., Sun, J., Butler, J. L. & Macnamara, B. N. (2018). To What Extent and Under Which Circumstances Are Growth Mind-Sets Important to Academic Achievement? Two Meta-Analyses. *Psychological Science*, 29(4), 549–571. <https://doi.org/10.1177/0956797617739704>
- Spatz, V. & Goldhorn, L. (2021). When It's More Difficult, I Just Cram More! An Exploratory Interview Study on Students' Mindsets in Physics. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 9(3), 92–109. <https://doi.org/10.30935/scimath/10948>
- Spatz, V. & Hopf, M. (2017). Erhebungsinstrument zu den Mindsets von Lernenden im Fach Physik oder: „Albert Einstein – der war schon so ein bisschen begabt...“. In C. Maurer (Hrsg.), *Implementation fachdidaktischer Innovation im Spiegel von Forschung und Praxis* (S. 344–347). Jahrestagung der GDGP in Zürich 2016. Verfügbar unter: https://gdcp-ev.de/wp-content/tb2017/TB2017_344_Tobias.pdf
- Stefes, T. (2024). Data Quality of Different Modes of Supervision in Classroom Surveys. *Education Sciences*, 14(3). <https://doi.org/10.3390/educsci14030299>
- Sun, X., Nancekivell, S., Gelman, S. A. & Shah, P. (2021). Perceptions of the malleability of fluid and crystallized intelligence. *Journal of Experimental Psychology: General*, 150(5), 815–827. <https://doi.org/10.1037/xge0000980>
- Sweatt, J. D. (2016). Neural plasticity and behavior – sixty years of conceptual advances. *Journal of Neurochemistry*, 139(S2), 179–199. <https://doi.org/10.1111/jnc.13580>
- Tabachnick, B. G. & Fidell, L. S. (2019). *Using multivariate statistics* (Always learning) (Seventh edition.). New York, NY: Pearson.

- Vera, F., Rivera, R. & Núñez, C. (2011). Burning a Candle in a Vessel, a Simple Experiment with a Long History. *Science & Education*, 20(9), 881–893.
<https://doi.org/10.1007/s11191-011-9337-4>
- Voss, T. & Wittwer, J. (2020). Unterricht in Zeiten von Corona: Ein Blick auf die Herausforderungen aus der Sicht von Unterrichts- und Instruktionsforschung. *Unterrichtswissenschaft*, 48(4), 601–627.
<https://doi.org/10.1007/s42010-020-00088-2>
- Walton, G. M. (2014). The New Science of Wise Psychological Interventions. *Current Directions in Psychological Science*, 23(1), 73–82.
<https://doi.org/10.1177/0963721413512856>
- Walton, G. M. & Wilson, T. D. (2018). Wise interventions: Psychological remedies for social and personal problems. *Psychological Review*, 125(5), 617–655.
<https://doi.org/10.1037/rev0000115>
- Weiner, B. (1979). A theory of motivation for some classroom experiences. *Journal of Educational Psychology*, 71(1), 3–25.
<https://doi.org/10.1037/0022-0663.71.1.3>
- Weiner, B. (1985). An attributional theory of achievement motivation and emotion. *Psychological Review*, 92(4), 548–573.
<https://doi.org/10.1037/0033-295X.92.4.548>
- Welberg, J., Schneider, A.-K., Laumann, D. & Heinicke, S. (2025). Zusammenhang zwischen Gender, empathisierender sowie systematisierender Denkweise und dem Fachinteresse sowie der Kurswahl in der Sekundarstufe II von Lernenden im Fach Physik. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 31(1).
<https://doi.org/10.1007/s40573-024-00176-1>
- Wigfield, A. & Eccles, J. S. (2000). Expectancy–Value Theory of Achievement Motivation. *Contemporary Educational Psychology*, 25(1), 68–81.
<https://doi.org/10.1006/ceps.1999.1015>
- Winkelmann, J., Freese, M. & Strömmer, T. (2021). Schwierigkeitserzeugende Merkmale im Physikunterricht. *Progress in Science Education (PriSE)*, 6-23 Pages. Progress in Science Education (PriSE).
<https://doi.org/10.25321/PRISE.2022.1168>
- Yeager, D. S., Carroll, J. M., Buontempo, J., Cimpian, A., Woody, S., Crosnoe, R. et al. (2022). Teacher Mindsets Help Explain Where a Growth-Mindset Intervention Does and Doesn't Work. *Psychological Science*, 33(1), 18–32.
<https://doi.org/10.1177/09567976211028984>

- Yeager, D. S. & Dweck, C. S. (2020). What can be learned from growth mindset controversies? *American Psychologist*, 75(9), 1269–1284.
<https://doi.org/10.1037/amp0000794>
- Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C. et al. (2019). A national experiment reveals where a growth mindset improves achievement. *Nature*, 573(7774), 364–369.
<https://doi.org/10.1038/s41586-019-1466-y>
- Yeager, D. S., Romero, C., Paunesku, D., Hulleman, C. S., Schneider, B., Hinojosa, C. et al. (2016). 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.
<https://doi.org/10.1037/edu0000098>
- Yeager, D. S. & Walton, G. M. (2011). Social-Psychological Interventions in Education: They're Not Magic. *Review of Educational Research*, 81(2), 267–301. <https://doi.org/10.3102/0034654311405999>
- Yu, J., Kreijkes, P. & Salmela-Aro, K. (2022). Students' growth mindset: Relation to teacher beliefs, teaching practices, and school climate. *Learning and Instruction*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2022.101616>
- Zeeb, H., Ostertag, J. & Renkl, A. (2020). Towards a Growth Mindset Culture in the Classroom: Implementation of a Lesson-Integrated Mindset Training. *Education Research International*, 2020, 1–13.
<https://doi.org/10.1155/2020/8067619>
- Zeng, H. (2025). Neural Correlates of Growth Mindset: A Scoping Review of Brain-Based Evidence. *Brain Sciences*, 15(2), 200.
<https://doi.org/10.3390/brainsci1502020>

Abbildungsverzeichnis

Abbildung 4.1: Der erste Abschnitt des Fragebogens in der Pilotierungsversion mit der Anleitung zur Erstellung eines sechsstelligen Codes, der eine anonymisierte Zuordnung der Schüler*innenantworten ermöglicht, sowie den soziodemographischen Angaben.....	42
Abbildung 4.2: Scree-Plot der Eigenwerte für die Hauptkomponentenanalyse mit allen 46 Items des Fragebogens für die Pilotierungsstudie.	46
Abbildung 4.3: Scree-Plot der Eigenwerte für die Hauptkomponentenanalyse der 28 Mindset-Items.	51
Abbildung 5.4: Scree-Plot für die Teilgruppe N_{EFA} . Die absteigend sortierten Eigenwerte zeigen zwei Knicks, bei Faktor 2 und insbesondere bei Faktor 5.	67
Abbildung 5.5: Visuelle Darstellung der Korrelationen (zweiseitig nach Pearson, $p < .001$) zwischen den drei Skalen Allgemeine Intelligenz, Begabung in Physik und Anstrengung in Physik für den Teildatensatz $N_{KFA}=772$. Es zeigen sich deutliche Zusammenhänge zwischen den drei Skalen, insbesondere zwischen den zwei physikbezogenen Skalen ($r_{BA} = .74$).	72
Abbildung 5.6: Visuelle Darstellung der Korrelationen (zweiseitig nach Pearson, $p < .001$) zwischen den drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i> . Es zeigt sich ein deutlicher Zusammenhang der zwei physikbezogenen Skalen ($r = .058$) und jeweils ein mäßiger Zusammenhang zur Skala <i>Allgemeine Intelligenz</i>	74
Abbildung 5.7: Ausschnitt aus dem Dendrogramm der hierarchischen Clusteranalyse mit dem Single-Linkage-Verfahren, um Ausreißer im Datensatz, hier die Identifikationsnummern 302, 34 und 842 zu identifizieren.	81
Abbildung 5.8: Scree-Plot zur Bestimmung der Cluster-Anzahl. Aufgetragen ist die Differenz der Koeffizienten (Heterogenitätsmaße), um plötzliche Änderungen des Heterogenitätsmaßes zu identifizieren, wie hier bei der Cluster-Anzahl 4.....	82
Abbildung 5.9: Gruppiertes Boxplot-Diagramm zur Visualisierung der Vier-Cluster-Lösung. Es werden die Skalen Allgemeine Intelligenz, Begabung in Physik und Anstrengung in Physik mit z-transformierten Werten in vier Gruppen (= Clustern) aufgetragen.	84
Abbildung 5.10: Visualisierung der Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben haben, sortiert nach den Jahrgangsstufen von der 7. Jahrgangsstufe bis zur Q-Phase ($N = 1561$).	88
Abbildung 5.11: Visualisierung der Verteilungen für die Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset) nach Jahrgangsstufen	

sortiert, für die Stichprobe der Schüler*innen, die ein Gymnasium besuchen (N = 900).	90
Abbildung 5.12: Prozentualer Anteil der Schüler*innen in verschiedenen Jahrgangsstufen, die in der Clusteranalyse dem Fixed Mindset (Physikbegabung) zugeordnet werden, sortiert nach Mädchen (gelb) und Jungen (grau).....	91
Abbildung 5.13: Prozentualer Anteil der Schüler*innen in verschiedenen Jahrgangsstufen, die in der Clusteranalyse dem Growth Mindset zugeordnet werden, sortiert nach Mädchen (gelb) und Jungen (grau).	91
Abbildung 5.14: Gruppiertes Boxplot-Diagramm zur Visualisierung der Merkmalsausprägung der vier Cluster Fixed Mindset (Intelligenz), Fixed Mindset (Begabung), Mixed Mindset und Growth Mindset.	94
Abbildung 5.15: Flussdiagramm zur Visualisierung der regelbasierten Zuordnung zu einer Mindset-Ausprägung auf Basis der Skalenwerte für die Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> (I), <i>Begabung in Physik</i> (B) und <i>Anstrengung in Physik</i> (A), sowie deren Summe.	95
Abbildung 5.16: Prozentualer Anteil der Schüler*innen, die dem Fixed Mindset (Physikbegabung) in den verschiedenen Jahrgangsstufen zugeordnet werden. Dabei werden die Datensätze von 2021 (gelb) und 2019/2020 (grau) verglichen.	100
Abbildung 6.1: Übersichts-Screenshot zum Online-Kurs zur Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“. Links ist die Navigationsleiste mit den verschiedenen Kurselementen.	129
Abbildung 6.2: Screenshot aus der digitalen Umsetzung der Lerneinheit zur Verdeutlichung visueller Effekte. Die Ausrufezeichen an den Piktogrammen können angeklickt werden und es öffnet sich eine Sprechblase mit weiteren Informationen.	130
Abbildung 6.3: Beispiel für die Rückmeldung auf eine beantwortete Quiz-Frage in der digitalen Umsetzung der Lerneinheit. Es erscheint ein Fenster mit dem Feedback, hier in grün, da die gewählte Antwort richtig ist.	131
Abbildung 7.4: Vergleich der prozentualen Verteilung der Schüler*innenantworten für das Item „An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.“ zu Beginn der Lerneinheit (oben) und am Ende der Lerneinheit (unten).....	138
Abbildung 7.5: Sankey-Diagramm zur Visualisierung der Veränderungen im Antwortverhalten der Schüler*innen (N = 109). Die Schüler*innen können zwischen vier Antwortmöglichkeiten (1: „stimme gar nicht zu“ bis 4: „stimme voll und ganz zu“) wählen, die Verteilung zu Beginn der Lerneinheit ist links im Diagramm gezeigt, die Verteilung am Ende auf der rechten Seite.	139
Abbildung 7.6: Verteilung der Schüler*innenantworten bei der SIB-Übung in verschiedene Kategorien. Die Kategorie Mindset-Botschaft wird	

	noch weiter aufgeteilt in zwei Gruppen, die entweder nur den „Gehirn trainieren“-Aspekt aufgreifen oder das Konzept „Neuroplastizität“ erklären.	141
Abbildung 7.7:	Visualisierung der Veränderungen der Mindset-Verteilungen zwischen Pre- und Post-Test. Links ist die Verteilung des Pre- Tests angegeben, rechts die Verteilung des Post-Tests. Die Verbindungsbalken zeigen das Wechselverhalten der Schüler*innen zwischen den Testzeitpunkten an.	143

Tabellenverzeichnis

Tabelle 2.1.1: Exemplarische Darstellung einiger typischerweise auftretenden Kombinationen von Attributionen nach Weiner (1979) und den daraus entstehenden motivationalen Folgen im Lernprozess.....	8
Tabelle 4.3.1: Zusammensetzung nach Jahrgangsstufen der N = 244 Schüler*innen, die an der Pilotierungsstudie teilgenommen haben.	41
Tabelle 4.4.1: Eigenwerte und erklärte Gesamtvarianz für die ersten sieben Faktoren der Hauptkomponentenanalyse mit allen 46 Items des Fragebogens.....	45
Tabelle 4.4.2: Rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in elf Iterationen konvergiert, kleine Koeffizienten ($< .30$) sind für die bessere Lesbarkeit nicht dargestellt.	47
Tabelle 4.4.3: Eigenwerte und erklärte Gesamtvarianz für die ersten sieben Faktoren.	50
Tabelle 4.4.4: Rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse, Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normalisierung. Die Rotation ist in acht Iterationen konvergiert, kleine Koeffizienten ($< .30$) sind für die bessere Lesbarkeit nicht dargestellt.....	52
Tabelle 4.4.5: Item-Skala-Statistiken für den Faktor 1 mit korrigierter Item-Skala-Korrelation (Trennschärfe) und dem Einfluss auf das Cronbachs Alpha als Maß für die Reliabilität der Skala, wenn das Item weggelassen wird (Cronbachs Alpha für alle acht Items: .811).....	54
Tabelle 4.4.6: Übersicht über die in Faktor 1 enthaltenen Items.....	55
Tabelle 4.4.7: Korrigierte Item-Skala-Statistiken für die fünf verbleibenden Items aus Faktor 1 (Cronbachs Alpha für alle fünf Items: .883).....	55
Tabelle 4.4.8: Auflistung der verbleibenden Items nach der Reliabilitätsanalyse der 4-Faktoren-Lösung.	57
Tabelle 4.4.9: Reliabilitätswerte (Cronbachs Alpha) der nach Schmidt et al. (2019) erwarteten Subskalen der Grit-Scale. Die Subskalen konnten im vorliegenden Datensatz nicht bestätigt werden.	60
Tabelle 5.2.1: Zusammensetzung der Stichprobe für die Querschnittserhebung nach Jahrgangsstufen. Es liegen gültige Antworten von N = 1598 Schüler*innen vor.....	64
Tabelle 5.2.2: Zusammensetzung der Stichprobe nach Schulform. Es liegen gültige Antworten für die Schulform von N = 1586 Schüler*innen vor.....	65
Tabelle 5.3.1: Rotierte Komponentenmatrix der Hauptkomponentenanalyse (Rotationsmethode Varimax mit Kaiser-Normalisierung) der Stichprobe NEFA. Die Rotation ist in 11 Iterationen konvergiert, kleine Koeffizienten ($< .30$) sind für die bessere Lesbarkeit nicht dargestellt.....	68

Tabelle 5.3.2: Item-Skala-Statistiken für den Faktor 1 der Hauptkomponentenanalyse mit der Stichprobe N_{EFA} , Gesamtreliabilität $\alpha_C = .865$.	69
Tabelle 5.3.3: Reliabilitäten für die drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i> mit der Stichprobe N_{EFA} .	70
Tabelle 5.3.4: Übersicht der (robusten) Fit-Indizes der konfirmatorischen Faktorenanalyse mit dem Teildatensatz $N_{KFA}=772$.	71
Tabelle 5.4.1: Reliabilitäten für die drei Skalen des Mindset-Fragebogens bei Verwendung des gesamten Datensatzes mit $N = 1605$ gültig ausgefüllten Fragebögen.	73
Tabelle 5.4.2: Minimum, Maximum, Mittelwert und Standardabweichung der drei Skalen. Das Wertespektrum geht von 1 bis 6, wobei niedrige Skalenwerte eher einem Fixed Mindset und höhere Skalenwerte eher einem Growth Mindset entsprechen.	74
Tabelle 5.4.3: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) für die drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i> , sortiert nach Jahrgangsstufen.	76
Tabelle 5.4.4: Mittelwerte (M) und Standardabweichung (SD) für die drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i> , sortiert nach der von den Schüler*innen gewählten Genderbezeichnung männlich und weiblich.	78
Tabelle 5.5.1: Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben, sortiert nach den Gruppen Jungen ($N = 812$) und Mädchen ($N = 755$).	86
Tabelle 5.5.2: Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben haben, sortiert nach den Jahrgangsstufen von der 7. Jahrgangsstufe bis zur Q-Phase ($N = 1561$).	87
Tabelle 5.5.3: Verteilung der vier Mindset-Typen (Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset), die sich aus der Clusteranalyse ergeben haben, sortiert nach den Jahrgangsstufen von der 7. Jahrgangsstufe bis zur Q-Phase. In dieser Stichprobe sind nur die Schüler*innen berücksichtigt, die ein Gymnasium besuchen ($N = 900$).	89
Tabelle 5.6.1: Skalenmittelwerte (M) und Standardabweichungen (SD), minimale und maximale Werte und die Summe der Skalenmittelwerte für die vier Cluster Fixed Mindset (Allg. Intelligenz), Fixed Mindset (Physikbegabung), Mixed Mindset und Growth Mindset.	93
Tabelle 5.6.2: Vergleich der Mindset-Verteilungen für die Gruppen Mädchen und Jungen, wie sie auf Basis der Zuordnungsregel und der Clusteranalyse (Zahl in Klammern) zustande kommen.	97

Tabelle 5.7.1: Mindset-Verteilungen für die N = 351 Schüler*innen sortiert nach Jahrgangsstufen.	100
Tabelle 5.9.1: Mindset-Verteilungen in Abhängigkeit von der Intelligenz-Definition. Die Schüler*innenzahlen sind jeweils in Klammern angegeben.	109
Tabelle 5.9.2: Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i> in Abhängigkeit von der Intelligenzdefinition der Schüler*innen, wobei höhere Werte eher einem Growth Mindset entsprechen.	110
Tabelle 7.2.1: Zusammensetzung der Stichprobe für die Interventionsstudie, sortiert nach Jahrgangsstufen.	134
Tabelle 7.2.2: Zusammensetzung der Interventionsgruppe mit N = 115 Schüler*innen, sortiert nach Jahrgangsstufen.	136
Tabelle 7.3.1: Mindset-Verteilungen der N = 115 Schüler*innen beim Pre- und Post-Test in Prozent, die absoluten Schüler*innenzahlen sind in Klammern angegeben.	142
Tabelle 7.3.2: Pre-Post-Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i> . Die Skalenwerte umfassen 1 bis 6, wobei hohe Werte eher einem Growth Mindset und niedrige Werte eher einem Fixed Mindset entsprechen.	144
Tabelle 7.3.3: Test-Statistiken für die Mittelwertvergleiche (Pre-Post-Vergleich) der drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> , <i>Begabung in Physik</i> und <i>Anstrengung in Physik</i>	144
Tabelle 7.3.4: Pre-Post-Vergleich der Mittelwerte und Standardabweichungen für die drei Skalen <i>Allgemeine Intelligenz</i> (Int.), <i>Begabung in Physik</i> (Beg.) und <i>Anstrengung in Physik</i> (Anstr.), sortiert nach der Mindset-Zuordnung beim Pre-Test.	145
Tabelle 7.3.5: Test-Statistiken für die Mittelwert-Vergleiche der drei Skalen Allg. Intelligenz, Begabung in Physik und Anstrengung in Physik, sortiert nach den Gruppen der Mindset-Zuordnung aus dem Pre-Test.	147
Tabelle A.1: Items aus dem Mindset-Fragebogen von Gros (2017), die auch für die Fragebogenpilotierung der vorliegenden Arbeit verwendet wurden.	i
Tabelle A.2: Vollständige Liste der Items der deutschen Adaption der 8-Item Grit-Scale nach Schmidt et al. (2014).	iii
Tabelle A.3: Adaptierte Item-Liste für den Abschnitt „Schule“ des bereichsspezifischen Attributionsfragebogen nach Schneewind & Pausch (1990).	iii
Tabelle C.1: Übersicht über die signifikanten Scheffé-Post-hoc-Tests für die Mittelwertvergleiche bei Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen auf der Skala Allgemeine Intelligenz (ANOVA: $F(5.1591) = 4.290, p < .001, \eta^2 = .013$).....	ix

Tabelle C.2: Übersicht über die signifikanten Scheffé-Post-hoc-Tests für die Mittelwertvergleiche bei Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen auf der Skala Begabung in Physik (ANOVA: $F(5.1591) = 4.821, p < .001, \eta^2 = .015$).....	ix
Tabelle C.3: Übersicht über die signifikanten Scheffé-Post-hoc-Tests für die Mittelwertvergleiche bei Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen auf der Skala Anstrengung in Physik (ANOVA: $F(5.1592) = 6.859, p < .001, \eta^2 = .021$).....	x

Anhang

A. Items der Fragebogenentwicklung

Tabelle A.1: Items aus dem Mindset-Fragebogen von Gros (2017), die auch für die Fragebogenpilotierung der vorliegenden Arbeit verwendet wurden.

Kürzel	Item	Skala
mv1	Wenn man keine Begabung für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern.	Allgemeine Vorstellungen zur Physik und Verständnis in Physik
mv2	Entweder man versteht Physik oder man versteht es nicht.	
mv3	Jede*r kann Physik verstehen, man muss nur genug dafür tun.	
mv4	Es gibt keine geborene Physikerin und keinen geborenen Physiker, jeder muss hart arbeiten, um in Physik etwas zu erreichen.	
mv5	Ich glaube, manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie viel sie üben.	
mv6	Physikerinnen und Physiker zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.	
mv7	Ehrlich gesagt, glaube ich nicht, dass man viel daran ändern kann, wie gut man in Physik ist.	
mv8	Egal wie begabt ich zunächst in Physik bin, ich kann meine Leistungen immer deutlich steigern.	
mv9	Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben.	
mv10	In Physik gibt es ein Verständnis, das man von Geburt an mitgegeben bekommt.	
mv11_m	Wenn man das will und sich anstrengt, kann meiner Meinung nach jeder und jede später Physik studieren.	
mv12	Wenn man sich in Physik von Anfang an anstrengt, kann jeder Physik verstehen.	
mv13	Berühmte Physikerinnen und Physiker waren nicht wegen ihrer Begabung erfolgreich, sondern vor allem deshalb, weil sie jahrelang sehr hart gearbeitet haben.	

mv14	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.	
mv15	In Physik bringt es wenig, mehr zu lernen, denn es hängt nur vom Verständnis ab.	
ma1	In Physik sind solche Aufgaben die besten, an denen ich wirklich tüfteln muss.	
ma2	Je kniffliger eine Aufgabe in Physik ist, desto besser gefällt sie mir.	
ma3	Ich mag solche Aufgaben in Physik am liebsten, die eine Herausforderung für mich sind.	Vorlieben bezüglich der Aufgabenschwierigkeit bei der Aufgabenwahl in Physik
ma4	In Physik mag ich leichte Aufgaben lieber als schwierige Aufgaben.	
ma5	Wenn ich mich bei der Bearbeitung einer Physikaufgabe wirklich anstrengen muss, macht mir das Spaß.	
mh1	Wenn ein anderer in Physik besser wird, dann motiviert mich das, auch besser zu werden.	
mh2_m	Es wirkt auf mich motivierend, wenn die Lehrkraft mir erklärt, wo ich einen Fehler gemacht habe, so dass ich bei einer Physikaufgabe prüfen kann, was falsch ist.	
mh3	Wenn ich die Hausaufgaben in Physik nicht gekonnt habe, teile ich dies der Lehrkraft unaufgefordert mit.	Inanspruchnahme von Hilfe und Orientierung an Anderen.
mh4_m	Wenn meine Physikarbeit schlechter ist als erwartet, suche ich mir Hilfe bei anderen, um meine Fehler zu korrigieren.	
mh5_m	Wenn ein anderer in Physik besser wird, interessiert es mich, wie er oder sie das macht, damit ich auch besser werden kann.	
mh6_m	Wenn ich im Physikunterricht etwas nicht verstehe, teile ich das der Lehrkraft mit.	

Tabelle A.2: Vollständige Liste der Items der deutschen Adaption der 8-Item Grit-Scale nach Schmidt et al. (2014).

Kürzel	Item	Skala
gb1	Was ich mir in der Schule vorgenommen habe, mache ich auch zu Ende.	Beharrlichkeit
gb2	Von Rückschlägen in der Schule lasse ich mich nicht entmutigen.	
gb3	Ich arbeite hart für die Schule.	
gb4	Ich bin ein fleißiger Schüler / eine fleißige Schülerin.	
gi1	In der Schule nehme ich mir oft etwas vor, verliere mein Ziel dann aber aus den Augen.	Beständiges Interesse
gi2	Neue Ideen und Vorhaben halten mich manchmal davon ab, meine schulischen Ziele zu verwirklichen.	
gi3	Ich war in der Schule schon mal für eine kurze Zeit von einem Ziel oder einem Projekt begeistert, habe dann aber später das Interesse verloren.	
gi4_m	Wenn Projekte für die Schule länger als einige Wochen dauern, habe ich Schwierigkeiten, mich durchgängig darauf zu fokussieren.	

Tabelle A.3: Adaptierte Item-Liste für den Abschnitt „Schule“ des bereichsspezifischen Attributionsfragebogen nach Schneewind & Pausch (1990).

Kürzel	Item	Attributionsstil	
<i>Wenn ich in einer Physikarbeit erfolgreich bin,...</i>			
ae1_m	... dann liegt das daran, dass ich von Natur aus naturwissenschaftlich begabt bin.	Internal, stabil	Fähigkeit
ae2	... dann liegt das daran, dass ich mich gut darauf vorbereitet habe.	Internal, variabel	Anstrengung
ae3_m	... dann liegt das daran, dass ich eine gute Physiklehrkraft habe.	External, stabil	Äußere Bedingung
ae4	... dann liegt das daran, dass ich an dem Tag Glück hatte.	External, variabel	Glück/Zufall

Wenn ich in einer Physikarbeit schlecht abschneide, ...

am1_m	... dann liegt das daran, dass ich von Natur aus schlecht in Physik bin.	Internal, stabil	Mangelnde Fähigkeit
am2	... dann liegt das daran, dass ich mich nicht voll eingesetzt habe.	Internal, variabel	Mangelnde Anstrengung
am3	... dann liegt das daran, dass es zu wenig Gelegenheiten zum Üben gab.	External, stabil	Äußere Bedingung
am4_m	... dann liegt das daran, dass ich an dem Tag Pech hatte.	External, variabel	Pech/Zufall
aa1	Ich weiß nicht, woran es liegt, wenn ich in einer Physikarbeit ein schlechtes Ergebnis habe.	Attributionsunsicherheit	
ak1_m	Ich kann selbst etwas dazu beitragen, dass ich in der nächsten Physikarbeit ein gutes Ergebnis erzielen werde.	Kontrollüberzeugung	

B. Mindset-Fragebogen

Mindset-Fragebogen mit 15 Items auf drei Skalen, der für die Mindset-Erhebungen in der vorliegenden Arbeit verwendet wurde.

Skala	Itemkürzel	Item
Allgemeine Intelligenz	I1	Man kann ändern, wie intelligent man ist.
	I2	Intelligenz ist eine Grundeigenschaft, die sich nicht verändern lässt.
	I3	Man kann seine Intelligenz immer noch ein Stück weit ausbauen.
	I4	Intelligenz bleibt gleich, auch wenn jemand viel lernt und übt.
Begabung in Physik	B1	Physikerinnen und Physiker zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.
	B2	Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben.
	B3	In Physik gibt es ein Verständnis, das man von Geburt an mitgegeben bekommt.
	B4	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.
Anstrengung in Physik	A1	Wenn man keine Begabung für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern.
	A2	Entweder man versteht Physik oder man versteht es nicht.
	A3	Jede*r kann Physik verstehen, man muss nur genug dafür tun.
	A4	Ich glaube, manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie viel sie üben.

A5	Ehrlich gesagt, glaube ich nicht, dass man viel daran ändern kann, wie gut man in Physik ist.
A6	Egal wie begabt ich zunächst in Physik bin, ich kann meine Leistungen immer deutlich steigern.
A7	Wenn man das will und sich anstrengt, kann meiner Meinung nach jeder und jede später Physik studieren.

Bitte so markieren: ☒ ☐ ☐ ☐ Bitte verwenden Sie einen Kugelschreiber oder nicht zu starken Filzstift. Dieser Fragebogen wird maschinell erfasst.

Korrektur: ☐ ☒ ☐ ☐ Bitte beachten Sie im Interesse einer optimalen Datenerfassung die links gegebenen Hinweise beim Ausfüllen.

1. Allgemeines

1.1 Trage hier bitte den folgenden Code ein:

- die ersten zwei Buchstaben des Vornamens deiner Mutter
- die letzten zwei Buchstaben deines Vornamens
- am wievielten Tag des Monats du Geburtstag hast

Beispiel: der Vorname deiner Mutter ist Margot, du heißt Fritz und hast am 15. Mai Geburtstag, dann lautet dein Code: MA-TZ-15

1.2 Geschlecht: ☐ männlich ☐ weiblich ☐ divers

1.3 Welche Schulart besuchst du? ☐ Gymnasium ☐ Realschule ☐ Hauptschule
☐ Gesamtschule ☐ Andere Schulart (IGS)

1.4 Name der Schule:

1.5 In welche Jahrgangsstufe gehst du? ☐ 7. Klasse ☐ 8. Klasse ☐ 9. Klasse
☐ 10. Klasse

1.6 Meine Klasse heißt (z.B. 7b):

Bitte beantworte die folgenden Fragen spontan und ehrlich, es gibt kein Richtig oder Falsch. Deine Lehrkraft erfährt nicht, was du angekreuzt hast, also haben deine Antworten keinen Einfluss auf deine Note. Manche Fragen klingen sehr ähnlich, bitte beantworte trotzdem alle Fragen bis zum Ende.

2. Bitte kreuze an, wie sehr du den folgenden Aussagen zustimmst.

2.1 Wenn man keine Begabung für Physik hat, kann man nicht viel tun, um sich zu verbessern.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.2 Entweder man versteht Physik oder man versteht es nicht.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.3 Jeder und jede kann Physik verstehen, man muss nur genug dafür tun.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.4 Man kann ändern, wie intelligent man ist.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.5 Ich glaube, manche Leute können Physik und andere werden es nie lernen, egal wie viel sie üben.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.6 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.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.7 Intelligenz ist eine Grundeigenschaft, die sich nicht verändern lässt.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.8 Physikerinnen und Physiker zeichnen sich durch eine besondere Begabung aus, die nur wenige Menschen haben.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu



2. Bitte kreuze an, wie sehr du den folgenden Aussagen zustimmst. [Fortsetzung]

2.9 Man kann seine Intelligenz immer noch ein Stück weit ausbauen.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.10 Ehrlich gesagt, glaube ich nicht, dass man viel daran ändern kann, wie gut man in Physik ist.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.11 Für Physik muss man eine bestimmte Begabung haben.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.12 Egal wie begabt ich zunächst in Physik bin, ich kann meine Leistungen immer deutlich steigern.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.13 Wenn man das will und sich anstrengt, kann meiner Meinung nach jeder und jede später Physik studieren.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.14 In Physik gibt es ein Verständnis, das man von Geburt an mitgegeben bekommt.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu
2.15 Intelligenz bleibt gleich, auch wenn jemand viel lernt und übt.	stimme gar nicht zu	☐	☐	☐	☐	☐	☐	stimme voll und ganz zu

Vielen Dank fürs Mitmachen!



C. Ergänzende Daten zur Querschnittserhebung

Mittelwertvergleiche der drei Skalen Allgemeine Intelligenz, Begabung in Physik und Anstrengung in Physik mit Post-hoc-Tests.

Tabelle C.1: Übersicht über die signifikanten Scheffé-Post-hoc-Tests für die Mittelwertvergleiche bei Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen auf der Skala **Allgemeine Intelligenz** (ANOVA: $F(5,1591) = 4.290, p < .001, \eta^2 = .013$)

Vergleich	ΔM	p	Cohen's d
9. Jahrgangsstufe, E-Phase	-.343	.025	-.29
10. Jahrgangsstufe, E-Phase	-.342	.026	-.28

Tabelle C.2: Übersicht über die signifikanten Scheffé-Post-hoc-Tests für die Mittelwertvergleiche bei Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen auf der Skala **Begabung in Physik** (ANOVA: $F(5,1591) = 4.821, p < .001, \eta^2 = .015$)

Vergleich	ΔM	p	Cohen's d
7. Jahrgangsstufe, 9. Jahrgangsstufe	.423	.040	.38
7. Jahrgangsstufe, 10. Jahrgangsstufe	.552	.001	.48
7. Jahrgangsstufe, E-Phase	.481	.002	.43

7. Jahrgangsstufe, Q-Phase	.465	.009	.41
-------------------------------	------	------	-----

Tabelle C.3: Übersicht über die signifikanten Scheffé-Post-hoc-Tests für die Mittelwertvergleiche bei Schüler*innen unterschiedlicher Jahrgangsstufen auf der Skala **Anstrengung in Physik** (ANOVA: $F(5.1592) = 6.859, p < .001, \eta^2 = .021$).

Vergleich	ΔM	p	Cohen's d
7. Jahrgangsstufe, 10. Jahrgangsstufe	.537	<.001	.55
7. Jahrgangsstufe, E-Phase	.367	.011	.39
7. Jahrgangsstufe, Q-Phase	.489	<.001	.53

D. Material zur Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“

- Originaltext „You Can Grow Your Intelligence“
- Deutsche Adaption des Informationstexts „You Can Grow Your Intelligence“ von Julia Ostertag
- Arbeitsblatt BRAIN Strategie von Brainology
- Lernbuch „Mach dein Gehirn fit für Physik“
- Handreichung Lehrkräfte

Reading for Activity Option 1 or 2

You Can Grow Your Intelligence

New Research Shows the Brain Can Be Developed Like a Muscle

Many people think of the brain as a mystery. They don't know much about intelligence and how it works. When they do think about what intelligence is, many people believe that a person is born either smart, average, or dumb—and stays that way for life.

But new research shows that the brain is more like a muscle—it changes and gets stronger when you use it. And scientists have been able to show just how the brain grows and gets stronger when you learn.

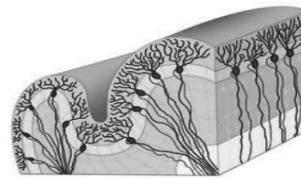
Everyone knows that when you lift weights, your muscles get bigger and you get stronger. A person who can't lift 20 pounds when they start exercising can get strong enough to lift 100 pounds after working out for a long time. That's because the muscles become larger and stronger with exercise. And when you stop exercising, the muscles shrink and you get weaker. That's why people say "Use it or lose it!"



© 2010 Mindset Works

But most people don't know that when they practice and learn new things, parts of their brain change and get larger a lot like muscles do when they exercise.

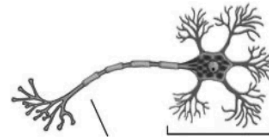
HEALTH & SCIENCE News You Can Use
Page 1 of 3



© Fotosearch

A section of the cerebral cortex

Inside the cortex of the brain are billions of tiny nerve cells, called neurons. The nerve cells have branches connecting them to other cells in a complicated network. Communication between these brain cells is what allows us to think and solve problems.



Axon Dendrites

© Fotosearch

A typical nerve cell

When you learn new things, these tiny connections in the brain actually multiply and get stronger. The more that you challenge your mind to learn, the more your brain cells grow. Then, things that you once found very hard or even impossible to do—like speaking a foreign language or doing algebra—seem to become easy. The result is a stronger, smarter brain.

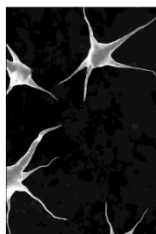
2

How Do We Know the Brain Can Grow Stronger?

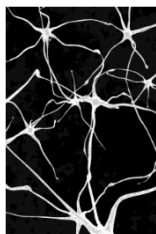
Scientists started thinking that the human brain could develop and change when they studied animals' brains. They found out that animals who lived in a challenging environment, with other animals and toys to play with, were different from animals who lived alone in bare cages.

While the animals who lived alone just ate and slept all the time, the ones who lived with different toys and other animals were always active. They spent a lot of time figuring out how to use the toys and how to get along with the other animals.

Effect of an Enriched Environment



Nerves in brain of animal living in bare cage



Brain of animal living with other animals and toys

© 2010 Mindset Works

These animals had more connections between the nerve cells in their brains. The connections were bigger and stronger, too. In fact, their whole brains were about 10% heavier than the brains of the animals who lived alone without toys.

The animals who were exercising their brains by playing with toys and each other were also "smarter"—they were better at solving problems and learning new things.

HEALTH & SCIENCE News You Can Use
Page 2 of 3

Even old animals got smarter and developed more connections in their brains when they got the chance to play with new toys and other animals. When scientists put very old animals in the cage with younger animals and new toys to explore, their brains also grew by about 10%!

3

Children's Brain Growth

Another thing that got scientists thinking about the brain growing and changing was babies. Everyone knows that babies are born without being able to talk or understand language. But somehow, almost all babies learn to speak their parents' language in the first few years of life. How do they do this?

The Key to Growing the Brain: Practice!

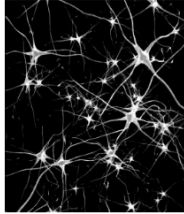
From the first day they are born, babies are hearing people around them talk—all day, every day, to the baby and to each other. They have to try to make sense of these strange sounds and figure out what they mean. In a way, babies are exercising their brains by listening hard.

Later, when they need to tell their parents what they want, they start practicing talking themselves. At first, they just make goo-goo sounds. Then, words start coming. And by the time they are three years old, most can say whole sentences almost perfectly.

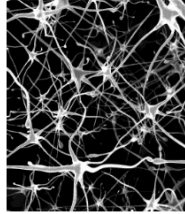
Once children learn a language, they don't forget it. The child's brain has changed—it has actually gotten smarter.

This can happen because learning causes permanent changes in the brain. The babies' brain cells get larger and grow new connections between them. These new, stronger connections make the child's brain stronger and smarter, just like a weightlifter's big muscles make them strong.

4

Growth of neuron connections in a child from birth to 6 years old


At birth



At age 6

© 2010 Mindset Works

The Real Truth About "Smart" and "Dumb"

No one thinks babies are stupid because they can't talk. They just haven't learned how to yet. But some people will call a person dumb if they can't solve math problems, or spell a word right, or read fast—even though all these things are learned with practice.

At first, no one can read or solve equations. But with practice, they can learn to do it. And the more a person learns, the easier it gets to learn new things—because their brain "muscles" have gotten stronger!

The students everyone thinks as the "smartest" may not have been born any different from anyone else. But before they started school, they may have started to practice reading. They had already started to build up their "reading muscles." Then, in the classroom, everyone said, "That's the smartest student in the class."

They don't realize that any of the other students could learn to do as well if they exercised and practiced reading as much. Remember, all of those other students learned to speak at least one whole language already—something that grownups find very hard to do. They just need to build up their "reading muscles" too.

5

What Can You Do to Get Smarter?

Just like a weightlifter or a basketball player, to be a brain athlete, you have to exercise and practice. By practicing, you make your brain stronger. You also learn skills that let you use your brain in a smarter way—just like a basketball player learns new moves.

But many people miss out on the chance to grow a stronger brain because they think they can't do it, or that it's too hard. It does take work, just like becoming stronger physically or becoming a better ball player does. Sometimes it even hurts! But when you feel yourself get better and stronger, all the work is worth it!

6

Deutsche Adaption des Informationstexts „You Can Grow Your Intelligence“

Quelle: <https://www.face-freiburg.de/2020/studie-mathe-musik-das-kann-ich-eh-nicht/#anhang-b>
(letzter Zugriff: 16.10.2025)

Das trainierbare Gehirn

Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden

Es ist bekannt, dass Training zum Beispiel durch Gewichtheben die Muskulatur stärkt und vergrößert. Über lange Zeit ermöglicht es regelmäßiges Gewichtheben, statt 10kg später ganze 50kg an Gewicht zu stemmen. Die Muskelzellen werden durch das Training stärker und größer und vermehren sich. Das macht den Muskel „stärker“.

Für viele ist die Erkenntnis, dass das Gehirn genauso wachsen und stärker werden kann, zugleich faszinierend und verblüffend. Trainiert man das Gehirn durch Knobelaufgaben, verändern sich die Nervenzellen im Gehirn. Sie wachsen an und vermehren sich. Bei Ratten konnten Wissenschaftler über einen längeren Zeitraum eine Zunahme der Gehirnmasse von 10% beobachten. Sogar bei alten Tieren wuchs das Gehirn um 10%. Ratten, die keine Knobelaufgaben lösen durften, zeigten keine Massenzunahme – und scheiterten an den kniffligeren Knobelaufgaben.

Es ist also bewiesen: Unser Gehirn kann wachsen! Nichts lieber als das – denn wer will sein Gehirn nicht zum smarten Super-Gehirn anwachsen lassen? Ein Training mit langweilig-einfachen Aufgaben nützt dem Gehirn allerdings genauso wenig wie den Muskeln das Gewichtheben mit Grammgewichten. Der Schwierigkeitsgrad ist wichtig: Beim Muskel- wie beim Gehirntaining sollten eine die Übungen ins Schwitzen bringen und fordern. Über längere Zeit werden unsere „Gehirn-Muskeln“ stärker – und die Aufgaben erscheinen uns einfacher. Dann ist es Zeit, sich neue, herausfordernde Aufgaben zu suchen.

Für Wachstum und Veränderbarkeit von Gehirnen sprechen übrigens auch Untersuchungsergebnisse an Babys und Kindern. Deren Gehirn wächst besonders stark und sie lernen noch besonders viel. Babys üben zum Beispiel das Sprechen, indem sie zuhören, nachahmen und immer kompliziertere Laute ausstoßen, bis sie schließlich sprechen können. Übung macht den Meister – und lässt unsere Gehirnzellen wachsen!

Zu Beginn ihres Lebens unterscheiden sich die meisten Menschen kaum. Jeder lernt zum Beispiel eine Sprache. Je nachdem, womit Menschen sich als Kleinkinder beschäftigen, trainieren sie allerdings ganz unterschiedliche Bereiche oder „Muskeln“ ihres Gehirns. Je

mehr ein Bereich trainiert wird, desto leichter fällt es, in diesem Bereich Neues zu lernen. Schließlich sind die „Gehirn-Muskeln“ ja gewachsen! Dadurch beginnen sie sich zu unterscheiden: Alex zum Beispiel ist geübt in der Fremdsprache Englisch, Sophie findet Kopfrechnen leicht. Alex fällt Kopfrechnen schwer – sie könnte darin allerdings genauso gut wie Sophie sein, hätte sie ihre „Kopfrechnen-Muskeln“ im Gehirn genauso trainiert wie Sophie. Ihre „Englisch-Muskeln“ hat sie ja schließlich auch erfolgreich trainiert.

Niemand ist also „dumm“ oder „schlau“, wir sind nur unterschiedlich geübt. Babys hält niemand für „dumm“, nur weil sie noch nicht sprechen können – schließlich haben sie es einfach noch nicht gelernt. Trotzdem werden manche als „dumm“ bezeichnet, wenn sie keine Physikaufgaben lösen können, zu langsam lesen oder Wörter falsch aussprechen – obwohl alle diese Dinge durch Übung erlernt werden! Niemand kann von Geburt an lesen oder Gleichungen lösen. Aber mit Anstrengung, Übung und Zeit kann es jeder lernen. Wie jedes Training ist also auch das Training des Gehirns eine schweißtreibende, anstrengende Sache. Wenn man jedoch merkt, wie man besser wird, ist dies alle Mühe wert.

Brainology® Unit 4 Lesson 3, "Practice It": Brain Study Plan - Option A ANSWER KEY

BRAIN Study Plan

Name: _____ Teacher Model _____Assignment or Test: _____ End of Year Science Exam _____ Due Date: _____My Goal for this Assignment/Test: _____ Get an "A"! _____

Instructions: Use the BRAIN suggestions on the following 6 pages or come up with your own ideas to complete your study plan. Then track your strategies using the Study Plan Journal page.



Break It Down: *Plan out your study time by making a schedule of your non-school responsibilities during the week(s) leading up to the exam; Create an outline or index cards of key points and facts as you review your notes (SQ3R); separate index cards into chunks of 5-7 and study each chunk until you memorize them.*



Repeat and Review: *Turn the facts in your notes into questions and create your own test; Complete additional questions or problems provided in your textbook or online; Study a little each day to move information into long term memory.*



Active Learning: *Teach someone else the information using your own words; Put the main ideas into a song using a tune you know; Move around while studying (bounce a basketball to a beat while studying facts); Use a highlighter to help you focus on important facts.*



Information Search: *Ask the teacher to explain something in a different way if you do not understand a particular concept; Attend extra help sessions; Ask a classmate to explain a concept; Use the internet to find a science tutorial/sample test.*



Never Give Up: *Use positive self-talk: Tell yourself you CAN!; Picture your neurons growing new connections as you put forth effort; Use square breathing when you are feeling anxious; Get at least 8-9 hours of sleep so your brain can be at its best; Take care of your body by eating brain foods and exercising.*

MACH DEIN GEHIRN FIT FÜR PHYSIK



Bitte trage hier deinen persönlichen Code ein:

- die ersten zwei Buchstaben des Vornamens deiner Mutter
- die letzten zwei Buchstaben deines Vornamens
- am wievielten Tag des Monats du Geburtstag hast

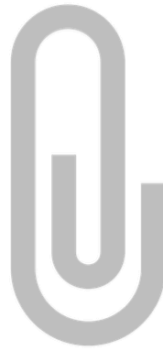
Beispiel: Deine Mutter heißt Margot, du heißt Fritz und hast am 15. Mai Geburtstag, dann lautet dein Code: MA TZ 15

--	--	--	--	--	--

HERZLICH WILLKOMMEN/DAS ERWARTET DICH

Hallo und schön, dass du bei diesem Projekt mitmachst. In diesem Lernbuch findest du Informationen und Übungen, die dich und dein Gehirn fit für Physik machen. Wie das geht? Im ersten Teil lernst du einiges über das Gehirn, z.B. dass und wie du es trainieren kannst. Damit erarbeitest du dir dann eine Lernstrategie, die dein Gehirn möglichst gut trainiert.

Du kannst einfach Schritt für Schritt dieses Lernbuch durcharbeiten. Deine Lehrerin oder dein Lehrer wird dich unterstützen, wenn du etwas nicht verstehst oder dir Tipps geben, damit du die Zeit gut nutzen kannst. Wenn du Fragen hast, melde dich einfach.
Also, los geht's! Ich wünsche dir viel Spaß beim Lernen!



Bevor es richtig losgeht, gibt es eine kurze Umfrage. Fülle dazu den hier befestigten Fragebogen aus und achte darauf, denselben Code wie auf diesem Lernbuch einzutragen. Es gibt keine richtigen oder falschen Antworten und deine Lehrkraft erfährt nicht, was du angekreuzt hast. Wenn du fertig bist, befestige den Fragebogen wieder an dieser Seite und dann kannst du direkt umblättern und mit dem Lernbuch beginnen.

DAS TRAINIERBARE GEHIRN

WAS GLAUBST DU?



An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.

☐ stimme überhaupt
nicht zu

☐ stimme eher nicht zu

☐ stimme eher zu

☐ stimme voll
und ganz zu

Und was ist Intelligenz? Welcher Aussage stimmst du am meisten zu?

- ☐ Intelligenz ist, wie viel ich weiß. ☐ Intelligenz ist logisches Denken. ☐ Intelligenz zeigt sich in dem, was ich kann.
Oder würdest du Intelligenz ganz anders beschreiben? Wie?

Die „Bausteine“ des Gehirns nennt
man Nervenzellen.



Obwohl das Gehirn nur 2 % des
Körpergewichts ausmacht,
verbraucht es rund 20 % der
Energie.

Erwachsene haben ca. 86
Milliarden Nervenzellen.



DAS GEHIRN IM FAKTEN-CHECK



Das menschliche Gehirn wiegt im
Durchschnitt 1.400 g.



Im folgenden Text erfährst du mehr über das Gehirn. Lies ihn sorgfältig durch und markiere in jedem der vier Absätze den für dich wichtigsten Satz mit einem Textmarker oder Buntstift.

Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden

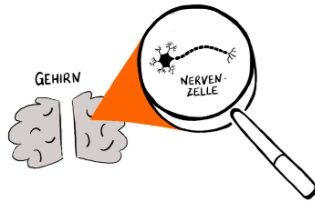
Es ist bekannt, dass Training zum Beispiel durch Gewichtheben die Muskulatur stärkt und vergrößert. Über lange Zeit ermöglicht regelmäßiges Gewichtheben, statt 10 kg später ganze 50 kg an Gewicht zu stemmen. Die Muskelzellen werden durch das Training stärker und größer und vermehren sich. Das macht den Muskel „stärker“.

Für viele ist die Erkenntnis, dass das Gehirn genauso wachsen und stärker werden kann, zugleich faszinierend und verblüffend. Trainiert man das Gehirn durch Knobelaufgaben, verändern sich die Nervenzellen im Gehirn. Sie wachsen und vermehren sich. Es ist also bewiesen: Unser Gehirn kann wachsen! Nichts lieber als das – denn wer will sein Gehirn nicht zum smarten Super-Gehirn anwachsen lassen? Ein Training mit langweilig-einfachen Aufgaben nützt dem Gehirn allerdings genauso wenig wie den Muskeln das Gewichtheben mit Grammgewichten. Der Schwierigkeitsgrad ist wichtig: Beim Muskel- wie beim Gehirntaining sollten eine die Übungen ins Schwitzen bringen und fordern. Über längere Zeit werden unsere „Gehirn-Muskeln“ stärker – und die Aufgaben erscheinen uns einfacher. Dann ist es Zeit, sich neue, herausfordernde Aufgaben zu suchen.

Zu Beginn ihres Lebens unterscheiden sich die meisten Menschen kaum. Jeder lernt zum Beispiel eine Sprache. Je nachdem, womit Menschen sich als Kleinkinder beschäf-

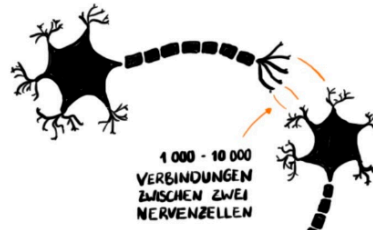
tigen, trainieren sie allerdings ganz unterschiedliche Bereiche oder „Muskeln“ ihres Gehirns. Je mehr ein Bereich trainiert wird, desto leichter fällt es, in diesem Bereich Neues zu lernen. Schließlich sind die „Gehirn-Muskeln“ ja gewachsen! Dadurch beginnen sie sich zu unterscheiden: Anne zum Beispiel ist geübt in der Fremdsprache Englisch, Sophie findet Kopfrechnen leicht. Anne fällt Kopfrechnen schwer – sie könnte darin allerdings genauso gut wie Sophie sein, hätte sie ihre „Kopfrechnen-Muskeln“ im Gehirn genauso trainiert wie Sophie. Ihre „Englisch-Muskeln“ hat sie ja schließlich auch erfolgreich trainiert.

Niemand ist also „dumm“ oder „schlau“, wir sind nur unterschiedlich geübt. Babys hält niemand für „dumm“, nur weil sie noch nicht sprechen können – schließlich haben sie es einfach noch nicht gelernt. Trotzdem werden manche als „dumm“ bezeichnet, wenn sie keine Physikaufgaben lösen können, zu langsam lesen oder Wörter falsch aussprechen – obwohl alle diese Dinge durch Übung erlernt werden! Niemand kann von Geburt an lesen oder Gleichungen lösen. Aber mit Anstrengung, Übung und Zeit kann es jeder lernen. Wie jedes Training ist also auch das Training des Gehirns eine schweißtreibende, anstrengende Sache. Wenn man jedoch merkt, wie man besser wird, ist dies alle Mühe wert.



Das Gehirn besteht aus vielen Milliarden einzelnen Nervenzellen.

Diese Nervenzellen sind miteinander verknüpft und dadurch können Informationen im Gehirn weitergegeben werden und neues Wissen kann mit bereits Gelerntem verknüpft werden.



Jede neue Information schafft eine neue Verbindung zwischen zwei Nervenzellen. Immer, wenn wir etwas lernen, werden also neue Verbindungen zwischen Nervenzellen geknüpft.

Je mehr Verbindungen zwischen zwei Nervenzellen bestehen, desto schneller können Informationen zwischen ihnen weitergegeben werden, d.h. das Wissen kann schneller abgerufen werden. Wenn wir etwas richtig gut können, ist dieser Bereich von Nervenzellen im Gehirn also sehr gut miteinander vernetzt.



DAS WEISS ICH SCHON ÜBER DAS GEHIRN



Unser Gehirn besteht aus vielen, vielen Nervenzellen. Es sind

- | | |
|-----------------------------------|-------------------------------------|
| ☐ Hunderte | ☐ Millionen |
| ☐ Tausende | ☐ Milliarden |



ERGÄNZE: Lernen bedeutet, dass im Gehirn...

.....

.....

.....



Man kann sein Gehirn trainieren, ähnlich wie Muskelkraft.

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------------|
| ☐ Stimmt | ☐ Stimmt nicht |
|---------------------------------|---------------------------------------|

Super! Das erste Quiz ist schon geschafft und du hast einiges über das Gehirn gelernt. Weiter geht's!

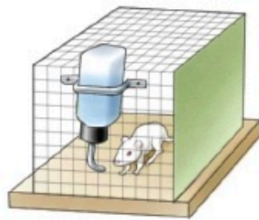


WIE DAS GEHIRN BEIM LERNEN WÄCHST

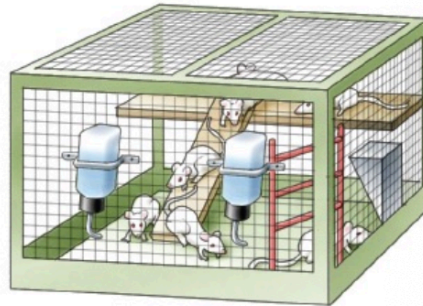


Woher weiß man, dass durch Lernen neue Verbindungen zwischen Nervenzellen geknüpft werden? Seit Jahrzehnten forschen Wissenschaftler*innen dazu, zum Beispiel dieses Experiment mit Ratten von Rosenzweig und Bennett.

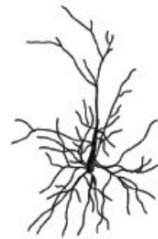
Sie untersuchten zwei Gruppen von Ratten. Die eine Gruppe (Gruppe 1) lebte einzeln in einem ganz schlichten Käfig, bekam natürlich Futter und Wasser, aber hatte kein Spielzeug.



Die andere Gruppe (Gruppe 2) lebte gemeinsam in einem großen Käfig mit viel mehr Angeboten, zum Beispiel Spielgeräten, Klettermöglichkeiten und Verstecken.



Die Ratten aus Gruppe 2 waren viel neugieriger und aktiver. Klar, sie hatten ja auch viel mehr Möglichkeiten. Sie konnten klettern, miteinander spielen und balancieren und so ihre Fähigkeiten verbessern. Und der Unterschied zeigte sich auch bei der Untersuchung der Gehirnzellen:



Bei den Ratten aus Gruppe 2 (Bild rechts) hat die Nervenzelle mehr Verzweigungen, die Verknüpfungen mit anderen Nervenzellen ermöglichen. Das bedeutet, die Ratten haben in ihrer abwechslungsreichen Umgebung mehr gelernt als die Ratten in Gruppe 1 (Bild links). Der Unterschied ließ sich auch im Gewicht der Gehirne feststellen. Die Gehirne der Ratten in Gruppe 2 waren schwerer.

Die Ergebnisse ließen sich für Ratten aller Altersgruppen finden. Auch alte Tiere konnten in der abwechslungsreichen Umgebung ihr Gehirn trainieren.



Und wenn die Ratten die Käfige tauschen? Was glaubst du, was passiert? Beschreibe deine Vermutung und zeichne auch eine passende Nervenzelle ein.



GRUPPE 1

GRUPPE 2

MIT KÖPFCHEN: LERNEN & BEHALTEN



Wenn dein Gehirn Informationen verarbeitet, entstehen Verbindungen zwischen Nervenzellen. Genau das ist Lernen.

→ Je öfter eine Information verarbeitet wird, desto stärker werden die entsprechenden Verbindungen im Gehirn.

→ Je stärker die Verbindungen zwischen Nervenzellen sind, desto schneller kannst du diese Information auch wieder abrufen.

Beispiel: Erinnerst du dich, wie du die Buchstaben gelernt hast? Wie genau sieht ein A aus? Der Buchstabe wurde dann mit dem Laut verknüpft und am Anfang hast du ganz langsam aus den Buchstaben die Worte geformt. Und jetzt? Siehst du den Buchstaben A und musst gar nicht mehr darüber nachdenken, wie er klingt. Dein Gehirn kennt diese Information so gut, dass es sie direkt abrufen kann.

SO KANNST DU DEINEN GEHIRN-MUSKEL TRAINIEREN



Herausforderungen: Trau dich auch an schwierige Aufgaben, denn genau dabei lernst du Neues. Egal, ob du die Aufgabe im ersten Versuch schaffst, dein Gehirn wächst beim Probieren.

Anstrengung: Vor allem, wenn du dich richtig anstrengen musst, wird dein Gehirn richtig trainiert. Training im Sport ist ja auch anstrengend, genauso ist es auch mit dem Lernen.

Gefühle: Anstrengend soll das Training sein, aber auch Spaß machen. Wenn es dir nicht gut geht, ist auch das Lernen schwieriger. Am besten lernst du, wenn du weder müde, noch hungrig oder durstig bist. Dann ist dein Kopf frei fürs Lernen.

Beharrlichkeit: Bleib dran, auch wenn es mal schwierig wird. Genau dann werden nämlich in deinem Gehirn ganz neue Verknüpfungen gebildet. Gib nicht auf, es wird leichter!

Fehler: Jede*r macht Fehler, das gehört zum Lernen dazu. Schau sie dir genau an, oft zeigen sie dir, was du nochmal lernen solltest und dann kannst du es beim nächsten Mal besser machen.



UNTERSTÜTZE DEIN GEHIRN BEIM WACHSEN

Was machst du schon beim Lernen? Kreuze einen oder mehrere Punkte an:

- | | |
|--|--|
| ☐ Ich probiere auch schwierige Aufgaben. | ☐ Ich strenge mich beim Üben wirklich an. |
| ☐ Ich bleibe beharrlich an Aufgaben dran. | ☐ Ich lerne aus meinen Fehlern. |
| ☐ Lernen macht mir (meistens) Spaß. | |

Um mein Gehirn noch besser beim Wachsen zu unterstützen, möchte ich mich in der nächsten Woche vor allem darauf konzentrieren (kreise eine Sache ein):

beharrlich
dran zu bleiben

ein gutes Gefühl beim
Lernen zu schaffen

Herausforderungen
annehmen

mich beim Lernen
anstrengen

aus Fehlern
zu lernen

Du hast jetzt eine Menge zum Thema Gehirn und Lernen gelernt, da sind bestimmt einige neue Verbindungen zwischen Gehirnzellen gewachsen.

Zeit für eine Pause! Erzähle Freunden und Freundinnen oder deiner Familie davon. Erwähne dich an das, was für dich bisher am interessantesten war. Auch dabei trainierst du deinen Gehirnmuskel!



DEN GEHIRN-MUSKEL TRAINIEREN

In der letzten Einheit ging es darum, wie du deinen Gehirn-Muskel beim Wachsen unterstützen kannst. Damit dir das beim Lernen gut gelingt, gibt es die folgende Merkhilfe

B	BRAINSTORMING
R	RECHERCHE
A	AKTIV WERDEN
I	IMMER WIEDER WIEDERHOLEN
N	NICHT AUFGEBEN

Brain ist das englische Wort für Gehirn. Und für jeden Buchstaben von BRAIN gibt es einen Tipp, damit dein Gehirn möglichst gut wachsen kann und du erfolgreich lernst.

Brainstorming: Was weißt du schon zu dem Thema, was fällt dir direkt ein? Hast du dir schon mal Notizen dazu gemacht? Such dir zusammen, was du schon hast.

Recherche: Du brauchst mehr Informationen? Recherche heißt so viel wie Informationssuche und dazu eignen sich z.B. dein Schulbuch, dein Heft, das Internet oder Menschen, die sich mit dem Thema schon gut auskennen.

Aktiv werden: Am besten kann dein Gehirn lernen, wenn es die Informationen wirklich verarbeitet. Also nicht nur lesen, sondern z.B. in eigenen Worten aufschreiben oder du erklärst es einem Freund oder einer Freundin.

Immer wieder wiederholen: Erinnerst du dich an das Bild mit den Verknüpfungen zwischen den Nervenzellen? Mit jeder Wiederholung wird die Verbindung gestärkt und die Information kann schneller abgerufen werden.

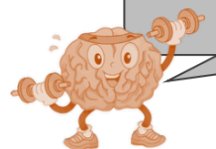
Nicht aufgeben: Lernen braucht Zeit! Gerade wenn das Thema schwierig ist, müssen ja umso mehr neue Verbindungen zwischen Nervenzellen geknüpft werden. Bleib dran!



UNTERSTÜTZE DEIN GEHIRN BEIM WACHSEN

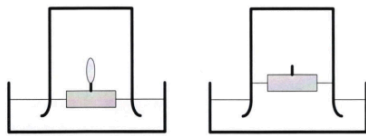
Schau noch einmal zurück auf die vorherige Seite. Was hast du dir vorgenommen, um dein Gehirn noch besser beim Wachsen zu unterstützen? Schreibe den Punkt hier nochmal auf:

.....



Und mit all dem Wissen über das trainierbare Gehirn und über das Lernen geht es jetzt an Physik. Bereit? Dann los!

EINE KERZE FÄHRT AUFZUG



Für dieses Experiment braucht man:

- Ein Teller, der etwa 0,5 cm hoch mit Wasser gefüllt ist
- Ein hohes, schmales Glas
- Ein Teelicht und Streichhölzer oder ein Feuerzeug

Was gemacht wird:

Das Teelicht wird in den mit Wasser gefüllten Teller gesetzt und angezündet. Dann stülpt man das Glas über die Kerze.

Was man beobachtet:

Die Kerze geht aus und das Wasser steigt im Glas nach oben. Das Teelicht schwimmt auf dem Wasser.

Achtung! Dieses Experiment beinhaltet Feuer und darf nur in Anwesenheit von Erwachsenen durchgeführt werden.



So, jetzt weißt du, worum es geht. Als nächstes geht es darum, dass Experiment zu erklären. Dafür nutzen wir die BRAIN-Methode. Los geht es mit dem Brainstorming.

BRAINSTORMING

Schreibe auf, was dir zu dem Experiment einfällt. Es geht hier nicht darum sofort die richtige Erklärung zu wissen. Aber so aktivierst du schon mal, was du bereits früher dazu gelernt hast.

Die Kerze geht aus, weil... ..

Das Wasser steigt im Glas nach oben, weil... ..

RECHERCHE

Im zweiten Schritt geht es um die Informationssuche zum Thema. Für das Beispiel findest du hier alles, was du brauchst. Ansonsten ist dein Schulbuch oft der erste Ort zur Recherche. Oder du verwendest andere Bücher oder das Internet zur Informationssuche.



Die Kerze benötigt Sauerstoff, um zu brennen. Stülpt man nun ein Glas über die Kerze, ist die Menge an Luftsauerstoff begrenzt. Luft besteht zu 21 % aus Sauerstoff. Wenn der Sauerstoffanteil unter 15 % sinkt, erlischt die Kerze.

Jetzt könnte man vermuten, dass durch den Verbrauch des Sauerstoffs Platz im Glas entsteht, der dann durch das Wasser aufgefüllt wird. Das ist aber nicht richtig, denn beim Brennen verbraucht die Kerze den Sauerstoff nicht, sondern wandelt ihn um: es entstehen Kohlenstoffdioxid und Wasserdampf. Diese Mischung benötigt zwar etwas weniger Platz, als der Sauerstoff vorher, doch der Unterschied ist zu gering, um zu erklären, dass das Wasser so weit nach oben im Glas ansteigt.

Es braucht also noch ein weiteres Phänomen. Die Kerzenflamme erwärmt die Luft in der nahen Umgebung. Wenn also das Glas über die Kerze gestülpt wird, erwärmt sich die Luft im Glas. Beim Erwärmen dehnt sich die Luft aus. Manchmal erkennt man das beim Überstülpen des Glases durch leichtes Blubbern im Wasser: das ist die Luft, die entweicht.

EINE KERZE FÄHRT AUFZUG

RECHERCHE

Wenn die Kerze ausgeht, kühlt sich die Luft im Glas wieder ab und braucht dann auch weniger Platz. Diesen Platz füllt das Wasser auf.

Doch auch hier muss man nochmal genau aufpassen: das Wasser wird nicht in das Glas hineingesaugt, sondern von der Luft außerhalb des Glases hineingedrückt. Da sich nach dem Abkühlen weniger Luft im Glas befindet, als dort eigentlich Platz hätte, nennt man das einen Unterdruck. Der Luftdruck außerhalb des Glases ist höher und das Wasser wird so weit ins Glas nach oben gedrückt, bis der Luftdruck im Glas und der Luftdruck außerhalb wieder gleich groß sind.

AKTIV WERDEN

Jetzt hast du alles gelesen, was du brauchst. Nutze die Informationen, um die folgenden Aufgaben zu bearbeiten. Dadurch hat dein Gehirn die Chance, die neuen Informationen richtig zu verarbeiten.

Vervollständige die Sätze und erkläre damit das Experiment in eigenen Worten:

Die Kerzenflamme erwärmt die umgebende Luft. Dadurch...

.....

Die Kerze im Glas geht nach kurzer Zeit aus, weil...

.....

Das Wasser steigt im Glas nach oben, weil...

.....

Der Luftdruck in der Umgebung ist...

.....

IMMER WIEDER WIEDERHOLEN

Und weiter geht's. Denk dran, mit jeder Wiederholung festigen sich die Verbindungen zwischen den Nervenzellen.

Kreuze an. Sind die Aussagen richtig oder falsch?

Die Kerze braucht den Sauerstoff in der Luft, um zu brennen.

Richtig **Falsch**

☐ ☐

Durch den verbrauchten Sauerstoff entsteht Platz im Glas, der mit Wasser aufgefüllt wird.

☐ ☐

Wenn sich die Luft abkühlt, braucht sie weniger Platz.

☐ ☐

Das Wasser wird durch den niedrigeren Druck in das Glas hineingesaugt.

☐ ☐

Und der letzte Teil von BRAIN ist „Nicht aufgeben“. Also bleib dran. Vielleicht magst du jemandem von dem Experiment erzählen und dein neues Wissen teilen?
Oder von der BRAIN-Methode?

Du kannst sie auch bei jedem neuen Physik-Thema nutzen und damit dein Gehirn beim Lernen unterstützen.



ABSCHLUSS

BLICK ZURÜCK



Um dein Gehirn beim Wachsen zu unterstützen, hast du dir auf dem Übungsblatt „Mit Köpfchen: Lernen & Behalten“ einen Punkt ausgesucht, auf den du besonders achten möchtest. Wie hat das geklappt?

Ich habe mir vorgenommen:

Das konnte ich umsetzen:

Das hat mir geholfen:



WAS WÜRDST DU WEITERERZÄHLEN?

Eine Freundin von dir hat ab nächstem Schuljahr Physikunterricht. Was würdest du ihr raten, welche Informationen über das Lernen, das Gehirn und Physik könnten für sie besonders nützlich sein?

.....
.....
.....
.....

WAS GLAUBST DU JETZT?



An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.

☐

stimme überhaupt
nicht zu

☐

stimme eher nicht zu

☐

stimme eher zu

☐

stimme voll
und ganz zu

VIELEN DANK FÜRS MITMACHEN UND VIEL
FREUDE WEITERHIN BEIM LERNEN!
LASS DEIN GEHIRN WACHSEN!





MACH DEIN GEHIRN FIT FÜR PHYSIK



Informationen für Lehrkräfte zum Growth Mindset in Physik

DANKE FÜR IHRE UNTERSTÜTZUNG

Lehr- und Lernforschung mit Schüler:innen findet zum großen Teil in der Schule statt. Ohne Sie, die Lehrkräfte, ist vieles nicht umsetzbar, daher danke für Ihre Zeit und Ihre Unterstützung! Während Ihre Schüler:innen das Lernbuch „Mach dein Gehirn fit für Physik“ bearbeiten, habe ich für Sie auf den folgenden Seiten etwas Hintergrundwissen zu unserer Forschung zusammengetragen: Sie erfahren, was wir Ihren Schüler:innen in der Lerneinheit vermitteln möchten und warum das aus unserer Sicht so wichtig ist, aber auch, wie Sie Ihre Schüler:innen über die Lerneinheit hinaus im Sinne des Growth Mindset auf ihrem Lernweg begleiten können.



WAS GLAUBEN SIE?



Ihre Schüler:innen starten mit einem kurzen Fragebogen in die Lerneinheit. Ich würde mich freuen, wenn Sie ebenfalls an der kurzen Umfrage teilnehmen und mir diese mit den ausgefüllten Lernheften der Schüler:innen zurücksenden. Es dauert nur ein paar Minuten.

DAS TRAINIERBARE GEHIRN

WAS GLAUBEN SIE?



An seiner Intelligenz kann man nicht wirklich etwas ändern.

☐ stimme überhaupt
nicht zu

☐ stimme eher nicht zu

☐ stimme eher zu

☐ stimme voll
und ganz zu

Und was ist Intelligenz? Welcher Aussage stimmen Sie am meisten zu?

- ☐ Intelligenz ist, wie viel ich weiß. ☐ Intelligenz ist logisches Denken. ☐ Intelligenz zeigt sich in dem, was ich kann.
Oder würden Sie Intelligenz ganz anders beschreiben? Wie?

Die „Bausteine“ des Gehirns nennt
man Nervenzellen.



Obwohl das Gehirn nur 2 % des
Körpergewichts ausmacht,
verbraucht es rund 20 % der
Energie.

Erwachsene haben ca. 86
Milliarden Nervenzellen.



DAS GEHIRN IM FAKTEN-CHECK



Das menschliche Gehirn wiegt im
Durchschnitt 1.400 g.



Diese Seite finden Sie genauso auch im Lernbuch der Schüler:innen. Im nachfolgenden Kasten
wird nun die zentrale Botschaft des Lernbuchs erklärt:

Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden

Es ist bekannt, dass Training zum Beispiel durch Gewichtheben die Muskulatur stärkt und vergrößert. Über lange Zeit ermöglicht regelmäßiges Gewichtheben, statt 10 kg später ganze 50 kg an Gewicht zu stemmen. Die Muskelzellen werden durch das Training stärker und größer und vermehren sich. Das macht den Muskel „stärker“.

Für viele ist die Erkenntnis, dass das Gehirn genauso wachsen und stärker werden kann, zugleich faszinierend und verblüffend. Trainiert man das Gehirn durch Knobelaufgaben, verändern sich die Nervenzellen im Gehirn. Sie wachsen und vermehren sich. Es ist also bewiesen: Unser Gehirn kann wachsen! Nichts lieber als das – denn wer will sein Gehirn nicht zum smarten Super-Gehirn anwachsen lassen? Ein Training mit langweilig-einfachen Aufgaben nützt dem Gehirn allerdings genauso wenig wie den Muskeln das Gewichtheben mit Grammgewichten. Der Schwierigkeitsgrad ist wichtig: Beim Muskel- wie beim Gehirntaining sollten eine die Übungen ins Schwitzen bringen und fordern. Über längere Zeit werden unsere „Gehirn-Muskeln“ stärker – und die Aufgaben erscheinen uns einfacher. Dann ist es Zeit, sich neue, herausfordernde Aufgaben zu suchen.

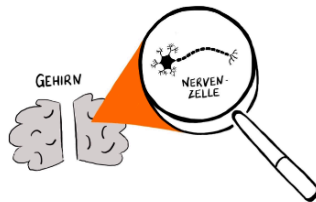
Zu Beginn ihres Lebens unterscheiden sich die meisten Menschen kaum. Jeder lernt zum Beispiel eine Sprache. Je nachdem, womit Menschen sich als Kleinkinder beschäf-

tigen, trainieren sie allerdings ganz unterschiedliche Bereiche oder „Muskeln“ ihres Gehirns. Je mehr ein Bereich trainiert wird, desto leichter fällt es, in diesem Bereich Neues zu lernen. Schließlich sind die „Gehirn-Muskeln“ ja gewachsen! Dadurch beginnen sie sich zu unterscheiden: Anne zum Beispiel ist geübt in der Fremdsprache Englisch, Sophie findet Kopfrechnen leicht. Anne fällt Kopfrechnen schwer – sie könnte darin allerdings genauso gut wie Sophie sein, hätte sie ihre „Kopfrechnen-Muskeln“ im Gehirn genauso trainiert wie Sophie. Ihre „Englisch-Muskeln“ hat sie ja schließlich auch erfolgreich trainiert.

Niemand ist also „dumm“ oder „schlau“, wir sind nur unterschiedlich geübt. Babys hält niemand für „dumm“, nur weil sie noch nicht sprechen können – schließlich haben sie es einfach noch nicht gelernt. Trotzdem werden manche als „dumm“ bezeichnet, wenn sie keine Physikaufgaben lösen können, zu langsam lesen oder Wörter falsch aussprechen – obwohl alle diese Dinge durch Übung erlernt werden! Niemand kann von Geburt an lesen oder Gleichungen lösen. Aber mit Anstrengung, Übung und Zeit kann es jeder lernen. Wie jedes Training ist also auch das Training des Gehirns eine schweißtreibende, anstrengende Sache. Wenn man jedoch merkt, wie man besser wird, ist dies alle Mühe wert.

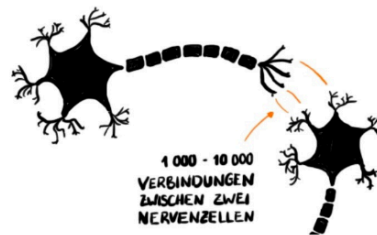
WAS HINTER DER METAPHER STECKT

Die Metapher des Gehirns, das wie ein Muskel trainiert werden kann, beschreibt in einem einfachen Bild Neuroplastizität, also die Fähigkeit des Gehirns, sich zu verändern, um neuronale Prozesse zu optimieren. Um das zu verstehen, lohnt es sich, genauer hinzusehen, was Lernen im Gehirn bedeutet:



Das Gehirn besteht aus vielen Milliarden einzelnen Nervenzellen.

Diese Nervenzellen sind miteinander verknüpft und dadurch können Informationen im Gehirn weitergegeben werden und neues Wissen kann mit bereits Gelerntem verknüpft werden.



Jede neue Information schafft eine neue Verbindung zwischen zwei Nervenzellen. Immer, wenn wir etwas lernen, werden also neue Verbindungen zwischen Nervenzellen geknüpft.

Je mehr Verbindungen zwischen zwei Nervenzellen bestehen, desto schneller können Informationen zwischen ihnen weitergegeben werden, d.h. das Wissen kann schneller abgerufen werden. Wenn wir etwas richtig gut können, ist dieser Bereich von Nervenzellen im Gehirn also sehr gut miteinander vernetzt.

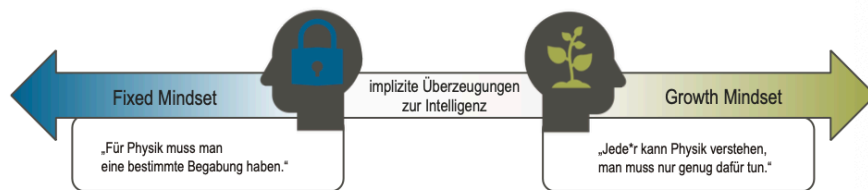


Das, was im Gehirn wächst und „trainiert“ wird, sind also nicht die Nervenzellen selbst, sondern deren Verbindungen, die für die Reizweiterleitung essentiell sind. Die Verbindungen zwischen den Nervenzellen, die sogenannten Synapsen, können jederzeit gebildet werden und einzelne Bereiche des Gehirns stärker vernetzen. Besonders im Bereich von professionellen Musiker:innen wurde dieses Phänomen viel untersucht und es lassen sich auffallende anatomische Unterschiede in den dafür wichtigen Gehirnarealen von Geübten und Ungeübten feststellen, die auf Neuroplastizität zurückzuführen sind.

Während viele naiv davon ausgehen, dass ein möglichst großes Gehirn mit sehr vielen Nervenzellen stellvertretend für Intelligenz angesehen werden kann, ist die neuronale Vernetzung viel entscheidender und genau diese lässt sich bei stark ausgeprägten Fähigkeiten nachweisen – und trainieren.

GROWTH MINDSET IN PHYSIK

Als Mindset bezeichnet Carol S. Dweck die Überzeugung zu Intelligenz und Lernen und unterscheidet zwei gegensätzliche Ausprägungen. Das Fixed Mindset steht für die Überzeugung, dass es eine festgelegte Intelligenz und angeborene Begabung für bestimmte Dinge gibt. Was eine Person lernen kann, wäre dann in gewisser Weise vorbestimmt. Das Growth Mindset ist die entgegengesetzte Überzeugung, dass Intelligenz aufbaubar ist, es also keine Begabung braucht, sondern im Bild des „Gehirn-Muskels“ Intelligenz trainiert werden kann. Bezogen auf Physik geht es weniger um allgemeine Intelligenz, sondern um die Frage, ob jede:r Physik lernen kann oder ob es eine spezielle Physikbegabung gibt. Je nach Überzeugung spricht man dann von einem physikbezogenen Fixed oder Growth Mindset.



WELCHES MINDSET IST „RICHTIG“?

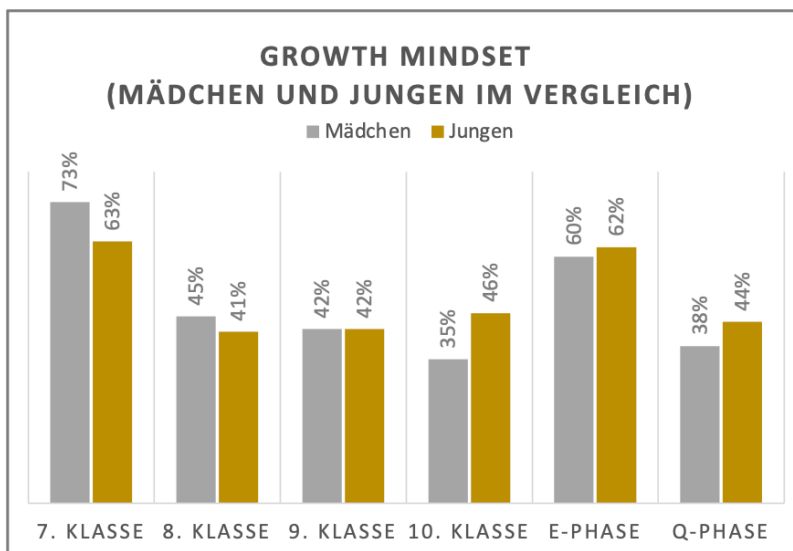
Betrachtet man die Forschung zur Neuroplastizität, wird schnell klar, dass bereichsspezifische Intelligenz nicht statisch ist, sondern durch Übung ausgebaut werden kann. Das gilt natürlich auch für Physik! Gleichzeitig gibt es auch viel Forschung zu Begabung und nachgewiesen unterschiedliche Ausgangsbedingungen zum Lernen. Vielleicht kennen Sie das „Mathe-Gen“ ROBO1? Dieses Gen geht nachweislich mit einem vergrößerten Gehirnbereich einher, der für die Verarbeitung von Zahlen wichtig ist. Es gibt also durchaus angeborene Begabungen. Dennoch gilt: egal welche Ausgangslage jemand hat, durch Training können neuronale Verbindungen gestärkt und damit Fähigkeiten verbessert werden.

WELCHES MINDSET IST HILFREICH?

Doch um die Frage „richtig“ und „falsch“ geht es bei einem Mindset nicht. Das Mindset beschreibt eine Überzeugung, und hat als solche einen großen Einfluss auf unser Handeln, ganz egal ob sie „richtig“ ist oder nicht. Schüler:innen mit einem Fixed Mindset in Physik können sehr erfolgreich und zufrieden sein. Wenn sie glauben und von ihrer Umwelt gespiegelt bekommen, dass sie eine Begabung in Physik haben und die Anforderungen im Physikunterricht mit ihren erlernten Strategien gut meistern können. Spannend wird die Frage nach dem Mindset besonders bei Schwierigkeiten auf dem Lernweg: Aufgaben, die nicht mit den bisher gelernten Strategien gemeistert werden können, unerwartet schlechte Ergebnisse in einem Test oder das plötzliche Nicht-Verstehen von Inhalten. Schüler:innen, die bisher gut in Physik waren, können sich von solchen Stolperern leicht verunsichern lassen und das Fixed Mindset stärkt diese Unsicherheit. Vielleicht ist die Begabung nicht groß genug? Vielleicht sind sie nicht schlau genug, um das zu schaffen? Und wenn die Begabung nunmal nicht ausreicht – warum sollen sie es dann weiter versuchen? All dies sind typische Fragen im Fixed Mindset, die dazu führen, dass Schüler:innen bei Schwierigkeiten resignieren und aufgeben. Schüler:innen mit einem Growth Mindset in Physik lassen sich nicht so schnell entmutigen, denn Schwierigkeiten in Physik bedeuten für sie nicht, dass sie es nicht schaffen können, sondern dass sie in diesem Bereich mehr üben müssen und ihr Gehirn trainieren müssen. Dementsprechend sind Schüler:innen mit einem Growth Mindset eher bereit, sich mehr anzustrengen zum Lernen und auch neue Lernstrategien zu entwickeln, um sich zu verbessern.

MINDSET IN PHYSIK – WAS WIR WISSEN

Wir haben Schüler:innen aus der 7. Klasse bis zur Q-Phase seit 2019 zu ihrem physikbezogenen Mindset befragt, um besser zu verstehen, wie sich die Überzeugungen zum Physiklernen verteilen und ggf. im Laufe der Schulzeit verändern. In der nachstehenden Abbildungen ist der prozentuale Anteil von Schüler:innen mit Growth Mindset in Physik aufgeteilt nach Jahrgangsstufe und Geschlecht abgebildet. Es handelt sich bei der Stichprobe um 900 Schüler:innen. Für die bessere Vergleichbarkeit ist hier nur eine Schulform (12 Gymnasien) gewählt, ein sehr ähnlicher Verlauf zeigt sich jedoch auch für Schüler:innen anderer Schulformen.



Zu Beginn des Physikunterrichts in der 7. Klasse vertritt die deutliche Mehrheit der Schüler:innen die Überzeugung eines Growth Mindsets. Doch bereits nach einem Jahr Physiklernen ist dieser Anteil stark gesunken. Die prozentuale Verteilung des Fixed Mindsets, also der Überzeugung man braucht eine bestimmte Physikbegabung, verläuft übrigens entgegengesetzt. Nur wenige Schüler:innen glauben das in der 7. Klasse, aber nach einem Jahr ist dieser Anteil etwa dreimal so groß. Spannend ist auch die Veränderung in der E-Phase, denn auf einmal ist der Anteil der Schüler:innen mit einem Growth Mindset in Physik wieder deutlich größer. Aus einer Studie, bei der die Schüler:innen erst am Ende des Schuljahres befragt wurden, wissen wir jedoch, dass dieser Effekt nur kurz anhält und am Ende des Schuljahres nicht mehr sichtbar ist.



SIE MÖCHTEN MEHR EINBLICK IN UNSERE FORSCHUNG UND INTERESSIEREN SICH FÜR WEITERE ERGEBNISSE ODER DIE FORSCHUNGSMETHODIK?

Wie sich das physikbezogene Mindset von Schüler:innen verändert (S. 161-167):
<https://esera2021.org/en/content/e-proceedings/conference-proceedings/conf-proceedings.html>

Hintergründe zum Aufbau der Lerneinheit:
<https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/download/1120/1211>

Das Physik-Mindset nach einem Jahr Lernen unter Pandemie-Bedingungen:
https://www.gdcp-ev.de/wp-content/tb2022/TB2022_468_Goldhorn.pdf

Die Erfahrungen, die Schüler:innen mit Physik machen, prägen auch ihre Überzeugungen zum Physiklernen. Kennen Sie Aussagen, wie „nicht jede:r kann Physik-Leistungskurs schaffen“ oder auch „ach, ich konnte Physik auch nie. Mach dir nichts draus“? Auch die viel erzählte Geschichte von Albert Einstein, dem Inbegriff eines Physik-Genies, verstärkt das Gefühl von Jugendlichen, dass Physik irgendwie besonders ist. Die gute Nachricht: wenn man sich bewusst macht, dass es sich dabei um Glaubenssätze und keineswegs um zementierte Tatsachen handelt, kann man diese bewusst verändern. Forschung zum Growth Mindset Classroom in den USA zeigt einen möglichen Weg auf, wie im Unterricht das Growth Mindset der Schüler:innen gestärkt werden kann. Ein wichtiges Element daraus ist Sprachsensibilität der Lehrkräfte, insbesondere in der Rückmeldung an die Schüler:innen. Dieses so genannte Growth Mindset Feedback möchte ich Ihnen als Werkzeug an die Hand geben.

GROWTH MINDSET FEEDBACK

Beim Growth Mindset Feedback werden die Kernbotschaften des Growth Mindsets in der Rückmeldung an die Schüler:innen integriert. Da in einigen gesellschaftlichen Normen doch starke Fixed Mindset Botschaften enthalten sind, ist gerade die Rückmeldung in Lern- und Leistungssituationen eine gute Möglichkeit, das Growth Mindset zu bestärken. Im Folgenden sind ein paar Leitsätze (mit kurzer Erklärung) für ein entwicklungsorientiertes Feedback.

Growth Mindset Feedback verknüpft Lernerfolge (z.B. Ergebnisse bei Tests) mit dem Lernprozess.

Insbesondere beim Loben ist es üblich, nur das Ergebnis zu fokussieren, z.B. „Super gemacht, alle Aufgaben sind richtig gelöst.“ Um das Growth Mindset in den Mittelpunkt zu rücken, ist jedoch der Lernweg genauso zu betonen, um den Schüler:innen den Zusammenhang zwischen Lernen und Ergebnis zu verdeutlichen, z.B. „Diesmal hast du alle Aufgaben richtig gelöst. Erinnerst du dich, dass das letzte Woche noch echt schwierig für dich war? Du hast das viel trainiert, das sehe ich an deinem Fortschritt. Toll gemacht.“

Growth Mindset Feedback ist sach-/themen- und zukunftsorientiert.

Statt die Person zu loben oder zu kritisieren, sollte es immer um einen Lerngegenstand, eine Strategie oder eben ein Lernergebnis gehen. Damit wird das Feedback von der Person als solche gelöst und ein Ergebnis wird weniger als „Personenmerkmal“ verstanden.

Growth Mindset Feedback weist auf Entwicklungen und Entwicklungsmöglichkeiten hin.

Bei schlechten Testergebnissen oder falsch gelösten Aufgaben etc. ist es inzwischen etabliert, die Entwicklungsmöglichkeiten in den Blick zu nehmen. Genauso wichtig ist das aber auch bei guten Ergebnissen. Im Sinne des Growth Mindset ist es ja gar nicht erstrebenswert, alles direkt zu können, denn dann trainiert man sein Gehirn ja nicht. Beispielsweise kann in einer Rückmeldung genau das formuliert werden oder auf die nächste Schwierigkeitsstufe hingewiesen werden. Beispiel: „Dein Lösungsweg bei dieser Aufgabe ist genau richtig. Lass uns mal schauen, ob wir eine schwierigere Aufgabe für dich finden.“

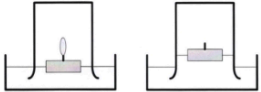
Growth Mindset Feedback vermeidet soziale Vergleiche.

Entwicklungsmöglichkeiten beziehen sich immer auf eine Person und ihren individuellen Weg. Natürlich haben Schüler:innen im Unterricht unterschiedliche „Startvoraussetzungen“ und lernen auch unterschiedlich schnell dazu. Es geht im Growth Mindset nicht darum, überall am schnellsten zu lernen und der oder die Beste zu werden. Es geht um das eigene Potential, sich zu verbessern. Ein Vergleich mit anderen stärkt eher die Vorstellung einer Begabung und führt bei schwächeren Schüler:innen schnell zu Resignation.

GROWTH MINDSET INTERVENTION

Das Growth Mindset Feedback ist also ein wertvoller Baustein, um für die Schüler:innen im Unterricht eine Growth Mindset Umgebung zu schaffen. Gleichzeitig ist der Ansatz über den Growth Mindset Classroom aus Sicht der Forschungsmethodik schwierig: Rückmeldung von Lehrkräften an ihre Schüler:innen ist immer individuell, erstreckt sich über einen langen Zeitraum, ist kaum zu kontrollieren und ob bei bester Intention auch immer Growth Mindset Botschaften genutzt werden, ist natürlich auch fraglich. Die Mindset-Forschung nutzt daher zunächst einen anderen Weg, um die Schüler:innen mit der Growth Mindset Botschaft zu erreichen: eine Intervention, die die Lernüberzeugungen direkt anspricht. Die Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ baut auf den Growth Mindset Interventionen auf, die vor allem in den USA, aber z.B. auch in einer repräsentativen Studie in Norwegen erprobt und eingesetzt wurden. In unserer Umsetzung haben wir jedoch noch eine Verknüpfung mit dem Fach Physik hergestellt, da in den naturwissenschaftlichen Fächern, aber speziell eben in Physik, die Begabungs-Überzeugung besonders stark vertreten ist.

ELEMENTE DER INTERVENTION

Metapher: das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden	Wissen über Neuroplastizität 
Lernstrategie B BRAINSTORMING R RECHERCHE A AKTIV WERDEN I IMMER WIEDER WIEDERHOLEN N NICHT AUFGEBEN	Anwendung am Physik-Beispiel  Experiment „Kerzenaufzug“ nachvollziehen und erklären

In der Lerneinheit wird den Schüler:innen also das Konzept des Growth Mindsets erklärt, ohne dieses direkt zu benennen. Stattdessen werden die neurologischen Grundlagen zum Lernen vermittelt, sowie die Muskel-Metapher als Merkhilfe angeboten.

Das Wissen alleine reicht natürlich nicht aus, um eine Überzeugung zu verändern. Dafür braucht es möglichst die dazu passende, positive Lernerfahrung. Daher wird den Schüler:innen mit der BRAIN-Methode eine Lernstrategie angeboten, die den „Gehirn-Muskel“ trainiert und im Anschluss wird diese Lernstrategie direkt an einem Beispiel, dem „Kerzenaufzug“ eingeübt.

Geraht wird die Lerneinheit von mehreren Elementen, die ebenfalls auf die Überzeugung der Schüler:innen wirken sollen, beispielsweise sollen sie ihr Lernverhalten reflektieren und auch selbst formulieren, was sie aus der Lerneinheit mitnehmen.

Inwieweit eine Überzeugungsänderung stattfindet, wird mit einem Fragebogen sechs bis acht Wochen nach der Lerneinheit abgefragt.

NOCHMAL: DANKE FÜR IHRE UNTERSTÜTZUNG

Noch ist die Lerneinheit in der Erprobungsphase und ohne Ihre Mithilfe wäre es uns nicht möglich, auf diese Weise über das Lernen zu forschen. Daher danke, dass Sie Ihre Unterrichtszeit zur Verfügung stellen und mit mir im Austausch sind.

Falls Ihnen Punkte in der Gestaltung der Lerneinheit aufgefallen sind, die wir verbessern können, die Ihren Schüler:innen Schwierigkeiten bereitet haben oder die Sie in der Einheit vermissen, freuen wir uns über Ihre Feedback dazu.

Falls Sie Fragen zur Mindset-Forschung haben, melden Sie sich ebenfalls gerne bei mir.

Ich freue mich sehr, dass Sie sich für ein physikbezogenes Growth Mindset bei Ihren Schüler:innen engagieren!

Kontakt:

Laura Goldhorn

goldhorn@physik.uni-frankfurt.de



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

- 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 Modellkomponenten 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 variiert 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 Teichrow (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 variierten 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)
- 385 Svenja Boegel (2024): Feedback beim Experimentieren: Zur Rolle von Cognitive Load und Motivation
ISBN 978-3-8325-5911-3 45.50 EUR (open access)
- 386 Laura Pannullo (2025): Wahlmöglichkeiten beim Experimentieren: Entwicklung und Erprobung eines Konzeptes für Experimente in inklusiven Lerngruppen im Physikunterricht
ISBN 978-3-8325-5916-8 46.50 EUR (open access)

- 387 Matthias Schweinberger (2025): „Stumme Videos“. Aufmerksamkeitslenkende Moderation von Demonstrationsexperimenten
ISBN 978-3-8325-5930-4 50.50 EUR
- 388 Rike Große-Heilmann (2025): Entwicklung fachdidaktischen Wissens zum Einsatz digitaler Medien im Fach Physik
ISBN 978-3-8325-5943-4 51.00 EUR (open access)
- 389 Lion Cornelius Glatz (2025): Eine vergleichende Betrachtung der Überzeugungskraft von Experimenten zum Teilchenmodell
ISBN 978-3-8325-5954-0 42.00 EUR (open access)
- 390 Rasmus Viefers (2025): Förderung der Variablenkontrollstrategie im Sachunterricht
ISBN 978-3-8325-5968-7 44.50 EUR (open access)
- 391 Luc Broder Albrecht (2025): Kritisches Denken in der Chemielehrer*innenbildung. Eine konzeptionell-empirische Studie zur Integration und Operationalisierung
ISBN 978-3-8325-5970-0 57.00 EUR (open access)
- 392 Anna Weißbach (2025): Reflexion von Physikunterricht. Entwicklung und Validierung eines Testinstruments mit Assessment-Feedback zur Reflexionsfähigkeit Physik-Lehramtsstudierender
ISBN 978-3-8325-5977-9 51.50 EUR (open access)
- 393 Robert Gieske (2025): Förderung fachwissenschaftlicher und kommunikativer Kompetenzen von Schüler*innen durch Disaggregate Instruction im Fach Chemie. Konzeption und Durchführung einer vergleichenden Interventionsstudie zur Analyse der Wirksamkeit sprachsensibler Unterrichtsansätze in der Sekundarstufe I
ISBN 978-3-8325-5984-7 51.00 EUR (open access)
- 394 Thomas Sean Weatherby (2025): Talking Circuits. The Development and Assessment of a Digitally-Scaffolded, Collaborative Method for Teaching and Learning Electrical Circuits in Early Secondary Schools
ISBN 978-3-8325-6008-9 57.00 EUR (open access)
- 395 Julia Welberg (2025): Wen interessiert's? Quantitative Untersuchungen der Zusammenhänge der Neigungen zu empathisierender und systematisierender Denkweise und Interesse an Physik
ISBN 978-3-8325-6021-8 42.00 EUR (open access)
- 396 Sebastian Nickel (2026): Repräsentationskompetenzen im Fach Chemie. Eine empirische Untersuchung zur Dimensionalität des Konstrukts und zu dessen Zusammenhang mit Fachwissen und räumlichen Fähigkeiten
ISBN 978-3-8325-6074-4 55.00 EUR (open access)
- 397 Manuel Becker (2026): Der Energie-Feld-Ansatz: Entwicklung und Evaluation eines Konzeptes für den Energieunterricht der Sekundarstufe II
ISBN 978-3-8325-6079-9 53.50 EUR (open access)

- 398 Sevan Khagy (2026): Lernen durch Erklären – Entwicklung und Evaluation eines Seminarkonzepts zur Förderung der Sach- und Erklärkompetenz von Chemie-Lehramtsstudierenden
ISBN 978-3-8325-6081-2 52.50 EUR (open access)
- 399 Büşra Tonyalı (2026): Untersuchung der Bedingungen und Wirkungen von Feedback auf die professionelle Kompetenz von angehenden Lehrkräften im Vorbereitungsdienst zum Einsatz externer Repräsentationen
ISBN 978-3-8325-6112-3 46.50 EUR (open access)
- 400 Lotte Hahn (2026): Physik-Erklärvideos: Qualitätsanalyse und Erhebung von Einstellungen von (angehenden) Physiklehrkräften
ISBN 978-3-8325-6128-4 54.00 EUR (open access)
- 401 Rebecca Paulin Möller (2026): Mikro-Perspektiven auf Physikunterricht im Kontext sprachlicher Diversität. Eine Fallstudie zu deutsch-türkischer Mehrsprachigkeit
ISBN 978-3-8325-6143-7 49.00 EUR (open access)
- 402 Laura Goldhorn (2026): Mindsets von Schüler*innen im Physikunterricht. Entwicklung eines Fragebogens und Pilotierung einer Intervention
ISBN 978-3-8325-6146-8 53.50 EUR (open access)
- 403 Frederik Bub (2026): Zur Rolle von Technik und Verantwortung im Physikunterricht. Eine rekonstruktive Perspektive auf die Orientierungen von Lehrkräften
ISBN 978-3-8325-6151-2 47.00 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

Implizite Überzeugungen über die Veränderbarkeit von Intelligenz und Fähigkeiten (Mindsets) gelten als Einflussfaktoren für Lernverhalten und den Umgang mit Herausforderungen. Für den Physikunterricht ist ihre Untersuchung von besonderem Interesse, da Physik von vielen Schüler*innen als anspruchsvoll wahrgenommen wird und zugleich durch hohe Abwahlquoten in der gymnasialen Oberstufe gekennzeichnet ist.

Um Mindsets physikbezogen zu untersuchen, wurde ein Fragebogen entwickelt und validiert, der die allgemein verwendete Mindset-Skala zu „Impliziten Theorien zur Intelligenz“ mit physikbezogenen Begabungs- und Anstrengungsüberzeugungen verbindet. Auf dieser Grundlage werden Ausprägungen und Verteilungen physikbezogener Mindsets bei Schüler*innen der Sekundarstufe mithilfe einer Clusterbildung beschrieben ($N = 1600$).

Dabei wird ein explizit physikbezogenes Fixed Mindset sichtbar, das auf eine starke fachbezogene Begabungsüberzeugung zurückgeht und vom allgemeinen Fixed Mindset abgrenzbar ist. Im Vergleich der verschiedenen Jahrgangsstufen zeigt sich das erste Lernjahr Physik als bedeutsam, da hier die größte Veränderung der Mindset-Verteilung zu beobachten ist und insbesondere der Anteil der Schüler*innen mit einem physikbezogenen Growth Mindset deutlich zurückgeht. Um dieser Entwicklung zu begegnen, wurde eine Lerneinheit konzipiert und in der Arbeit vorgestellt, die Elemente allgemeiner Growth-Mindset-Interventionen aufgreift und mit dem Physiklernen verknüpft.

Logos Verlag Berlin

ISBN 978-3-8325-6146-8