

## Mach dein Gehirn fit für Physik – eine digitale Lerneinheit zur Förderung des Growth Mindset –

Laura Goldhorn\*, Thomas Wilhelm\*, Verena Spatz<sup>†</sup>

\*Institut für Didaktik der Physik, Goethe-Universität Frankfurt am Main, Max-von-Laue-Str. 1, 60438 Frankfurt

<sup>†</sup>Didaktik der Physik, TU Darmstadt, Hochschulstraße 12, 64289 Darmstadt  
goldhorn@physik.uni-frankfurt.de

### Kurzfassung

Während Schüler\*innen mit einem Fixed Mindset in herausfordernden Lernsituationen schnell aufgeben, lassen sich jene mit einem Growth Mindset nicht so schnell abschrecken, ganz unabhängig vom jeweiligen Könnens- und Wissensstand der Schüler\*innen. Zu Beginn des Physikunterrichts in der 7. Jahrgangsstufe haben die meisten ein physikbezogenes Growth Mindset, doch dieser Anteil sinkt schon im ersten Lernjahr stark ab, während die Überzeugung einer notwendigen Physik-Begabung (Fixed Mindset) von mehr und mehr Schüler\*innen vertreten wird.

Um dieser Entwicklung entgegenzuwirken und das Growth Mindset in Physik zu stärken, wurde eine Lerneinheit entwickelt, die curriculumsunabhängig eingesetzt werden kann. Auf Basis der Neuroplastizität wird das Lernen erklärt. „Mach dein Gehirn fit für Physik“ ist ein digitales Angebot für Schüler\*innen der Sekundarstufe I, das die Elemente der bewährten Mindset-Interventionen (z. B. von Yeager et al. 2019) mit einem Physik-Thema verknüpft, um fachspezifisch das Growth Mindset zu vermitteln.

### 1. Fixed und Growth Mindset

In der Mindset-Theorie nach Dweck werden die impliziten Überzeugungen zur Intelligenz auf einem Kontinuum zwischen Fixed und Growth Mindset eingeteilt. Mithilfe von Aussagen, wie „Intelligenz ist eine Grundeigenschaft, die sich nicht wirklich verändern lässt“ (Dweck, 2000), wird eine Zuordnung vorgenommen. Wer solchen Aussagen (eher) zustimmt, wird tendenziell dem Fixed Mindset zugeordnet, das auf der Überzeugung gründet, dass Intelligenz eine festgelegte Eigenschaft ist. Das Growth Mindset basiert demgegenüber auf der Überzeugung, dass Intelligenz zu jedem Zeitpunkt entwickelbar ist und somit auch Wissen und Fertigkeiten stets ein Stück weiter ausgebaut werden können (Dweck, 2000). Das Mindset von Schüler\*innen sagt zunächst nichts über deren Leistungsniveau aus und es gibt überaus erfolgreiche Absolvent\*innen mit ausgeprägtem Fixed Mindset. Doch für die Mehrheit der Schüler\*innen kommt im Verlauf der Schullaufbahn mindestens in einem Schulfach ein Moment des Strauchelns, an dem die bisherigen Strategien nicht zum gewünschten Erfolg führen oder generell das Anforderungsniveau zu hoch erscheint. In diesen herausfordernden Momenten ist die implizite Überzeugung wichtig: für Schüler\*innen mit Fixed Mindset sind diese „Stolpersteine“ ein Anzeichen von mangelnder Begabung und sie tendieren schnell zum Aufgeben, indem sie z. B. das Schulfach abwählen. Schüler\*innen mit einem Growth Mindset nehmen solche Herausforderungen eher als Lerngelegenheiten wahr, suchen neue Strategien, strengen sich mehr an und versuchen ihre indi-

viduellen Kompetenzen auszubauen (Dweck & Yeager, 2019). Ein Growth Mindset als entwicklungsorientierte (Lern-)Überzeugung ist demzufolge mit lernförderlichen Strategien und Handlungsmustern verknüpft und gilt daher insbesondere im akademischen Kontext als unterstützenswert (vergleiche z. B. Molden & Dweck, 2006; Mueller & Dweck, 1998).

### 2. Physikbezogenes Mindset bei Schüler\*innen

Obwohl in den meisten Studien zum Mindset bei Lernenden die allgemeinen Überzeugungen zur Intelligenz (Dweck, 2000) abgefragt werden, gibt es Hinweise darauf, dass das Mindset hierarchisch und domänenspezifisch ausgeprägt ist (Hong et al., 1999; Yeager et al., 2013). Um das Mindset bereichsspezifisch abzufragen, wird die allgemeine Intelligenz-Skala (Beispiel-Item: „Intelligenz ist eine Grundeigenschaft, die sich nicht wirklich verändern lässt“ (Dweck, 2000)) häufig minimal abgewandelt und statt nach Intelligenz wird beispielsweise nach „math intelligence“ (Intelligenz in Mathematik) oder „math ability“ (Mathematik-Fähigkeiten) z. B. (Shively & Ryan, 2013) gefragt (vgl. Sisk et al. (2018) für einen Überblick). Um das physikbezogene Mindset von Schüler\*innen besser zu verstehen, wurde auf der Basis von Interviewstudien (Spatz & Goldhorn, 2021) ein fachspezifischer Mindset-Fragebogen entwickelt (Goldhorn et al., 2022a). Dieser beinhaltet zwar auch die Skala der impliziten Überzeugungen zur allgemeinen Intelligenz, kombiniert diese jedoch mit zwei fachspezifischen, aus den Interviews extrahierten und in einer Studie mit N = 256 Schüler\*innen validierten

Skalen zur „Physikbegabung“ und dem Einfluss von „Anstrengung in Physik“ (Goldhorn et al., 2020).

Aus Erhebungen mit diesem Physik-Mindset-Fragebogen resultieren erste Erkenntnisse über die Verteilung und Veränderung des physikbezogenen Mindsets bei Schüler\*innen, hier am Beispiel von N = 900 Gymnasialschüler\*innen. Zu Beginn des Physikunterrichts in der 7. Jahrgangsstufe ist das physikbezogene Growth Mindset dominierend vertreten und nur wenige Schüler\*innen (5,5 % der Mädchen und 2,6 % Prozent der Jungen) sind von einer speziellen Physik-Begabung überzeugt, haben also ein physikbezogenes Fixed Mindset (Goldhorn et al., 2022a). Nach nur einem Lernjahr, also in der 8. Jahrgangsstufe, hat sich die relative Zahl der Schüler\*innen mit diesem physikbezogenen Fixed Mindset verdreifacht (16,8 % der Mädchen und 9,1 % der Jungen) und der Anteil der Schüler\*innen mit einem Growth Mindset reduziert sich von 69,1 % auf 43,5 %. Es ist davon auszugehen, dass es sich hierbei nicht um ein rein altersbezogenes Phänomen handelt, sondern diese Entwicklung tatsächlich auf den Einfluss des Physikunterrichts zurückzuführen ist. Diese Annahme wird dadurch bestärkt, dass Schüler\*innen den Mindset-Fragebogen nach einem Jahr Lernen unter Pandemiebedingungen in einer weiteren Studie (Goldhorn et al., 2022b) erneut ausfüllten und sich in diese Stichprobe eine Verzögerung der Mindset-Entwicklung um ein Schuljahr zeigte, d. h. der deutliche Anstieg des physikbezogenen Fixed Mindsets ist zwischen den Jahrgangsstufen 8 und 9 beobachtbar. Im Home-Learning und bei viel Unterrichtsausfall ist die Veränderung des physikbezogenen Mindsets also nicht so deutlich beobachtbar wie beim Präsenzlernen.

### 3. Growth Mindset Interventionen

Um das Growth Mindset zu fördern, liegt ein Schwerpunkt der Mindset-Forschung in der Entwicklung und Optimierung von wirkungsvollen Growth Mindset-Interventionen. Dabei geht es darum, den Teilnehmer\*innen die grundlegende Entwicklungsüberzeugung möglichst glaubwürdig und nachvollziehbar zu vermitteln. Denn während es natürlich eine genetische Komponente in der Ausprägung von Gehirnstrukturen gibt und damit die Idee von Begabung im Sinne unterschiedlicher Ausgangssituationen und „leichterem Lernen“ nicht falsch ist (Skeide et al., 2020), ist auch die Neuroplastizität unumstritten. Neuroplastizität beschreibt die Veränderbarkeit des Gehirns, genauer gesagt die Möglichkeit der Ausprägung und Veränderbarkeit neuronaler Netze, die durch neue und stärkere Verknüpfung der einzelnen Nervenzellen entstehen. Beim Lernen werden neue Verknüpfungen zwischen Neuronen gebildet und durch wiederholtes Trainieren gleicher Inhalte werden diese Verknüpfungen stärker und die neuronalen Prozesse beim Abrufen einer Information können schneller ablaufen (Jäncke, 2014). Während also die

Ausgangssituation und damit auch das Ausbauen bestimmter neuronaler Netze durch genetische Komponenten unterschiedlich sein kann, ist gleichzeitig zu jedem Zeitpunkt die Möglichkeit der Entwicklung gegeben. Und genau das ist die zentrale Growth Mindset-Botschaft, die in Interventionen vermittelt wird.

Generell gibt es bislang keine einheitliche Form der Mindset-Interventionen, doch Elemente, die in allen erfolgreichen Interventions-Studien enthalten sein sollten, werden von Burnette et al. (2022) und Yeager et al. (2016) zusammengefasst. Growth Mindset-Interventionen sollten

- neurowissenschaftliche Informationen enthalten,
- mit glaubwürdigen Quellen arbeiten,
- wissenschaftliche Belege für die Entwicklungsmöglichkeit aufzeigen,
- die Teilnehmenden respektvoll behandeln,
- soziale Normen der Zielgruppe einhalten,
- Schuldzuweisungen vermeiden,
- für die Gruppe der Teilnehmenden relevant sein und
- eine leicht zu merkende Metapher verwenden, damit die Teilnehmer\*innen die Botschaft gut verinnerlichen können.

Die Growth-Mindset-Intervention von Blackwell et al. (2007) erfüllt diese Kriterien und nutzt einen seitdem in zahlreichen Mindset-Interventionen verwendeten Baustein, um mehrere der oben genannten Punkte zu verbinden. Das zentrale Element der Intervention ist ein Text mit dem Titel „You Can Grow Your Intelligence“, der sowohl die Neuroplastizität grundlegend erklärt, als auch ein gut merkbares Bild daraus formt und das Gehirn mit einem Muskel vergleicht, der trainiert werden kann (Blackwell et al., 2007).

Ein weiteres Element am Ende von vielen Mindset-Interventionen ist die Aufforderung an die Teilnehmer\*innen, mit ihrem jetzigen Wissen über Intelligenz und das Gehirn jüngeren Schüler\*innen bzw. Studierenden (je nach Zielgruppe) Tipps zu geben. Dahinter steckt die Aufgabe, die Kernbotschaft der Intervention in eigenen Worten zu formulieren und somit die eigene Überzeugung zu stärken (Aronson et al., 2002).

Während es inhaltlich zumindest einige Elemente gibt, die wichtig und erfolgsversprechend für die Intervention sind, gibt es eine große Variation an Arten der Vermittlung und auch der Länge der Intervention. Die bereits erwähnte Studie von Blackwell et al. (2007) beschreibt eine Intervention mit insgesamt acht Lerneinheiten, die von speziell geschulten Trainingsleiter\*innen durchgeführt wurde. Seit 2015 wird in der Forscher\*innengruppe rund um Yeager und Dweck vor allem an der Skalierbarkeit und Kostenminimierung der Mindset-Interventionen gearbeitet (Dweck & Yeager, 2019; Paunesku et al., 2015). Ihre

„National Study of Learning Mindsets“ (Yeager et al., 2019) enthält eine 25-minütige, am Computer durchgeführte Intervention. Es gibt jedoch auch zahlreiche Interventionen, die von geschulten (Fach-)Lehrkräften selbst im Unterricht durchgeführt werden und auch einzelne deutschsprachige Adaptionen (Zeeb et al., 2020). Insgesamt gibt es zwar Hinweise darauf, dass ausgebildete Trainingsleiter\*innen und mehrere Einheiten größere Effekte bedeuten, doch belastbare Ergebnisse dazu aus Meta-Analysen gibt es noch nicht, da die Variation zu groß ist (Burnette et al., 2022).

#### 4. „Mach dein Gehirn fit für Physik“ – konkrete Umsetzung einer Growth Mindset Intervention

Im aktuellen Forschungsvorhaben zum Mindset bei Schüler\*innen in Physik wurde, angelehnt an die Growth Mindset-Intervention von Yeager und Kolleg\*innen, eine physikbezogene Intervention für die Sekundarstufe I entwickelt (Goldhorn et al., 2021). Ziel der Lerneinheit ist es, das fachbezogene Growth Mindset der Schüler\*innen zu stärken und zu versuchen, die Entwicklung des abnehmenden Growth Mindset und stärker vertretenen Fixed Mindset (Physikbegabung) abzuschwächen. Die Inhalte der Intervention wurden zunächst als Lernbuch, also in einer Papierversion, entwickelt und getestet. Um die Lerneinheit flexibler zugänglich zu machen, wurden die Inhalte anschließend in einen Online-Kurs übertragen.

##### 4.1. Inhalte der physikbezogenen Growth Mindset-Intervention

Die digitale Lerneinheit mit dem Titel „Mach dein Gehirn fit für Physik“ besteht aus vier Abschnitten. Im ersten Teil werden Informationen zum Gehirn gegeben (z. B. die Anzahl der Nervenzellen) und die deutsche Adaption des Textes „You Can Grow Your Intelligence“ bearbeitet. Die deutsche Fassung (von Zeeb et al., 2020) trägt den Titel „Neuere Forschungen zeigen: Das Gehirn kann wie ein Muskel trainiert werden“. Im Text wird das Phänomen der Neuroplastizität erklärt und dann schüler\*innengerecht am Beispiel verschiedener „Gehirn-Muskeln“ für die unterschiedlichen Schulfächer veranschaulicht. Ein Auszug aus der Übersetzung von „You Can Grow Your Intelligence“ von Zeeb et al. (2020) ist der folgende: „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 schon erfolgreich trainiert.“ Anschließend wird die Neuroplastizität, konkret das Knüpfen neuer Verbindungen zwischen Nervenzellen, noch einmal anhand einer Visualisierung und Informationstexten vertieft.

Im zweiten Teil wird ein Experiment von Rosenzweig und Bennett vorgestellt und ausgewertet, bei dem das Wachstum von Gehirnen durch Lernen und Herausforderungen bei Ratten erforscht wurde (Rosenzweig et al., 1962). Zusätzlich wird eine Lernstrategie, die sogenannte BRAIN-Methode (nach Brainology® von MindsetWorks (2002-2014)) vorgestellt. BRAIN ist hier ein Akronym für Brainstorming, Recherche, Aktiv lernen, Immer wieder wiederholen und Nicht aufgeben, also eine Art Anleitung zum Lernen.

Im dritten Teil wird die BRAIN-Strategie auf ein Physik-Thema angewendet. Die Schüler\*innen sehen ein Video zum Experiment „Kerzenaufzug“: ein brennendes Teelicht steht in einer flachen Schale mit etwas Wasser. Dann wird ein Glas über das brennende Teelicht gestülpt. Nach kurzer Zeit erlischt das Teelicht und der Wasserspiegel steigt im Glas an. Anhand des Experiments durchlaufen die Schüler\*innen angeleitet die Schritte der BRAIN-Methode und können durch die in der Lerneinheit bereitgestellten Informationen Schritt für Schritt zur fachlich korrekten Erklärung des Experiments gelangen.

Im vierten und letzten Teil der Lerneinheit werden die Inhalte zusammengefasst und es gibt einen kurzen Reflexionsteil sowie eine Übung zum Saying-Is-Believing-Effekt: die Schüler\*innen sollen einen Tipp oder Rat für Freund\*innen formulieren, die ab nächstem Schuljahr Physikunterricht haben werden und sich Sorgen machen, ob sie das können.

##### 4.2. Erläuterung der gewählten Inhalte

Um die Lerneinheit sowohl vergleichbar zu den bereits bestehenden Growth Mindset-Interventionen zu halten, wurden einige Elemente ohne eigene Bearbeitung übernommen. Dazu zählt die deutsche Adaption des Textes „You Can Grow Your Intelligence“, aber auch der Einsatz einer Saying-is-Believing-Übung am Ende der Lerneinheit. Ein paar weitere Elemente sind inhaltlich angelehnt an dokumentierte Mindset-Interventionen und auch an das Begleitmaterial zu dem Online-Kurs Brainology® (MindsetWorks, 2002-2014). Dazu zählt die visuelle Darstellung der Synapsenbildung im Gehirn, aber auch das Experiment von Rosenzweig und Bennett, die bereits 1962 mit Ratten zeigen konnten, dass sich das Gehirn durch Stimulation (Haltung in der Gruppe und abwechslungsreich gestalteter Käfig mit Lernmöglichkeiten) verändert und sich diese Veränderung auch in einer messbaren Gewichtszunahme des Gehirns festhalten lässt (Rosenzweig et al., 1962).

Auch die Lernstrategie BRAIN ist angelehnt an das Online-Programm Brainology®, wurde jedoch übersetzt und daher leicht angepasst, um das Akronym zu erhalten. Um die Lerneinheit fachspezifisch für Physik zu gestalten, wird die BRAIN-Methode nicht nur vorgestellt, sondern innerhalb der Intervention an einem Physik-Thema angeleitet durchgeführt. Das gewählte Thema für die Intervention ist das im vorherigen Absatz kurz beschriebene Experiment „Kerzenaufzug“. Grundsätzlich ist das Thema, mit dem die

Lernstrategie geübt wird, nicht entscheidend. Es sollte natürlich ein physikalisches Thema sein und idealerweise für die Schüler\*innen einen tatsächlichen Lernmoment enthalten. Dafür gibt es verschiedene Möglichkeiten: die Intervention wird ans Curriculum angepasst und kann inhaltlich an genau einer Stelle durchgeführt werden, wenn nämlich exakt das in der Intervention genutzte Thema im Unterricht behandelt wird. Das schränkt jedoch die Einsetzbarkeit der Lerneinheit stark ein, denn sie ist dann nur in einer Altersstufe und nur in einer Unterrichtseinheit möglich. Alternativ kann in der Intervention lediglich die BRAIN-Methode vorgestellt werden und die unterrichtenden Lehrkräfte wenden sie dann selbstständig mit ihren Schüler\*innen auf das aktuelle Thema an. Das wiederum macht diesen Teil der Intervention nicht mehr vergleichbar und der Physikbezug sollte aktiver Teil der Intervention sein, da wir uns bewusst auf die fachbezogene Growth Mindset-Intervention fokussieren. Daher fiel die Entscheidung auf die dritte Möglichkeit und ein Thema wurde gewählt, das nicht explizit Teil des Curriculums in Hessen ist, dessen zentrale fachliche Grundlagen, die Volumenänderung von Gasen bei Temperaturänderung, jedoch vergleichsweise leicht zu verstehen sind und deren vorherige Behandlung im Physikunterricht daher nicht zwingend notwendig ist. Das Experiment „Kerzenaufzug“ wird zudem teilweise bereits im Sachunterricht in der Grundschule behandelt oder auch im naturwissenschaftlichen Anfangsunterricht oder entsprechenden AGs. Die Schüler\*innen haben also möglicherweise das Experiment bereits gesehen, doch auch in diesem Fall bietet es oft noch eine Lerngelegenheit, da die Erklärung häufig unvollständig ist.

Um das Kerzenaufzug-Experiment zu erklären, müssen im Wesentlichen zwei Fragen beantwortet werden: (1) Warum erlischt die Flamme kurz nach dem Überstülpen des Glases? (2) Warum steigt der Wasserspiegel innerhalb des Glases an?

Die Antwort der ersten Frage ist einfacher. Die Flamme benötigt Sauerstoff, um zu brennen. Durch das Glas wird das der Kerze zur Verfügung stehende Luftvolumen begrenzt und wenn der Sauerstoffanteil in der eingeschlossenen Luft unter 16 % sinkt, erlischt die Kerzenflamme.

Die Antwort zur zweiten Frage beinhaltet die entscheidende Physik. Ist die Flamme aus, kühlt die im Glas eingeschlossene erwärmte Luft wieder ab und benötigt folglich weniger Platz. Es entsteht ein Unterdruck im Vergleich zum äußeren Luftdruck, so dass dieser das Wasser in das Glas hineindrückt, bis der Druck wieder ausgeglichen ist. Wenn gasförmiges Wasser kondensiert und damit sein Volumen verringert, unterstützt dies den Effekt, was aber als Nebeneffekt nicht diskutiert werden muss.

In vielen (online) zu findenden Beschreibungen des Kerzenaufzug-Experiments werden fachlich falsche Erklärungen gegeben, beispielsweise wird oft nur der

Sauerstoffverbrauch angegeben und dass dessen freigewordener Platz durch das Wasser aufgefüllt wird. Das ist nicht richtig, denn zum einen wird der Sauerstoff im Brennprozess nicht verbraucht, sondern umgewandelt, und außerdem wäre die Volumenänderung insgesamt zu klein, um einen sichtbaren Anstieg des Wasserspiegels zu beobachten. Auch die Behauptung, dass das CO<sub>2</sub> im Gegensatz zum O<sub>2</sub> schnell im Wasser aufgenommen wird, ist nicht stichhaltig. Für eine ausführlichere Betrachtung der Erklärungen und typischerweise auftauchenden Schwierigkeiten siehe Plappert (2012).

Damit alle Schüler\*innen unabhängig von möglichen Vorkenntnissen den Versuch innerhalb der Lerneinheit kennenlernen, gibt es ein Video zur Durchführung und eine ausführliche Erläuterung des Ablaufs sowie der Theorie, die schrittweise bearbeitet wird.

#### 4.3. Digitale Umsetzung der Lerneinheit

Für die Lerneinheit „Mach dein Gehirn fit für Physik“ wurde ein Moodle-Kurs eingerichtet. Teilnehmende Schüler\*innen erhalten individuelle, anonymisierte Zugangsdaten, mit denen sie Zugriff auf alle Kursinhalte haben.

Direkt auf der Startseite wird der Kurs in einem Video vorgestellt, danach wird über den oben bereits vorgestellten Fragebogen das physikbezogene Mindset der Schüler\*innen erhoben. Anschließend kommt der erste der vier oben erwähnten Teilabschnitte der Lerneinheit. Aufgebaut sind sie als „interaktives Schulbuch“, d. h. die teilnehmenden Schüler\*innen klicken sich von Seite zu Seite und es gibt verschiedene „Aufklappmöglichkeiten“, die zusätzliche Informationen enthalten, teilweise kurze Reflexions- oder Quizfragen, die über Anklicken vorgefertigter Antwortmöglichkeiten oder Freitextfelder bearbeitet werden können. Durch die Lerneinheit leitet ein kleines Icon, ein mit Hanteln trainierendes Gehirn, das sowohl die Navigation zu Beginn erklärt als auch an Pausen zwischendurch erinnert oder Quizfragen anmoderiert. Die Wissensfragen sind mit Feedbackfunktion angelegt; die Schüler\*innen erhalten also direkt eine Rückmeldung. Bei falscher Antwort beinhaltet diese einen Hinweis zur richtigen Lösung und die Möglichkeit, es noch einmal zu probieren.

Die vier Abschnitte können theoretisch alle direkt hintereinander bearbeitet werden. Inhaltlich (und das wird auch innerhalb der Lerneinheit so kommuniziert) wird mindestens eine längere Pause nach dem zweiten Abschnitt empfohlen, damit die aufgenommenen Informationen mit Zeit verarbeitet werden können, sich aber auch die in der Lerneinheit enthaltene Mindset-Botschaft etwas setzen kann. Ca. zwei Monate nach der Durchführung der vier Teile der Lerneinheit wird der Nachtest freigeschaltet, mit dem erneut das Mindset der Teilnehmer\*innen erhoben wird.

Alle Antworten, auch die Freitextangaben der Schüler\*innen werden gespeichert, so dass sie für die Auswertung der Intervention auch mit den erhobenen Mindsets verknüpft werden können.

### 5. Ausblick: Einsatzmöglichkeiten der digitalen Lerneinheit

Die Inhalte der Lerneinheit wurden in einer papierbasierten Version bereits getestet und im Schuljahr 2022/2023 findet eine Interventionsstudie im Pre-Post-Design mit mindestens zehn Klassen der Sekundarstufe I (Jahrgangsstufen 7 bis 10) statt – ebenfalls papierbasiert. Auch für die digitale Umsetzung der Lerneinheit ist eine Interventionsstudie im beschriebenen Pre-Post-Design geplant, um den Einfluss der Teilnahme daran auf das physikbezogene Mindset zu untersuchen. Die Durchführung der Studie ist logistisch an den Physikunterricht gebunden, damit sowohl die Teilnahme am Nachtest als auch der personenbezogene Datenschutz bei den teilnehmenden Schüler\*innen gewährleistet sind. Bei einem positiven Ergebnis der Studie, also einer Förderung des physikbezogenen Mindsets durch die Teilnahme an „Mach dein Gehirn fit für Physik“, soll die Teilnahme an der Lerneinheit auch unabhängig vom Klassenverband möglich gemacht werden. Denn insbesondere für die individuelle Nutzung ist die digitale Umsetzung von Vorteil gegenüber der papierbasierten Lerneinheit.

### 6. Literatur

- 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>
- 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>
- Burnette, J. L., Billingsley, J., Banks, G. C., Knouse, L. E., Hoyt, C. L., Pollack, J. M., & Simon, S. (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>
- Dweck, C. S. (2000). Self-theories: Their role in motivation, personality, and development. Taylor & Francis.
- 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>
- 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* (Bd. 40, S. 776–779).
- Goldhorn, L., Wilhelm, T., & Spatz, V. (2021). Das physikbezogene Growth Mindset bei Schüler\*innen fördern. *PhyDid B - Didaktik der Physik - Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung*. <https://ojs.dpg-physik.de/index.php/phydid-b/article/view/1120>
- Goldhorn, L., Wilhelm, T. & Spatz, V (2022a). Domain-specific theories of intelligence: how students' mindsets in physics change without interventions. In G.S. Carvalho, A.S. Afonso & Z. Anastácio (Eds.), *Fostering scientific citizenship in an uncertain world* (Proceedings of ES-ERA 2021), Part Learning science: Cognitive, affective, and social aspects (co-ed. F. Le Hebel & V. Kind), (pp. 161-167). Braga: CIEC, University of Minho. ISBN 978-972-8952-82-2
- 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* (Bd. 42, S. 468–471).
- 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>
- Jäncke, L. (2014). Das plastische Hirn. *Lernen und Lernstörungen*, 3, 227–235.
- Molden, D. C., & Dweck, C. S. (2006). Finding „Meaning“ in Psychology: A Lay Theories Approach to Self-Regulation, Social Perception, and Social Development. *American Psychologist*, 61(3), 192–203. <https://doi.org/10.1037/0003-066X.61.3.192>
- MindsetWorks (2002-2014). *Brainology*. <https://www.mindsetworks.com/>
- 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>
- 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.
- Rosenzweig, M. R., Krech, D., Bennett, E. L., & Diamond, M. C. (1962). Effects of environmental

- complexity and training on brain chemistry and anatomy: A replication and extension. *Journal of Comparative and Physiological Psychology*, 55(4), 429–437.  
<https://doi.org/10.1037/h0041137>
- 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>
- 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>
- Skeide, M. A., Wehrmann, K., Emami, Z., Kirsten, H., Hartmann, A. M., Rujescu, D., & Legascreen Consortium. (2020). Neurobiological origins of individual differences in mathematical ability. *PLOS Biology*, 18(10), e3000871.  
<https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3000871>
- 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>
- Yeager, D. S., Hanselman, P., Walton, G. M., Murray, J. S., Crosnoe, R., Muller, C., Tipton, E., Schneider, B., Hulleman, C. S., Hinojosa, C. P., Paunesku, D., Romero, C., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Iachan, R., Buontempo, J., Yang, S. M., Carvalho, C. M., ... Dweck, C. S. (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., Lee, H. Y., O'Brien, J., Flint, K., Roberts, A., Trott, J., Greene, D., Walton, G. M., & Dweck, C. S. (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., Trzesniewski, K. H., & Dweck, C. S. (2013). An Implicit Theories of Personality Intervention Reduces Adolescent Aggression in Response to Victimization and Exclusion. *Child Development*, 84(3), 970–988.  
<https://doi.org/10.1111/cdev.12003>
- 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>