

Diagnose schwierigkeiterzeugender Merkmale anhand physikalischer Problemstellungen

Schülerinnen und Schüler beklagen häufig, dass der Physikunterricht zu den schwierigsten Fächern gehöre. Der hohe Schwierigkeitsgrad wird gemeinhin als einer der Hauptgründe angenommen, weshalb der Physikunterricht nur wenige Lernende begeistert und häufig abgewählt wird. Die Schwierigkeiten der Lernenden beim Lösen von Physikaufgaben entstehen durch verschiedene vermutete Merkmale, welche zwar einzeln empirisch belegt sind, deren Auswirkungen auf die Wahrnehmung der Schülerinnen und Schüler jedoch noch nicht hinreichend erforscht sind. Basierend auf vier Hauptbereichen von Merzyn (2008) wurden im Rahmen einer zweistufigen qualitativen Fallstudie die Probleme beim Lösen von Physikaufgaben mit erhöhter Schwierigkeit in den Bereichen Fachsprache, Mathematik, Modellbildung sowie einem fehlenden Alltagsbezug untersucht. Obwohl diese Hauptbereiche sich häufig überlappen und nur schwierig abgrenzbar sind, sollte jeder von ihnen möglichst deutlich die jeweilige Aufgabe dominieren. Die Studie bestand aus einer Arbeitsphase mit lautem Denken und einer Reflexionsphase mithilfe eines leitfadensbasierten Interviews. Die Ergebnisse der Studie sollen dazu dienen, einen besseren Einblick zu erhalten, wie Schülerinnen und Schüler verschiedene schwierigkeiterzeugende Merkmale bei physikalischen Problemen subjektiv wahrnehmen und möglicherweise gezielt nach Hilfe fragen können.

Theoretischer Hintergrund

Da so viele Lernende Physik als eines der unbeliebtesten Schulfächer einstufen (Fruböse, 2010; Caglar-Öztürk, 2015), stellt sich die Frage nach dem Hauptgrund für diese Unbeliebtheit. Auch internationale Studien (Williams et al., 2003; Angell et al., 2004; Ornek et al., 2008; Bennet & Hogarth, 2009) belegen seit Jahren die Unbeliebtheit des Schulfaches Physik. Nicht zuletzt zeigen die Ergebnisse vergangener PISA-Studien für Deutschland nach dem sogenannten „PISA-Schock“ infolge der ersten Erhebung 2003 noch immer verbesserungswürdige Daten in den Naturwissenschaften (OECD, 2016). Besonders der häufig wahrgenommene Schwierigkeitsgrad von Physik an sich wird seit langem betont (Ford, 1989). Als mögliche Begründung für die empfundene Schwierigkeit des Unterrichtsfaches Physik sieht Merzyn (2008) die Geschichte dieser Naturwissenschaft. Die Probleme historischer Physiker, Formulierungen zu finden und Begriffe abzugrenzen, hätten zu einer hohen Abstraktheit und damit Schwierigkeit geführt. Die von Schülerinnen und Schülern als erhöht eingeschätzte Schwierigkeit im Schulfach Physik, verglichen mit anderen Fächern, erzeuge zwei negative Folgen. Zum einen verringerten sich die Lernerfolge, da durch das hohe Niveau häufig nur auswendig gelernt werde und der Sinn des Lernens verloren gehe (Merzyn, 2010). Zudem sinke durch einen höheren Schwierigkeitsgrad (und den damit verbundenen, ausbleibenden Lernerfolgen) das generelle Interesse der Lernenden am Fach Physik.

In der Theorie werden mehrere Faktoren angenommen, welche Physik schwierig machen. Diese wurden in einer vorangegangenen Arbeit untersucht (Fareed & Winkelmann, 2019). Die vier meistgenannten schwierigkeiterzeugenden Merkmale sind ein fehlender Alltagsbezug, persönliche notwendige Anstrengungen, der Gebrauch von Fachbegriffen sowie das Modellieren und Idealisieren physikalischer Probleme. Diese Merkmale entsprechen weitgehend den vier eingangs genannten Hauptbereichen nach Merzyn (2008). Um die wahrgenommene Schwierigkeit von Physik durch Schülerinnen und Schüler zu erfahren, sollten in der vorliegenden Studie Aufgaben zu diesen vier Merkmalen gelöst werden. Hierbei

werden die Begriffe Problem und Aufgabe, in Anlehnung an Brandenburger (2016), synonym gebraucht.

Die Problemlösekompetenz gilt als wesentliche Handlungsanforderung in allen Lebensbereichen: in einfachen Alltagssituationen, (natur-)wissenschaftlichen Kontexten oder komplexeren, gesellschaftlich relevanten, politischen oder wirtschaftlichen Problemen (Reif, 2008; Brandenburger, 2016). Nach Smith (1991) kann jede Situation, die Analyse und Lösungen erfordert, als Problem definiert werden. Besonders im akademischen Kontext steht Problemlösen derzeit im öffentlichen Fokus, denn nach den Ergebnissen von Leistungstests wie PISA wurde allgemein von Experten befürchtet, dass Schülerinnen und Schüler nicht lernen, im Alltag reale Probleme lösen zu können (Kühn, 2011). Heute wird Problemlösen als Schlüsselkompetenz angesehen und ist in den nationalen Bildungsstandards und Curricula verankert. In der vorliegenden Untersuchung nutzen Schülerinnen und Schüler ihre Problemlösekompetenz, um erfolgreich mit vorgelegten physikalischen Problemen umzugehen. Das Problemlösen selbst ist jedoch nicht Untersuchungsgegenstand der Studie, sondern dient als Mittel zur qualitativen Analyse der wahrgenommenen Schwierigkeit.

Studiendesign

Zielsetzung und Forschungsfragen

Mithilfe der Studie sollten die folgenden Forschungsfragen beantwortet werden:

- Werden die in der Literatur vermuteten, schwierigkeitserzeugenden Merkmale auch von Schülerinnen und Schülern artikuliert, während sie physikalische Probleme lösen?
- Können Schülerinnen und Schüler die erkannten Merkmale dazu nutzen, diese Schwierigkeiten beim Lösen zu überwinden, indem sie zielgerichtet nach Unterstützung fragen?

Stichprobe und Messinstrumente

Im Rahmen einer qualitativen Fallstudie wurden zwei Arten der Testung durchgeführt. In der Vorstudie wurden erfahrene Lehrkräfte (n = 25) als Expertinnen und Experten gebeten, anhand einer sechsstufigen Skala die erstellten Aufgaben hinsichtlich der Ausprägung des jeweiligen Merkmals zu bewerten. Ihre Expertise sollte einerseits einer Überprüfung der Validität der Materialien dienen, andererseits durch fachliche Anmerkungen auch die Möglichkeit bieten, diese vor der Durchführung mit den Schülerinnen und Schülern in der Hauptstudie noch zu optimieren. Zudem sollte die Inter-Rater-Reliabilität untersucht werden. Alle Problemstellungen behandelten das Thema des freien Falls (Mechanik, Kinematik), welches in der gymnasialen E-Phase Teil des Lehrplans ist.

In der Hauptstudie erhielten Schülerinnen und Schüler der gymnasialen E-Phase (n = 9) in Einzelsitzungen jeweils die vier verschiedenen Arbeitsblätter, um diese in einer Zeitspanne von ca. 20-30 Minuten zu lösen. Während des Lösungsprozesses wurden sie gebeten, laut zu denken und damit auch ihre Methoden zu artikulieren. Da jedes der Arbeitsblätter ein genanntes Merkmal (Fachsprache, fehlender Alltagsbezug, Mathematik, Modellieren) enthielt, welches das Problem schwierig machen sollte, lag der Fokus auf den individuellen Hürden, an welchen die Schülerinnen und Schüler bei der Lösung scheitern würden. Das laute Denken wurde mithilfe eines Diktiergeräts aufgezeichnet, um die entstandenen Sprachaufnahmen später transkribieren und qualitativ auswerten zu können. In der Arbeitsphase war kein Eingreifen seitens des Versuchsleiters vorgesehen, lediglich für motivierende Aufforderungen zum lauten Denken sollte interveniert werden.

Die Reflexionsphase der Hauptstudie schloss nahtlos an die Arbeitsphase an. Jede Schülerin und jeder Schüler erhielt nach Abschluss der Bearbeitung die Möglichkeit, im Rahmen eines leitfadenbasierten Interviews die Schwierigkeiten zu besprechen. Zu Beginn der Reflexion wurden die Lernenden gebeten, die vier Arbeitsblätter anhand ihrer persönlich empfundenen Schwierigkeit einzustufen. Daraufhin wurde jedes einzelne Arbeitsblatt hinsichtlich der jeweiligen intendierten Schwierigkeit thematisiert und nachgefragt, was genau den

Lösungsvorgang erschwert oder behindert hat. Am Ende wurden die letzte Halbjahreszeugnisnote im Fach Physik und die Zufriedenheit mit dieser Note abgefragt. Auch die Reflexionsphase wurde für die spätere Transkription auf Tonband aufgenommen. Die Auswertung orientierte sich an der qualitativen Inhaltsanalyse nach Mayring (2015), dabei wurde auf Schlüsselwörter geachtet, welche auf ein vermutetes schwierigkeiterzeugendes Merkmal hindeuteten.

Ergebnisse

In der Vorstudie ging es unter anderem darum, die Validität der Materialien zu überprüfen. Da von den Experten-Fragebögen lediglich zwei Exemplare zurückkamen, können leider keine hinreichenden Schlüsse gezogen werden. Zwischen den beiden abgegebenen Fragebögen ist zudem eine große Inter-Rater-Diskrepanz abzulesen, weshalb die Ergebnisse der Vorstudie für die Gesamtauswertung nicht berücksichtigt wurden.

Die Aussagen der Schülerinnen und Schüler im lauten Denken und in den Reflexionsinterviews lassen vermuten, dass es ihnen schwerfällt, konkrete Schwierigkeiten zu artikulieren und zielgerichtet um Hilfe zu bitten. Bezüglich der vier untersuchten schwierigkeiterzeugenden Merkmale rücken das Modellieren und Idealisieren in den Fokus. Die Schülerinnen und Schüler waren sich einig, dass Aufgaben hierzu im Unterricht selten zum Einsatz kommen. Da in solchen Aufgaben zunächst auf Berechnungen verzichtet wird, werden diese Arbeitsblätter von den Schülerinnen und Schülern als motivierend empfunden. Dabei neigen sie jedoch dazu, die falschen Größen zu idealisieren, um an ihre Modellierung heranzugehen. So dachten einige Schülerinnen und Schüler beispielsweise bei der Modellierung eines geeigneten Fallschirms darüber nach, wie der Landeuntergrund beschaffen sein müsste.

Bevor es überhaupt zur Verwendung schwieriger Mathematik in einer solchen Aufgabe kommt (hier: Nutzung der p-q-Formel), muss der Sinn der Aufgabe durch Modellieren erfasst werden. Bereits hieran scheiterten die meisten Schülerinnen und Schüler, was sich mit früheren Studien deckt (Angell et al., 2004). Die Fachsprache in physikalischen Problemstellungen wurde als Vor- und Nachteil empfunden. Einerseits wirkten die neuen Fachbegriffe zunächst schwierig und unübersichtlich, bei näherer Betrachtung halfen sie jedoch bei der Formelfindung. Das im Reflexionsinterview angebotene Alternativarbeitsblatt, bei dem sämtliche Fachbegriffe alltagssprachlich umschrieben waren, wurde dagegen als kindlich empfunden. Ein stärkerer Alltagsbezug wurde bei allen verwendeten Aufgaben gewünscht.

Fazit und Ausblick

Es erscheint lohnenswert, stärkeren Fokus auf das Modellieren zu legen. Zum einen äußern Schülerinnen und Schüler bei solchen Aufgabentypen größeres Interesse, zum anderen zeigen sich gerade hier große Schwierigkeiten für die Lernenden.

Nahezu alle Schülerinnen und Schüler beklagten, sie könnten die Aufgaben nicht lösen, weil ihnen die dazu erforderlichen Formeln fehlten. Hierfür wird der lange Zeitraum zwischen Lern- und Bearbeitungszeitpunkt des Themas als Grund angenommen, denn der freie Fall wurde im ersten Halbjahr behandelt und lag damit zum Zeitpunkt der Durchführung dieser Studie schon einige Wochen zurück. Entgegen der Literatur wird das Merkmal Fachsprache häufig nicht als erschwerend, sondern als hilfreich angesehen, um benötigte Formeln herzuleiten. In weiterführenden Studien sollten die Materialien eindeutiger gestaltet und alle benötigten Formeln vorgegeben werden, um stärker auf die Merkmale zu fokussieren.

Hinsichtlich der zweiten Forschungsfrage sollten Lernende im Physikunterricht für schwierigkeiterzeugende Merkmale gezielt sensibilisiert werden, um die Suche nach Unterstützung zu erleichtern. Eine Möglichkeit hierzu scheint die Reflexion über individuelle Hürden beim Lösen von Aufgaben zu sein.

Literatur

- Angell, C., Guttersrud, Ø., Henriksen, E. K., & Isnes, A. (2004). Physics: Frightful, But Fun. Pupils' and Teachers' Views of Physics and Physics Teaching. *Wiley Periodicals Sci Ed*, 88, 683-706.
- Brandenburger, M. (2016). *Was beeinflusst den Erfolg beim Problemlösen in der Physik? Eine Untersuchung mit Studierenden*. Berlin: Logos.
- Bennett, J. & Hogarth, S. (2009). Would YOU Want to Talk to a Scientist at a Party? High School Students' Attitudes to School Science and to Science. *Science Education*, 31, 1975-1998.
- Caglar-Öztürk, Y. (2015). Interessenforschung – Werden Naturwissenschaften und Mathematik immer unbeliebter? *Delta Phi B*, 1–9.
- Fareed, B. & Winkelmann, J. (2019). Schülerwahrnehmung von Schwierigkeit des Physikunterrichts und der kognitiven Aktivierung durch die Lehrkraft. In H. Grötzebach & V. Nordmeier (Hrsg.). *PhyDid B – Didaktik der Physik, Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung des Fachverbands Didaktik der Physik in Aachen 2019*. Beitrag DD. 02.11.
- Ford, K. W. (1989). Is physics difficult? *American Journal of Physics*, 57, 871–872.
- Fruböse, C. (2010). Der ungeliebte Physikunterricht. Ein Blick in die Fachliteratur und einige Anmerkungen aus der Praxis. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 63(7), 388–392.
- Kühn, S. M. (2011). Weiterentwicklung der Aufgabenkultur im naturwissenschaftlichen Unterricht der gymnasialen Oberstufe und im Abitur. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 17, 35-55.
- Mayring, P. (2015). *Qualitative Inhaltsanalyse. Grundlagen und Techniken*. 12., überarb. Aufl. Weinheim, Basel: Beltz.
- Merzyn, G. (2008). *Naturwissenschaften, Mathematik, Technik – immer unbeliebter? Die Konkurrenz von Schulfächern um das Interesse der Jugend im Spiegel vielfältiger Untersuchungen*. Baltmannsweiler: Schneider Verlag Hohengehren, 5–96.
- Merzyn, G. (2010). Physik – ein schwieriges Fach? *Praxis der Naturwissenschaften Physik* 59(5), 9–12.
- OECD (2016). *PISA 2015 Results (Volume I). Excellence and Equity in Education*. Paris: OECD Publishing.
- Ornek, F., Robinson, W. R., & Haugan, M. P. (2008). What makes physics difficult? *International Journal of Environmental & Science Education*, 3, 30-34.
- Reif, F. (2008). *Applying cognitive science to education: Thinking and learning in scientific or other domains*. MIT, Cambridge MA.
- Smith, M. U. (1991). *Toward a unified theory of problem solving: Views from the content domains*. Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale NJ.
- Williams, C., Stanisstreet, M., Spall, K., & Boyes, E. (2003). Why aren't secondary students interested in physics? *Physics Education*, 38, 324-329.