



Fehler im Physikunterricht

– Herkunft, Umgang und Aufgaben –

RAHEL, SCHMID
RAHEL@SCHMIDBAUPROJEKTE.CH

Zusammenfassung

Viele Schüler*innen haben Schwierigkeiten im Physikunterricht und machen viele Fehler. Die Fehler werden auch heute noch oft als etwas Negatives angesehen. Doch zeigt sich, dass Fehler ein großes Lernpotenzial haben. In diesem Beitrag wird aufgezeigt, woher die Fehler kommen können, wie mit den Fehlern im Physikunterricht umgegangen werden sollte und welche Aufgaben es zum Lernen aus Fehlern gibt. Es werden ausgewählte Aufgaben zum Lernen aus Schüler*innen-Fehlern und zum Lernen aus „künstlich“ erzeugten Fehlern dargestellt. Diese Aufgaben können im eigenen Unterricht ausprobiert werden, damit aus Fehlersituationen bewusst Lernsituationen entstehen.

1 Herausforderung Physikunterricht

Die Physik ist wie alle wissenschaftlichen Disziplinen komplex. Doch gerade im Physikunterricht haben die Schüler*innen vermehrt Schwierigkeiten (Itzlinger-Brunefroth, 2020, S. 32-33; Heinicke & Holz, 2020, S. 4). Die Komplexität des Unterrichtsfachs Physik zeichnet sich unter anderem auf der Ebene der fachwissenschaftlichen Sprache und der Ebene der Arbeitsweise ab. Um physikalische Sachverhalte im Unterricht zu erklären, werden fachspezifische Terminologien verwendet. Dazu gehören neben der Verwendung von Fachbegriffen auch die Formulierung von meist positiven Aussagesätzen (Kraus, 2020, S. 87; Pusch, Heinicke & Holz, 2020, S. 48). Dies lässt sich an nachfolgendem Beispiel verdeutlichen:

*„Die Beschleunigung ist proportional zur resultierenden Kraft“
und nicht
„Die Kraft ist nicht proportional zur Geschwindigkeit“*

(Kraus, 2020, S. 87)

Bereits die Verwendung der Fachbegriffe *Beschleunigung*, *proportional*, *resultierend*, *Kraft* und *Geschwindigkeit* kann bei Schüler*innen zu Schwierigkeiten und Fehlern führen. Wenn dann auch nur eine positive Beziehung zwischen Größen als richtig bewertet wird, machen die Schüler*innen noch mehr Fehler. Negatives Wissen, also auch Wissen, wie etwas nicht ist, sollte als wertvoll und lernförderlich betrachtet werden (Oser, Hascher, & Spychiger, 1999, S. 11). Hinzu kommt die Schwierigkeit, dass, obwohl die Aussagesätze meist positiv formuliert werden, es verneinende Aussagen, wie beispielsweise

Leiter – Nicht-Leiter oder *geschlossene – nicht-geschlossene Systeme*, gibt. Dies erschwert die Ebene der fachwissenschaftlichen Sprache weiter (Kraus, 2020, S. 87; Pusch, Heinicke & Holz, 2020, S. 48). Auf der Ebene der Arbeitsweise zeichnen sich Schwierigkeiten ab, die charakteristisch für wissenschaftliche Disziplinen sind. Es wird darauf abgezielt, möglichst genaue und objektive Ergebnisse zu erhalten (zur Nedden & Priemer, 2020, S. 23). Dies führt dazu, dass die Ergebnisse meist entweder richtig oder falsch sind, was die Schüler*innen oft demotiviert (Pusch, Heinicke & Holz, 2020, S. 48). Alle diese Aspekte können für Schüler*innen im Physikunterricht zu Schwierigkeiten und Fehlern führen. In diesem Beitrag wird aufgezeigt, wie mit Fehlern im Physikunterricht oft umgegangen wird. Entgegen diesem Umgang werden mögliche Aufgaben zum Lernen aus Fehlern im Physikunterricht dargestellt. Bevor über den Umgang mit Fehlern und mögliche Aufgaben zum Lernen aus Fehlern dargestellt werden, muss ersteinmal geklärt werden, was ein Fehler ist.

2 Begriff Fehler

In der Alltagssprache, aber auch im Unterricht, gibt es viele Begriffe wie *Irrtum*, *Scheitern* oder auch *Patzer*, die synonym zu Fehler verwendet werden. Auch *Störungen*, *Täuschungen* und *Regelverletzungen* sind im erweiterten Sinne Fehler (Blanck, 2006, S. 69). Der Fehler im Unterricht muss erst einmal definiert werden. In der erziehungswissenschaftlichen Literatur findet sich oft die Definition von Kobi (1994), welcher Fehler als „*von einer Norm abweichende Sachverhalte oder von einer Norm abweichende Prozesse*“ definiert (Kobi, 1994, S. 6). Im Unterricht wird die Norm von den Lehrpersonen festgelegt und den Schüler*innen mitgeteilt. Nur wenn den Schüler*innen die Norm bekannt ist, können sie

davon abweichen und folglich einen Fehler machen. Im Unterricht wird neben den *fachlichen* Normen auch zwischen *sozialen* und *moralischen* Normen unterschieden. Bei Störungen, Täuschungen und Regelverletzungen halten sich die Schüler*innen nicht an die sozialen und moralischen Normen und machen im erweiterten Sinne einen Fehler. Die sozialen und moralischen Normen können sich je nach Schulkultur unterscheiden und sind fachübergreifend. Bei Abweichungen von fachlichen Normen handelt es sich um fachinhaltliche Fehler (Oser, Hascher, & Spychiger, 1999, S. 11). Der Fokus dieses Beitrags liegt auf der Verletzung der fachlichen Norm, also auf fachlichen Fehlern im Physikunterricht.

3 Umgang mit Fehlern im Physikunterricht

Eine Videostudie vom Leibniz-Institut für Pädagogik, Naturwissenschaften und Mathematik (IPN) hat sich über sechs Jahre mit der „*Beschreibung und Erklärung von Lehr-Lern-Prozessen im Physikunterricht*“ beschäftigt. Dabei wurden vor allem die fünf Bereiche „*Klassenorganisation, Zielorientierung, Lernbegleitung, Fehlerkultur und die Rolle der Experimente*“ betrachtet. Die Ergebnisse zeigen, dass der Physikunterricht in Deutschland in Bezug auf die fünf genannten Bereiche ziemlich einheitlich abläuft (Seidel et al., 2006, S. 799). Im Physikunterricht wird meistens ein fragend-entwickeltes Unterrichtsgespräch geführt. Die Gesprächsführung ist dabei sehr eng. Abweichende Denkprozesse und individuelle Lernwege werden somit kaum zugelassen (Seidel et al., 2006, S. 808). Fehler wurden selten in der Klasse thematisiert. Daher konnten Fehler und Fehlvorstellungen bei der Analyse der Videos kaum beobachtet werden. Jedoch konnten einige Extremfälle von angespannter Atmosphäre, ängstlich und zurückhaltend wirkenden Schüler*innen und negative Reaktionen auf Fehler beobachtet werden (Seidel et al., 2006, S. 807). Diese Ergebnisse zeigen einen neutralen bis negativen Umgang mit Fehlern auf. Diese Bereiche können von Fehlertoleranz und Fehlervermeidung bis zu Fehlersanktionierung reichen. Damit Schüler*innen aus Fehlern lernen können, muss im Unterricht jedoch eine Fehleroffenheit herrschen. Fehler und das Fehlermachen sollten erlaubt sein (Heinicke & Holz, 2020, S. 5). Dies gilt aber nur für Lernsituationen und nicht für Leistungssituationen, denn in einer Leistungssituation sollen die Schüler*innen ihre Kompetenzen unter Beweis stellen. Je mehr Fehler sie in einer Leistungssituation machen, desto schlechter werden sie bewertet. Dies kann in den Leistungssituationen zu Druck und negativen

Emotionen führen, welche die Leistungen der Schüler*innen beeinflussen (Pekrun et al., 2011). Den Schüler*innen sollte im Unterricht stets klar sein, ob sie sich gerade in einer Lernsituation befinden und Fehler erlaubt sind oder ob sie sich gerade in einer Leistungssituation befinden und sie Fehler möglichst vermeiden sollten (Meyer, Seidel & Prenzel, 2006).

Obwohl den Fehlern in Lernsituationen Platz eingeräumt werden sollte, damit die Schüler*innen aus den Fehlern lernen, gibt es im Physikunterricht Fehler, die unbedingt vermieden werden müssen. Dies sind Fehler, die fatale gesundheitliche Folgen haben können (Althof, 1999, S. 8). Bei der Arbeit mit Strom beispielsweise müssen Sicherheitsvorkehrungen getroffen und gefährliche Fehlerquellen entschärft oder eliminiert werden.

Um einen positiven Umgang mit Fehlern im Unterricht zu leben, gibt es nicht die eine Methode. Denn es gibt auch nicht die eine Lehrperson und den einen Lernenden oder die eine Lernende. Alle am Unterricht beteiligten Personen sind Individuen mit unterschiedlichen Persönlichkeitsmerkmalen (Heinicke & Holz, 2020, S. 9). Im Folgenden werden ausgewählte Aufgaben zum Lernen aus Fehlern im Physikunterricht dargestellt, die im Unterricht umgesetzt werden können.

4 Ausgewählte Aufgaben zum Lernen aus Fehlern im Physikunterricht

Es gibt Aufgaben zum Lernen aus Fehlern, die sich in zwei Kategorien einteilen lassen. Einerseits kann mit Schüler*innen-Fehlern gearbeitet werden, andererseits kann mit Fehlern gearbeitet werden, die von der Lehrperson „künstlich“ erzeugt wurden. Beide Formen haben ihre Vorteile und sollen nun näher betrachtet werden.

4.1 Lernen aus Schüler*innen-Fehlern

Im Unterricht ist oft zu beobachten, dass Schüler*innen ihre Lösungen zur Korrektur mit den Musterlösungen vergleichen müssen. Beim alleinigen Vergleichen der eigenen Lösung mit einer Musterlösung lernen die Schüler*innen größtenteils noch nicht aus ihren Fehlern. Um aus den eigenen Fehlern lernen zu können, müssen diese nicht nur gefunden, sondern auch verstanden und verbessert werden (Yerushalami & Polingher, 2006, S. 532-534). Yerushalami & Polingher (2006) nennen drei Schritte, um aus Fehlern lernen zu können:

1. Fehler finden
2. Erklären, warum die Antwort falsch ist
3. Fehler verbessern

Yerushalami & Polingher (2006) haben in einer Studie zum Lernen aus Fehlern im Physikunterricht diese 3-Schritte-Methode getestet. Dafür haben sie falsche Schüler*innen-Antworten gesammelt und anonymisiert zusammengestellt. Die Schüler*innen erhielten den Auftrag, die falschen Antworten mit der oben dargestellten 3-Schritte-Methode zu analysieren.

Die Ergebnisse zeigen, dass diese Form zum Lernen aus Schüler*innen-Fehlern großes Potenzial hat. Gemäß Yerushalami & Polingher (2006) hatten die Schüler*innen großen Spaß an der Aufgabe und folgten dieser 3-Schritte-Methode strikt. Sie stellten außerdem fest, dass auch einfache Fehler großes Lernpotenzial haben können. Die komplexen authentischen Aufgaben bereiteten den Schüler*innen aber vermehrt Schwierigkeiten (Yerushalami & Polingher, 2006, S. 537).

4.1.1 Selbstdiagnose

Beim Lernen aus den eigenen Fehlern und aus den Fehlern von Mitschüler*innen kann durch Selbstdiagnoseaufgaben auch die Selbstdiagnose der Schüler*innen gefördert werden. Das Ziel der Selbstdiagnoseaufgaben ist es, diagnostisches Verhalten der Schüler*innen zu fördern. Bei Selbstdiagnoseaufgaben präsentieren die Schüler*innen ihre Diagnosen bei der Überprüfung des Problems (Yerushalami & Cohen, 2012, S. 1). Das Vorgehen ist sehr ähnlich wie die oben dargestellte 3-Schritte-Methode von Yerushalami & Polingher (2006):

1. Fehler finden und einkreisen
2. Art des Fehlers identifizieren

Bei der Selbstdiagnose können die Schüler*innen unterschiedlich stark unterstützt werden. Yerushalami & Cohen (2012) unterschieden in ihrer Studie zwischen minimaler, mittlerer und starker Unterstützung. Bei der minimalen Unterstützung durften die Schüler*innen für die Diagnose ihre Hefte und Notizen verwenden. Bei der mittleren Unterstützung präsentierte die Lehrperson vor der Diagnose einen Ausschnitt der Lösung. Bei der starken Unterstützung „*vergleichen die Schüler*innen ihre Lösungen mit einer detaillierten 'prozessorientierten' Lösung.*“ (übersetzt aus dem Englischen, Yerushalami & Cohen, 2012, S. 1) Die Kontrollgruppe löste keine Selbstdiagnoseaufgaben. Ihnen wurden ausgearbeitete Beispiele und häufige Fehler präsentiert (Yerushalami & Cohen, 2012, S. 17).

Die Ergebnisse aus dieser Studie zeigen, dass die Schüler*innen unvollständige Selbstdiagnoseleistungen aufzeigen. Lag der Fehler in der Abrufung des physikalischen Prinzips, konnten die Fehler leichter gefunden werden. Lag der Fehler aber bei der Anwendung des physikalischen Prinzips, hatten die Schüler*innen Schwierigkeiten, den Fehler zu finden. Die mittlere und starke Unterstützung verbesserte die Selbstdiagnose der Schüler*innen dennoch korrelierte dies aber nicht mit der Leistung beim Post-Problem. Dies zeigt auf, dass diese Unterstützungen nicht ausreichen, um bessere Leistungen in der Selbstdiagnose zu erzielen (Yerushalami & Cohen, 2012, 17). Auch hier könnte die Problematik zugrunde liegen, dass die Schüler*innen ihre Lösungen lediglich verglichen und dadurch den Fehler gefunden, aber nicht verstanden haben (Yerushalami & Cohen, 2012, 18).

4.1.2 Productive-Failure-Ansatz

Zuletzt wird im Bereich des Lernens aus Schüler*innen-Fehlern der Productive-Failure-Ansatz vorgestellt. Dieser wurde oft in der Mathematik untersucht, lässt sich aber auch gut in der Physik anwenden. Beim Productive-Failure-Ansatz bearbeiten Schüler*innen Aufgaben und erhalten erst im Anschluss eine Instruktion. Dieses Vorgehen führt dazu, dass Schüler*innen bei der Aufgabenbearbeitung Fehler machen und merken, dass sie die Aufgabe nicht lösen können, da ihnen ein Teil des Wissens fehlt. In der nachfolgenden Instruktionsphase werden dann neue Konzepte vermittelt, Fachinhalte vertieft und auf Schüler*innen-Fehler eingegangen. Dadurch können die Schüler*innen neue Inhalte in ihre Wissensstrukturen einordnen. Durch die zusätzliche Besprechung der Schüler*innen-Fehler erkennen die Schüler*innen auch die Tiefenstrukturen eines Konzepts (Hiniborch, Wille & Friege, 2020, S. 78-81).

Beim Productive-Failure-Ansatz kommt die Aufgabenbearbeitung also vor der Instruktionsphase (Hiniborch, Wille & Friege, 2020, S. 79):

1. Aufgabenbearbeitung – Fehler machen
2. Instruktionsphase – Fachinhalte vertiefen, auf Schülerfehler eingehen
3. Anwendung

Nach Kapur (2014) ist sowohl eine Instruktionsphase vor als auch nach der Aufgabenbearbeitung lernförderlich. Doch bei einer nachfolgenden Instruktionsphase sollen das konzeptionelle Verständnis und die Fähigkeit des Übertragens

besser sein. Der Productive-Failure-Ansatz zeigt somit produktives Versagen auf.

Kapur & Kinzer (2009) haben in diesem Zusammenhang untersucht, welchen Einfluss gut und schlecht strukturierte physikalische Probleme auf den Productive-Failure-Ansatz haben. Die Studie war so aufgebaut, dass die Schüler*innen gut und schlecht strukturierte physikalische Probleme lösen mussten. Die beiden Abläufe unterschieden sich nur in der Anfangsbedingung. Die Schüler*innen der gut strukturierten Bedingungen lösten in Gruppen zuerst zwei gut strukturierte physikalische Probleme und die Schüler*innen der schlecht strukturierten Bedingungen lösten zuerst zwei schlecht strukturierte physikalische Probleme in Gruppen. Nach diesen Gruppenphasen kamen jeweils zwei Phasen, in denen die Schüler*innen individuell zuerst ein gut strukturiertes und dann ein schlecht strukturiertes physikalisches Problem lösten (siehe Tab. 1) (Kapur & Kinzer, 2009, S. 25-27).

Es zeigten sich Unterschiede zwischen den Gruppen mit gut und schlecht strukturierten physikalischen Problemen. Die Gruppe mit den schlecht strukturierten physikalischen Problemen hatten Schwierigkeiten mit der Komplexität, der Definition, der Analyse und der Lösung des Problems. Diese Schwierigkeiten führten zu kurzfristigem Scheitern. Dennoch *„schnitten sie sowohl bei den gut- als auch bei den schlechtstrukturierten-Posttests signifikant besser ab.“* Dies bestätigt den Ansatz des produktiven Versagens (Kapur & Kinzer, 2009, S. 38).

Es zeigt sich zusammenfassend, dass sowohl eine Aufgabenbearbeitung vor einer Instruktionsphase als auch schlecht strukturierte Aufgaben großes Potenzial beim Lernen aus Fehlern haben können.

4.1.3 Fazit zum Lernen aus Schüler*innen-Fehlern

Beim Lernen aus Schüler*innen-Fehlern ist darauf zu achten, dass die Schüler*innen ihre Lösungen nicht nur mit den Musterlösungen vergleichen, sondern auch aus den Fehlern lernen. Dies kann nur passieren, wenn sie die Fehler verstehen und verbessern (Yerushalami & Polinger, 2006, S. 532-534).

Damit die Schüler*innen besser aus ihren Fehlern lernen können, gibt es Selbstdiagnose-Aufgaben. Doch die Selbstdiagnose bereitet den Schüler*innen oft Schwierigkeiten. Auf der Ebene des Abrufens, also der eins-zu-eins Wiedergabe, können Fehler einfacher gefunden werden, als wenn sich die Fehler auf der Ebene der Anwendung befinden (Yerushalami & Cohen, 2012, S. 17). Auch hier zeigt sich, dass beim Lernen aus Fehlern ein Verstehen förderndes Lernen gefördert werden sollte.

Entgegen dem klassischen Ablauf von Instruktion, Aufgabenbearbeitung und Anwendung gibt es den Productive-Failure-Ansatz, der eine Aufgabenbearbeitung vor der Instruktion vorschlägt. Wie die Abfolge vermuten lässt, führt dies unvermeidlich dazu, dass die Schüler*innen Fehler machen. Die Schüler*innen sollen dabei erkennen, dass sie nicht weiterkommen und neues Wissen benötigen. Dadurch soll die Motivation zum Lernen steigen. Aus dem Fehlermachen wird folglich, wie der Name des Ansatzes bereits sagt, produktives Versagen (Hiniborch, Wille & Friege, 2020, S. 78-81).

Der Productive-Failure-Ansatz kann durch die bewusste Abfolge von gut und schlecht strukturierten Problemen verstärkt werden. Das Lösen von schlecht strukturierten physikalischen Problemen gefolgt von zuerst gut und dann schlecht strukturierten Problemen kann die Leistungen der Schüler*innen steigern (Kapur & Kinzer, 2009, S. 38). Es zeigt sich, dass auch problembasierte Aufgaben nicht immer gut strukturiert

Gut strukturierte Bedingungen	In Gruppen: 2 gut strukturierte Probleme	Individuell: Gut strukturiertes Problem (Posttest)	Individuell: Schlecht strukturiertes Problem (Posttest)
Schlecht strukturierte Bedingungen	In Gruppen: 2 schlecht strukturierte Probleme	Individuell: Gut strukturiertes Problem (Posttest)	Individuell: Schlecht strukturiertes Problem (Posttest)

Tab. 1 – Gut und schlecht strukturierte Probleme im Productive-Failure-Ansatz (nach Kapur & Kinzer, 2009)

riert sein müssen und die Lehrpersonen durchaus bewusst schlechter strukturierte problem-basierte Aufgaben stellen können.

4.2 Lernen aus „künstlich“ erzeugten Fehlern

Um das Lernen aus Fehlern zu fördern, können Fehler auch „künstlich“ von den Lehrpersonen erzeugt werden. Diese Art des Lernens aus Fehlern ist bei Schüler*innen meist motivierender als die Arbeit an den eigenen Fehlern. Dies betrifft vor allem Schüler*innen, die im Unterricht viele Fehler machen (Schumacher, 2007, S. 57). Es gibt verschiedene Methoden, aus „künstlich“ erzeugten Fehlern zu lernen. Nachfolgend werden verschiedene Ansätze vorgestellt.

4.2.1 Fehler beim Experimentieren

Experimentieren ist ein zentraler Bestandteil des Physikunterrichts. Dabei machen einerseits Schüler*innen Fehler und oben aufgeführte Methoden können angewendet werden. Andererseits können Lehrpersonen Fehler „künstlich“ erzeugen, z.B.:

- Fehler im Aufbau
- Fehler bei der Durchführung

Die Lehrperson kann demnach ein Experiment bewusst falsch aufbauen und den Aufbau mit den Schüler*innen vor der Durchführung besprechen (siehe Abb. 1). Bei dieser Kontrolle sollten die Schüler*innen den Fehler entdecken und verbessern. Ebenso kann die Lehrperson inszenieren, dass ein Experiment nicht funktioniert und so die Schüler*innen zur Fehlersuche anregen (Kraus, 2020, S. 74).

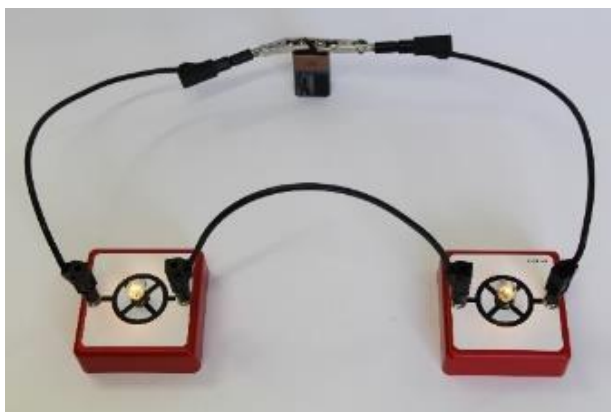


Abb. 1 – Fehler im Aufbau – Kurzschluss (nach Joachim Herz Stiftung, 2021)

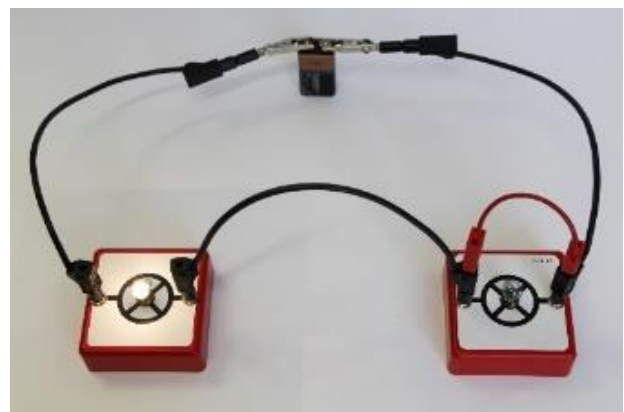
4.2.2 Fehler in Filmen

Für Schüler*innen ab der Sekundarstufe I gibt es auch die Möglichkeit, Fehler in Filmen zu besprechen. Dazu eignen sich vor allem Youtube-Erklärvideos und Science-Fiction-Filme gut. Viele Fehler in Youtube-Erklärvideos entstehen durch eine vereinfachte oder falsche Darstellung und Erklärung (Kraus, 2020, S. 74-75).

Neben den Youtube-Erklärvideos eignen sich aber auch Science-Fiction-Filme, die im Welt- raum spielen, gut dafür, Fehler zu suchen und zu besprechen. Oft sieht man in diesen Filmen Laserstrahlen, z.B. in Form von Laserschwertern oder Laserimpulsen, und man hört, wie sich der Schall ausbreitet. Doch kann man im Weltall weder den Weg der Laserstrahlen sehen, noch kann sich der Schall im Vakuum ausbreiten (Kraus, 2020, S. 74; Strahl & Herbst, 2016, S. 162).

4.2.3 Concept Cartoons

Die Concept Cartoons stellen verschiedene Fehl- vorstellungen zu einer Thematik bildlich dar. Diese Fehlvorstellungen sollen von den Schüler*innen diskutiert werden, damit die Schüler*innen verstehen, was und warum eine Vor- stellung falsch ist (Kraus, 2020, S. 74). Im Inter- net findet man viele fertige Concept Cartoons zu unterschiedlichen Themengebieten. Die Concept Cartoons können aber auch selbst erstellt werden¹. Um die Concept Cartoons zu individualisieren und mehr an die eigene Klasse anzupassen, können die Sprechblasen auch mit Fehlvorstel- lungen der eigenen Schüler*innen befüllt werden (siehe Abb. 2).



¹ Unter https://lehrerfortbildung-bw.de/u/matna-tech/bio/gym/bp2004/fb7/1_hetero/3_assessment/2_cartoon/

können Vorlagen zur Erstellung eigener Concept Cartoons heruntergeladen werden.

Warum wärmt ein Wollpullover?



Abb. 2 – Concept Cartoon zu Fehlvorstellungen zu *Warum wärmt ein Wollpullover?*

4.2.4 Troll Sciences

Die Troll Sciences sind ähnlich wie die Concept Cartoons. Durch die Texte und Bilder werden auch bei den Troll Sciences Fehlvorstellungen dargestellt, die als Diskussionsgrundlage für die Schüler*innen dienen. Jedoch sind diese scherzhaft-ironischer als die Concept Cartoons und stellen nur eine Fehlvorstellung dar (siehe Abb. 3). Dennoch geht es auch hier darum, dass die Schüler*innen den Fehler in der Fehlvorstellung finden. Da die Troll Science aus dem angelsächsischen Raum kommen, sind diese im Internet oft auf Englisch zu finden (Kraus, 2020, S. 74-75).

4.2.5 Fazit zum Lernen aus „künstlich“ erzeugten Fehlern

Das Lernen aus „künstlich“ erzeugten Fehler ist für Schüler*innen meist motivierender als das Lernen anhand eigener Fehler. Bei allen vorgestellten Aufgabenbeispielen geht es darum, dass die Schüler*innen die Fehler finden und durch das Sprechen über die Fehler, sei das in Gruppengesprächen oder Unterrichtsgesprächen, daraus lernen. Das bewusste Einbauen von Fehlern in Experimenten und das Besprechen von Fehlern in Filmen integriert noch einen weiteren Aspekt, der die Lernmotivation der Schüler*innen fördert.

Durch diese Aufgaben erkennen die Schüler*innen, dass nicht nur sie Fehler machen, sondern auch andere Personen wie die eigene Lehrperson oder die Filmemacher (Schumacher, 2007, S. 57).

Die Concept Cartoons und die Troll Sciences greifen unterschiedliche Fehlvorstellungen auf, die von den Schüler*innen diskutiert werden. Können die Schüler*innen erklären und begründen, warum eine Aussage falsch ist, haben sie das Konzept bereits verstanden oder die Fehlvorstellung abgelegt.

5 Zusammenfassung

Viele Schüler*innen haben Schwierigkeiten im Physikunterricht und machen viele Fehler. Damit Fehler nicht wiederholt werden, sollte aus diesen gelernt werden (Kraus, 2020, S. 87; Pusch, Heinicke & Holz, 2020, S. 48). Doch das Lernen aus Fehlern ist aus unterschiedlichen Gründen nicht einfach. Die Lehrperson muss einen positiven Umgang mit Fehlern leben und dem Lernen aus Fehlern Platz einräumen. Dies reicht aber noch nicht aus, damit die Schüler*innen aus den Fehlern lernen (Heinicke & Holz, 2020, S. 5; Althof, 1999). Die Fehler müssen nicht nur gefunden, sondern auch verstanden und korrigiert werden (Yerushalami & Polinger, 2006,

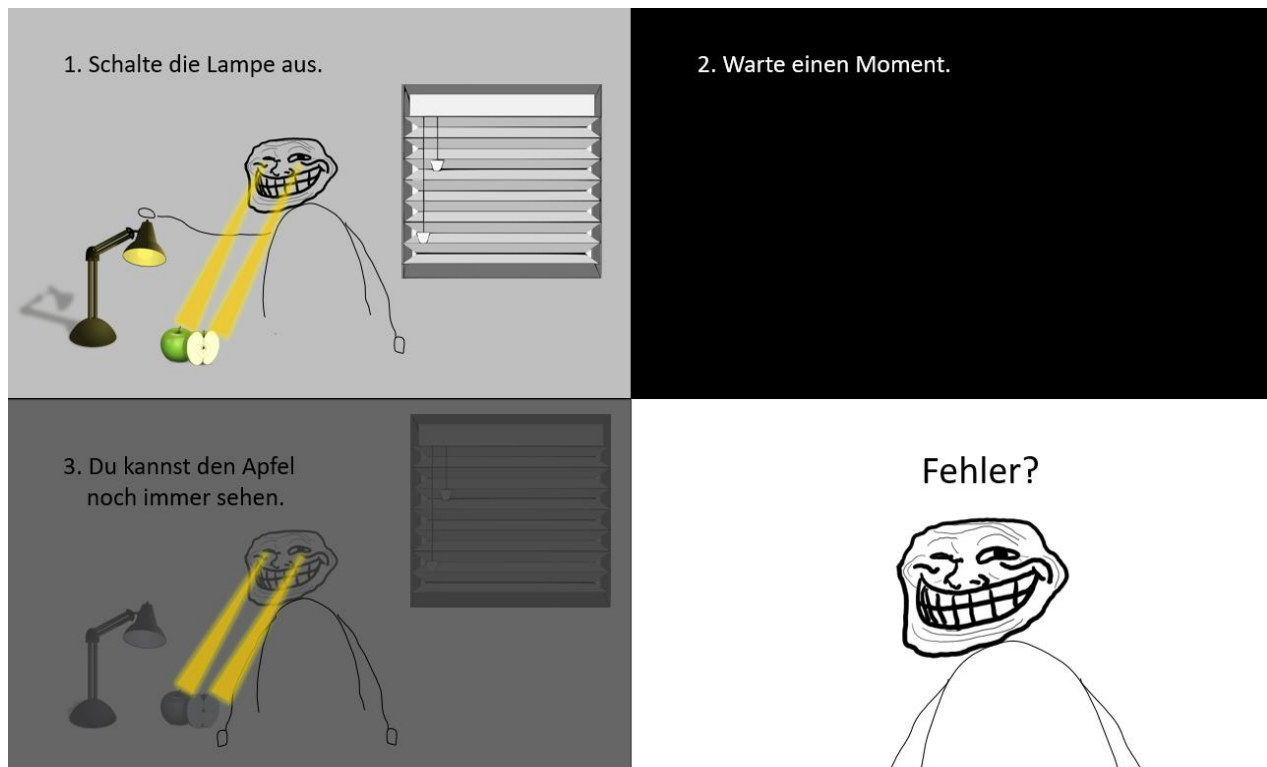


Abb. 3 – Troll Sciences zu einer Fehlvorstellung im Bereich Optik

S. 532-534; Althoff, 1999). Um ein Verstehen förderndes Lernen aus Fehlern zu fördern, gibt es sowohl bei der Arbeit mit Schüler*innen-Fehlern als auch bei der Arbeit mit „künstlich“ erzeugten Fehlern verschiedene Aufgaben. In der Kategorie Schüler*innen-Fehler wurden in diesem Beitrag die *Selbstdiagnose* und der *Productive-Failure-Ansatz* und in der Kategorie „künstlich“ erzeugte Fehler *Fehler beim Experimentieren*, *Fehler in Filmen*, *Concept Cartoons* und *Troll Sciences* vorgestellt. Alle Aufgaben haben ihre Vorteile und können im eigenen Unterricht ausprobiert werden. Da die Schüler*innen Individuen sind, gibt es nicht die eine gute Aufgabe zum Lernen aus Fehlern, die für alle Schüler*innen passt. Daher wird empfohlen, verschiedene Aufgabe auszuprobieren und die am besten passenden Aufgaben ständig zu wiederholen. Denn wie bei Lernen generell gilt auch beim Lernen aus Fehlern: Repetieren, repetieren, repetieren (Heinicke & Holz, 2020, S. 9).

6 Literatur

- Althof, W. (Hrsg.). (1999). *Fehlerwelten: vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern*. Opladen: Leske + Budrich.
- Blanck, B. (2006). Entwicklung einer Fehleraufsuchdidaktik und Erwägungsorientierung – unter Berücksichtigung von Beispielen aus dem Grundschulunterricht. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 28(1), 63–86.
- Heinicke, S. & Holz, C. (2020). Wann wird man aus Fehlern klug? Perspektiven auf den Umgang mit und das Lernen aus Fehlern. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 31(177/178), 4–9.
- Hiniborch, J., Wille, K., & Friege, G. (2020). Fehler als Auslöser von Lernprozessen. Fehler nutzen, um ein tieferes Verständnis zu erlangen. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 31(177/178), 79–81.
- Joachim Herz Stiftung (2021). LEIFIphysik. *Einfache Stromkreise*. Kurzschluss. Abgerufen von <https://www.leifiphysik.de/elektrizitaetslehre/einfache-stromkreise/versuche/kurzschluss#:~:text=W%C3%A4re%20die%20linke%20G%C3%BChlampe%20nicht,oder%20dessen%20Sicherung%20ausgel%C3%B6st%20werden>. (10.02.2021)
- Joshua, S. & Dupin, J.J. (1987). Taking Into Account Student Conceptions in Instructional Strategy: An Example in Physics. *Cognition and Instruction*, 4(2), 117–135.
- Kapur, M. & Kinzer, C. K. (2009). Productive failure in CSCL groups. *Computer-Supported Collaborative Learning*, 4, 21–46. <https://doi.org/10.1007/s11412-008-9059-z>
- Kapur, M. (2014). Productive Failure in Learning Math. *Cognitive Science*, 38, 1008–1022. <https://doi.org/10.1111/cogs.12107>
- Kapur, M. (2015). Learning from productive failure. *Learning: Research and Practice*, 1(1), 51–65. <http://dx.doi.org/10.1080/23735082.2015.1002195>
- Kraus, M. E. (2020). Lernen an fehlerhaftem Material. Beispiele für unterschiedliche Methoden und Materialien. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 31(177/178), 74–77.
- Kobi, E. E. (1994). Fehler. *Die neue Schulpraxis*, 2, 5–10.
- Kraus, M. E. (2020). Wissen, was etwas nicht ist. Fehler als negatives Wissen und Verneinungen in der Physik. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 31(177/178), 87–89.
- Meyer, L., Seidel, T. & Prenzel, M. (2006). Wenn Lernsituationen zu Leistungssituationen werden: Untersuchung

- zur Fehlerkultur in einer Videostudie. *Schweizerische Zeitschrift für Bildungswissenschaften*, 28(1), 21-41.
- Oser, F., Hascher, T., & Spychiger, M. (1999). Lernen aus Fehlern. Zur Psychologie des „negativen“ Wissens. W. Althof (Hrsg.), *Fehlerwelten: vom Fehlermachen und Lernen aus Fehlern* (S. 11–41). Opladen: Leske + Budrich.
- Pekrun, R., Goetz, T., Frenzel, A. C., Barchfeld, P. & Perry, R. (2011). Measuring emotions in students' learning and performance: The Achievement Emotions Questionnaire (AEQ). *Contemporary Educational Psychology*, 36(1), 36-48.
- Pusch, A., Heinicke, S. & Holz, C. (2020). Mentor sein. Wie reagiere ich auf Fehler und welche Reaktionen wünschen sich Schülerinnen und Schüler. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 31(177/178), 48-53.
- Schumacher, R. (2018). Der produktive Umgang mit Fehlern, Fehler als Lerngelegenheit und Orientierungshilfe. In R. Caspary (Hrsg.). *Nur wer Fehler macht, kommt weiter. Wege einer neuen Lernkultur.* (S. 49-72). Freiburg im Breisgau: Herder.
- Seidel, T., Prenzel, M., Rimmle, R., Dalehefte, I. M., Herweg, C., Kobarg, M., & Schwindt, K. (2006). Blicke auf den Physikunterricht. Ergebnisse der IPN Videostudie. *Zeitschrift für Pädagogik*, 52(6), 799-821.
- Strahl, A. & Herbst, M. (2016). Movies: A Way to Teach Physics? In L.-J. Thoms & R. Girwidz (Eds.), *Selected Papers from the 20th International Conference on Multimedia in Physics Teaching and Learning* (pp. 161-165). Mulhouse: European Physical Society.
- Itzlinger-Brunefroth, U. (Hrsg.). (2020). *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Österreich im internationalen Vergleich. Erstbericht.* Salzburg: Institut des Bundes für Qualitätssicherung im österreichischen Schulwesen. <http://doi.org/10.17888/timss2019-eb>
- Zentrum für Schulqualität und Lehrerbildung (ZSL) (o.J.). *Concept Cartoons*. Abgerufen von https://lehrerfortbildung-bw.de/u_matnatech/bio/gym/bp2004/fb7/1_hetero/3_assessment/2_cartoon/
- zur Nedden, M. & Priemer, B. (2020). Aus der Forschung in die Schule. Verfahren zur Beschreibung von Unsicherheiten und zur Vermeidung von Bestätigungsfehlern. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 31(177/178), 23-27.