

## Die Rettung der Phänomene!



### Durch Leitfragen sinnstiftendes Lernen initiieren und strukturieren

JULIAN ALEXANDER FISCHER – TATJANA STEINMANN – MARCUS KUBSCH – DANIEL LAUMANN – SUSANNE WESSNIGK – KNUT NEUMANN – MICHAEL KERRES

Im Zentrum des Physikunterrichts stehen nach WAGENSCHN (1976) die Phänomene. Sie sollen den Ausgangspunkt für den sinnhaften Erwerb physikalischen Wissens bilden. WAGENSCHN lässt jedoch offen, wie solch sinnhaftes Lernen zu initiieren und in der Folge zu strukturieren ist. Der vorliegende Beitrag stellt am Beispiel einer sogenannten Leitfrage „Warum wird ein Laptop manchmal heiß?“ vor, wie man Leitfragen einsetzen kann, um sinnstiftendes Lernen zu initiieren und zu strukturieren.

#### 1 Einleitung

Phänomene sind ein zentrales Element des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Die Fähigkeit zur Erklärung von Phänomenen ist ein wichtiger Bestandteil naturwissenschaftlicher Grundbildung und somit ein wichtiges Ziel naturwissenschaftlichen Unterrichts (KMK, 2005, 5). Der Erwerb dieser Fähigkeiten als Anwendung physikalischen Wissens in lebensweltlichen Kontexten wird als sinnstiftendes Lernen bezeichnet. MUCKENFUSS (2001) betont in der Folge die sinnstiftende Funktion von Phänomenen. So können Phänomene Lernende motivieren, sich mit naturwissenschaftlichen Inhalten zu beschäftigen (MIKELSKIS-

SEIFERT & DUIT, 2010); umgekehrt kann naturwissenschaftlicher Unterricht, der nicht auf Phänomenen fußt, sondern Wissen „dekontextualisiert“ vermittelt, zu Problemen bei der flexiblen Anwendung des Wissens, u.a. dem Erklären neuer, unbekannter Phänomene, führen (BRANSFORD, BROWN & COCKING, 2000, 62–63). Die Betonung der Bedeutung von Phänomenen im naturwissenschaftlichen Unterricht, insbesondere in der Physik, hat eine lange Tradition. So rief bereits WAGENSCHN (1976) in „Rettet die Phänomene!“ dazu auf, die Phänomene ins Zentrum des Unterrichts zu stellen. Die Lernenden sollen zu Beginn des Unterrichts ein Phänomen mit möglichst allen Facetten des Phänomens selbst beobachten: „man muss zuerst die unbeschränkte Wirk-

lichkeit unmittelbar vor sich haben, um überhaupt zu bemerken, dass beschränkt wird. Der unmittelbare Umgang mit den Phänomenen ist der Zugang zur Physik“ (WAGENSCHNEIN, 1976, 5). Dieser phänomenbasierte Zugang zur Physik soll Lernenden in langen und nicht vorausgreifenden sokratischen Gesprächen mit der Lehrkraft ermöglichen, zu erfahren, „wie Naturwissenschaft überhaupt möglich ist“ (WAGENSCHNEIN, 1976, 5). Ausgehend von bisherigem Wissen der Lernenden soll mittels eines Phänomens im genetischen Lernen möglichst bruchlos neues Wissen entwickelt werden. Der Lehrkraft kommt dabei nach WAGENSCHNEIN (1991, 118) die wichtige Rolle zu, sicherzustellen, dass allen Lernenden zu jeder Zeit klar ist, worum es geht – worüber gesprochen wird, was „herausgebracht“ werden soll. Diese Sicherstellung der Zielklarheit ist eine wichtige Aufgabe bei der Methode des sokratischen Gesprächs.

MUCKENFUSS (2001) hebt in diesem Zusammenhang hervor, dass der Übergang von der reinen Beobachtung des Phänomens zur Erklärung des Phänomens durch die Lernenden keinesfalls reibungslos verläuft. Die besondere Leistung der Naturwissenschaften bestünde gerade darin, die Welt und deren Phänomene anders zu betrachten, als sie normalerweise wahrgenommen werden. In der Folge erfordert der Übergang von der alltäglichen zur naturwissenschaftlichen Erklärung die besondere Unterstützung der Lehrkraft (LABUDDÉ, 1996, 172–173). Phänomenbasierter Unterricht muss somit durch die Lehrkraft so gestaltet werden, dass durch eine Zielklarheit und Strukturierung der Übergang zur naturwissenschaftlichen Erklärung erleichtert wird.

Zielklarheit und Strukturierung gelten gemeinhin nicht nur beim phänomenbasierten Zugang als prinzipielle Merkmale guten Unterrichts (HATTIE, 2009; HELMKE, 2009; LIPOWSKY, 2015). LIPOWSKY (2015) unterscheidet bzgl. der Strukturierung noch zwischen der didaktischen Strukturierung, der Strukturierung auf Verhaltensebene und kognitionspsychologischer Strukturierung (u.a. der Einsatz von Strukturierungshilfen). Unter der didaktischen Strukturierung wird vor allem die sinnvolle Phasierung des Unterrichts und damit auch die Zerlegung in einzelne Abschnitte verstanden. HELMKE (2009) betont zudem, dass Strukturierung und Zielklarheit für den mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht eine hohe Bedeutung haben, da diese Fächer bereits hierarchisch gegliedert sind und diese Gliederung auch im Unterricht eine wichtige Rolle für das Erlernen des Faches spielt. Zielklarheit und Strukturiertheit im Unterricht helfen auch bei einem phänomenbasierten Zugang zur Physik. Dem hohen Grad an Offenheit und der hohen Komplexität beim phänomenbasierten Unterricht kann durch eine explizite Zielklarheit und sinnvolle Strukturierung begegnet werden. Dies lässt sich z.B. durch Thematisierung einer übergeordneten Fragestellung und die sinnvolle Untergliederung deren Bearbeitung in mehrere Teilschritte umsetzen.

## 2 Leitfragen als zentrales Element sinnstiftenden Lernens

Phänomenbasierter Unterricht muss, wie andere Unterrichtsansätze auch, somit weitergedacht werden, um wichtige Unterrichtskriterien wie Zielklarheit und Strukturiertheit zu

erfüllen und damit sinnstiftendes Lernen zu ermöglichen. Ein Weg zur Zielklarheit und Strukturierung phänomenbasierten Unterrichts bieten Leitfragen.

### 2.1 Zielklarheit durch Leitfragen

Das Konzept der Leitfrage (englisch: *driving question*) stammt aus dem Kontext des projektbasierten Lernens (englisch: *project-based learning*, KRAJCIK & SHIN, 2014). *Project-based learning* ist ein lernendenzentrierter Unterrichtsansatz, in dem Lernende durch die Auseinandersetzung mit relevanten Fragen rund um Alltagsphänomene ein Verständnis naturwissenschaftlicher Konzepte entwickeln bzw. vertiefen sollen. Dabei werden inhalts- und prozessbezogene Kompetenzen nicht getrennt, sondern miteinander verknüpft. Die Lernenden sollen wie Forschende in den Naturwissenschaften arbeiten: Der Inhalt wird nicht losgelöst von, sondern durch Anwendung naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen erlernt. Die Lernenden untersuchen eigene gestellte Fragen, entwickeln Hypothesen und naturwissenschaftliche Erklärungen auf Grundlage von Daten, argumentieren oder entwickeln neue Ideen in möglichst alltagsnahen Kontexten (KRAJCIK & CZERNIAK, 2014).

Leitfragen sind zentraler Bestandteil des *project-based learning*. Die Leitfrage wird zu Beginn einer Unterrichtseinheit anhand eines oder mehrerer Phänomene entwickelt. Zur Erarbeitung und Vertiefung des Energiekonzepts eignet sich z.B. die Leitfrage „Warum stoppen manche Dinge, während sich andere Dinge weiterbewegen?“ (FORTUS et al., 2012). Zu Beginn der Einheit werden den Lernenden verschiedene Gegenstände präsentiert, deren Bewegungen teilweise enden (z.B. ein Fadenpendel), teilweise aufrechterhalten werden (z.B. ein ForeverSpin oder eine Lichtmühle, Abb. 1). Die Lernenden stellen zu den Phänomenen Fragen: „Warum stoppt der ForeverSpin nicht wie ein gewöhnlicher Kreisel?“, „Warum stoppt ein gewöhnlicher Kreisel?“, „Wann dreht sich die Lichtmühle?“, „Wie dunkel muss es sein, damit die Lichtmühle stoppt?“, „Wann schwingt ein Pendel ewig weiter?“. Die Lehrkraft sammelt die Fragen für

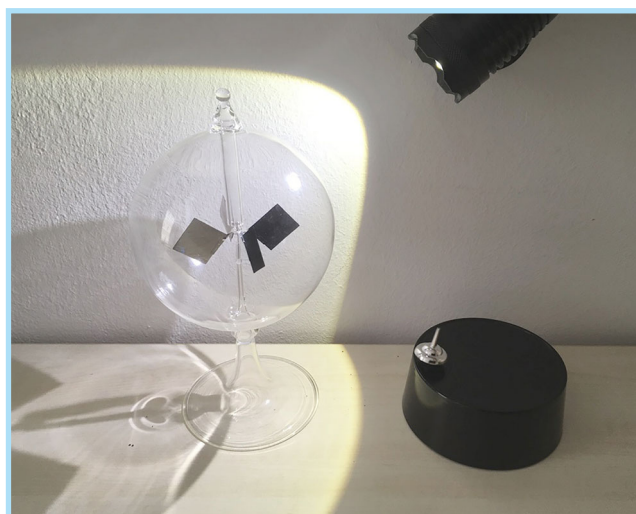


Abb. 1. Zur Motivation der Frage „Warum stoppen manche Dinge, während sich andere weiterbewegen?“ wird u.a. eine sich drehende Lichtmühle (links) unter Bestrahlung einer Taschenlampe und ein ForeverSpin mit einem nicht stoppenden Kreisel (rechts) verwendet.

alle sichtbar z. B. auf einem Plakat (NORDINE & TORRES, 2013) und entwickelt aus diesen die übergeordnete Leitfrage. Die Beantwortung der übergeordneten und selbst entwickelten Leitfrage bildet das Ziel für die Lernenden in der Unterrichtseinheit. Das Lernziel der Unterrichtseinheit ist die Erarbeitung und Vertiefung eines naturwissenschaftlichen Konzepts, das durch einen Lehrplan vorgegeben ist. Das Ziel für die Lernenden und das Lernziel passen insofern zueinander, als dass die Lernenden zur Erreichung des Ziels das naturwissenschaftliche Konzept erarbeiten bzw. vertiefen müssen. Gleichzeitig kann die Lehrkraft anhand der Beantwortung der übergeordneten Leitfrage durch die Lernenden die Erreichung des Lernziels prüfen. Die Leitfrage sollte daher sechs Kriterien erfüllen, anhand derer sich Lehrkräfte bei der Entwicklung von Leitfragen orientieren können:

(1) Kontextualisierung

Die Leitfrage sollte ein hohes Maß an Kontextualisierung aufweisen, d.h. das um die Leitfrage entwickelte Phänomen sollte der Alltagswelt der Lernenden entstammen. Insbesondere lernschwächere Gruppen in einer Klasse können vom Einsatz dieser Art von Leitfrage und deren Beantwortung profitieren.

(2) Bedeutsamkeit

Die Leitfrage muss zudem bedeutsam, d.h. möglichst interessant, aber auch relevant für die Lernenden sein. Hierfür eignen sich insbesondere Fragen aus der Alltagswelt der Lernenden (PENUEL & BELL, 2016). Auf diese Weise wird nicht nur die Motivation der Lernenden erhöht, sondern es wird auch eine Zielklarheit für die Unterrichtseinheit erzeugt, deren Ziel die Beantwortung der Leitfrage ist.

(3) Tragfähigkeit

Somit muss die Leitfrage auch über einen langen Zeitraum, z.B. über ein physikalisches Sachgebiet eines Lehrplans, tragfähig sein. Mithilfe der Leitfrage lässt sich ein Ziel für den Zeitraum formulieren, aber auch ständig durch Rückschlüsse auf die Beantwortung der Leitfrage und damit auf deren Phänomen zurückgreifen.

(4) Komplexität

Dies setzt auch eine entsprechend hohe Komplexität der Leitfrage voraus. Die Leitfrage sollte nicht innerhalb einer Unterrichtsstunde oder durch eine Internetrecherche direkt beantwortet werden können.

(5) Durchführbarkeit

Die Leitfrage muss innerhalb der Unterrichtseinheit beantwortbar sein. Sie muss daher an den kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten der Lernenden orientiert sein, um in einer realistischen Zeit (sprich: innerhalb einer Unterrichtseinheit) beantwortet zu werden und um die Unterrichtseinheit generell durchführen zu können. Gerade beim *project-based learning* als lernendenzentriertem Unterrichtsansatz wird dabei die Beantwortung der Leitfrage durch die Lernenden selbst in Form einer für die Lernenden zufriedenstellenden Antwort vorausgesetzt.

(6) Wertigkeit

Über das Phänomen und die Leitfrage hinweg sollte zudem das erarbeitete oder vertiefte naturwissenschaftliche Konzept einen hohen Wert für das naturwissenschaftliche Fach haben (PENUEL & BELL, 2016). Dies lässt sich zum Beispiel realisieren, indem die Leitfrage auf ein Konzept abzielt, das im jeweiligen landesspezifischen- bzw. Schulcurriculum eine wichtige Rolle spielt.

Die sechs Kriterien sind in Tabelle 1 erläutert. Sie können als Grundlage zur Entwicklung eigener Leitfragen dienen. Den Ausgangspunkt zur Entwicklung einer Leitfrage bildet auch hier das naturwissenschaftliche Konzept, dessen inhaltliche Strukturierung vor der Entwicklung der Leitfrage stehen sollte. Die inhaltliche Struktur wird schließlich durch die Leitfrage und insbesondere durch die Zerlegung der Leitfrage in Teilfragen als Sequenzierungshilfe für die Lernenden offengelegt.

2.2 Strukturierung durch Teilfragen

Nachdem die Lernenden zu den Phänomenen Fragen (z.B. „Warum stoppt ein Kreisel?“ und „Warum stoppt der ForeverSpin nicht?“) gestellt, diese gesammelt haben und die Leitfrage ent-

Durchführbarkeit	Wertigkeit	Kontextualisierung	Bedeutsamkeit	Tragfähigkeit	Komplexität
Die DQ ist dem Entwicklungsstand der Lernenden in der Mittelstufe angemessen.	Die DQ umfasst reichhaltige wissenschaftliche Inhalte, die von Lernenden entdeckt werden können.	Die DQ weist einen Bezug zu einer bedeutsamen lebensweltlichen Situation auf.	Die DQ erscheint Lernenden als für sie selbst bedeutsam.	Die DQ bestärkt Lernende sich mit der Fragestellung für eine hinreichende Zeit auseinanderzusetzen.	Die Antwort auf die DQ befindet sich knapp oberhalb dessen, was Lernende ohne Unterricht herausfinden können.
Die DQ lässt sich in kleinere Fragen unterteilen, die von Lernenden eingebracht und beantwortet werden können.	Die Beantwortung der DQ erfordert von den Lernenden ein tiefergehendes Verständnis des zugrunde liegenden Inhalts.	Die Antwort auf die DQ bzw. das Produkt der DC ist für eine bestimmte Zielgruppe von Personen wichtig.	Die DQ ist aufgrund des Interesses von Lernenden an der Fragestellung bedeutsam.	Die DQ bestärkt Lernende sich mit Informationen detailliert auseinanderzusetzen.	Die DQ ist zu komplex, um von Lernenden nach einer einzelnen Stunde beantwortet werden zu können.
Die für Untersuchungen zur Beantwortung der DQ notwendigen Materialien stehen Lehrenden und Lernenden zur Verfügung.	Die DQ bezieht sich auf Anforderungen der Bildungsstandards.	Die Relevanz der DQ wird Lernenden durch die Fragestellung bewusst.  Die DQ überzeugt die Lernenden nicht-dominanter Gruppen.	Die DQ ist spannend, rätselhaft oder verwundert.		Die DQ lässt sich nicht schnell durch eine Recherche im Internet beantworten.

Tab. 1. Kriterien zur Entwicklung einer Leitfrage (engl. Driving Question, DQ) nach PENUEL UND BELL (2017). Die grau markierten Kriterien sollten von Lernenden bewertet werden.

wickelt wurde, greift die Lehrkraft die gestellten Fragen der Lernenden erneut auf und nutzt diese zur Strukturierung der Unterrichtseinheit. Die Fragen werden von Lernenden und der Lehrkraft so geordnet, dass die Beantwortungen der Fragen sich möglichst gegenseitig begünstigen und jeweils zur Beantwortung der Leitfrage beitragen. So sollte z.B. zunächst die Teilfrage beantwortet werden, warum ein gewöhnlicher Kreisel stoppt, um anschließend die Frage zu beantworten, warum ein Forever-Spin im Gegensatz dazu nicht stoppt. Lernendenzentrierung findet hier somit nicht nur durch die Motivation der Lernenden durch alltagsnahe Phänomene, sondern insbesondere durch die Beteiligung und Planung am Strukturierungsprozess statt. Die Lernenden und die Lehrkraft entwerfen gemeinsam zu Beginn der Einheit eine Struktur für die nächsten Unterrichtsstunden weit über die derzeitige Unterrichtsstunde hinaus. Während der Einheit können die Lernenden und die Lehrkraft auf die Struktur zurückgreifen, indem bereits erarbeitete Erkenntnisse und Antworten auf Teilfragen verknüpft werden mit Aktivitäten und Teilfragen, die noch beantwortet werden müssen. Insbesondere im Sinn einer für die Lernenden jederzeit offensichtlichen Strukturierung und Zielklarheit des Unterrichts sind durch den Einsatz einer Leitfrage und deren Teilfragen wichtige Qualitätsmerkmale auch in einem phänomenbasierten Unterricht adressiert. Die Entwicklung der Teilfragen zur Formulierung von Zwischenzielen spielt eine entscheidende Rolle zur Strukturierung des Unterrichts beim *project-based learning* (KRAJCIK & SHIN, 2014). Die Lehrkraft sollte sich selbstverständlich vor der Unterrichtseinheit mögliche Teilfragen der Lernenden überlegen und anhand derer eine erste inhaltliche Strukturierung erarbeiten. Im Verlauf der Unterrichtseinheit sollen die Teilfragen schließlich sukzessiv durch die Erarbeitung von Teilaspekten eines Konzepts, z.B. einzelnen Energieformen und deren Umwandlungen ineinander, mithilfe naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen beantwortet werden. Hier bieten sich insbesondere die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten zu den eingangs präsentierten oder vereinfachten Phänomenen an, die die Lehrkraft entweder durch Explizieren oder mithilfe technischer Hilfsmittel (z.B. Videos und Simulationen) in Beziehung zur Teilfrage setzen kann. Die Experimente benötigen ähnlich wie bei der Vorüberlegung zu den Teilfragen eine Vorausplanung durch die Lehrkraft. Durch den Bezug zur Teil- bzw. Leitfrage kann die Lehrkraft jederzeit eine Notwendigkeit herstellen, die entsprechende Aktivität durchzuführen, da diese zur Beantwortung der Fragestellungen beiträgt.

### 3 Warum wird ein Laptop manchmal heiß?

Im Projekt energie.TRANSFER<sup>1</sup> wurden zwölf Einheiten im Umfang von jeweils 3–5 Schulstunden für die Sekundarstufe I

entwickelt. Jede der zwölf Einheiten nutzt jeweils eine Leitfrage aufgeteilt in drei zur Leitfrage passenden Teilfragen. Als Vorwissen wird eine früher behandelte und eine unmittelbar zuvor neu erlernte Energieform vorausgesetzt. Je Einheit werden schließlich die zwei als Vorwissen vorausgesetzten Energieformen vertieft und über die Energieumwandlung miteinander verknüpft. Durch den wiederholten Einsatz dieser kurzen Vertiefungseinheiten soll die schrittweise Entwicklung eines Energieverständnisses unterstützt werden.

Die zwölf Leitfragen wurden nach einer Interessensbefragung von Lernenden der Mittelstufe ausgewählt. Die im Folgenden vorgestellte Unterrichtseinheit zur Leitfrage „Warum wird ein Laptop manchmal heiß?“ behandelt die Umwandlung von elektrischer in thermische Energie und ist für 3–5 Schulstunden einer 6./7. Schulklasse entwickelt. Die Einheit setzt somit die thermische Energie und ein grobes Verständnis der elektrischen Energie voraus. Die im Lauf der Einheit entwickelten Teilfragen entstammen von Erprobungen im Regelunterricht mit Lehrkräften und Lernenden einer 8. und 9. Klasse aus Niedersachsen.

#### 3.1 Einstieg durch eine Problematisierung des Phänomens

In der Einstiegsphase der Unterrichtseinheit präsentiert die Lehrkraft einen Laptop, auf dem ein Computerspiel läuft. Die Lernenden überprüfen den Laptop, reichen ihn in der Klasse herum, berühren ihn und erfüllen auch eine ungewöhnliche hohe Temperatur am Laptop. Nach ein paar Minuten stürzt sogar der Laptop ab und muss neu gestartet werden. In dieser Problematisierung entwickeln die Lernenden Fragen rund um den heißen Laptop und schildern ähnliche Erfahrungen. Es stehen Fragen im Raum wie „Ist er anfangs wärmer oder kälter?“, „Ist der Laptop überall gleich warm?“, „Ist der Lüfter kaputt?“, „Warum stürzt er plötzlich ab?“ oder „Wird die Batterie heiß?“. Die Lehrkraft notiert die Fragen der Lernenden für alle sichtbar und synthetisiert schließlich die Fragen rund um den Laptop zur Leitfrage „Warum wird ein Laptop manchmal heiß?“. Die Lernenden können hier nun erste Vermutungen zur Leitfrage abgeben. Viele der Vermutungen zielen jedoch nur auf Teilaspekte des Phänomens, z.B. dass der Laptop mehr Energie brauche als die Batterie liefern kann. Anhand derer kann die Lehrkraft verdeutlichen, wie komplex die Leitfrage ist und dass sie schrittweise zerlegt werden sollte, bevor sie abschließend beantwortet wird. So ließe sich beim vorigen Beispiel anführen, dass hier die Wärmeentwicklung am Laptop und der extreme Fall der Notabschaltung nicht erklärt werden.

In dieser Phase steht die Initiierung sinnstiftenden Lernens, d.h. sich mit dem präsentierten Phänomen und der Leitfrage auseinanderzusetzen, im Vordergrund. Mithilfe der ersten noch nicht ausreichenden Erklärungen zur Leitfrage verdeutlicht die

<sup>1</sup> Das DFG-Transferprojekt energie.TRANSFER ist eine Kooperation aus dem IPN in Kiel, der Universität Hannover und dem LearningLab in Duisburg-Essen. Ziel des Projekts ist die Entwicklung und Erprobung eines basiskonzeptorientierten Physikunterrichts am Beispiel des Energiekonzepts. Die Grundlage für die Entwicklung ist ein empirisch fundiertes Modell, das beschreibt, wie Lernende ein Verständnis von Energie entwickeln. Auf Grundlage dieses Modells wurden 12 kurze Unterrichtseinheiten und -materialien, so genannte Curriculum Replacement Units (CRUs) für die Mittelstufe entwickelt, die in vorgegebene Lehrpläne integrierbar sind und einen bestehenden Unterrichtsgang ersetzen oder auch in Teilen ergänzen können. Die Unterrichtseinheiten stehen digital unter [www.energie-transfer.de](http://www.energie-transfer.de) als Moodle-Kurse zur Verfügung, um eine flexible Anpassung und Konfigurierbarkeit des Lernangebotes zu eröffnen (WESSNIGK, NEUMANN & KERRES, 2020).

Lehrkraft, dass die Leitfrage hinreichend komplex ist und die Lernenden sich über einen gewissen Zeitraum mit der Frage beschäftigen müssen, um diese zu beantworten. Auf diese Weise wird durch ein Einstiegsphänomen und der damit verbundenen Leitfrage sinnstiftendes Lernen initiiert, das als Ziel für die Lernenden die Beantwortung der Leitfrage verfolgt. Das Lernziel der Unterrichtseinheit, die Umwandlung von elektrischer in thermische Energie, wird zudem benötigt, um die Leitfrage zu beantworten und wird somit ebenfalls verfolgt.

### 3.2 Zerlegung des Phänomens „heißer Laptop“ in Teilfragen

Nach dieser Phase kehrt die Lehrkraft zu den von den Lernenden entwickelten Fragen und Vorerfahrungen zurück und fragt, welche Antworten helfen würden, um die Leitfrage zu beantworten. Gemeinsam werden passende Teilfragen synthetisiert und in eine logische Reihenfolge gebracht. Eine mögliche Reihenfolge wäre:

1. Wo wird ein Laptop heiß?
2. Wann wird ein Laptop heiß?
3. Wie lässt sich die Erhitzung eines Laptops verhindern?

Die erste Teilfrage soll hier insbesondere das Hitzeproblem des Laptops lokalisieren passend zur Frage der Lernenden „Ist der Laptop überall gleich warm?“. Die zweite Teilfrage engt das Phänomen zeitlich ein passend zur Frage „Warum stürzt er plötzlich ab?“. Die dritte Teilfrage beschäftigt sich mit einer technischen Lösung des Problems passend zur Frage „Ist der Lüfter kaputt?“.

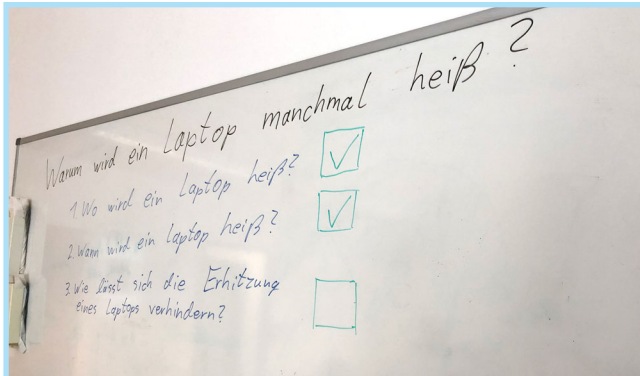


Abb. 2. Die Leitfrage und dazu passende Teilfragen am Whiteboard. Die Fragen sollten den Lernenden ständig im Klassenraum präsent sein, um das Ziel und die Struktur der Unterrichtseinheit darzustellen.

In dieser Phase erarbeiten die Lernenden die Sequenzierung der folgenden Unterrichtsstunden, die jederzeit präsent sein sollte. Diese Sequenzierung sollte den Lernenden während der Einheit ständig durch z.B. ein Poster oder ein Whiteboard präsent sein (Abb. 2), so dass die Lehrkraft auf diese zeitliche Strukturierung der nächsten Stunden jederzeit verweisen kann.

### 3.3 Aufgaben zur Beantwortung der Teilfragen

Ein möglicher Unterrichtsgang zu den drei oben genannten Teilfragen für die Erarbeitungsphase könnte mit der Beobachtung des Laptops mithilfe einer Wärmebildkamera durch die Lernenden und der Identifikation des Prozessors als Wärme-

quelle beginnen (Abb. 3). Anschließend sehen die Lernenden in dem Video eines Prozessors in Großaufnahme viele Stromkreise und ordnen den Stromkreisen im Laptop die elektrische Energie als Energieform zu. Daraufhin führen die Lernenden ein Experiment zur Umwandlung von elektrischer in thermische Energie in einem geschlossenen Stromkreis durch. Nach diesen drei Aktivitäten beantworten die Lernenden die erste Teilfrage.

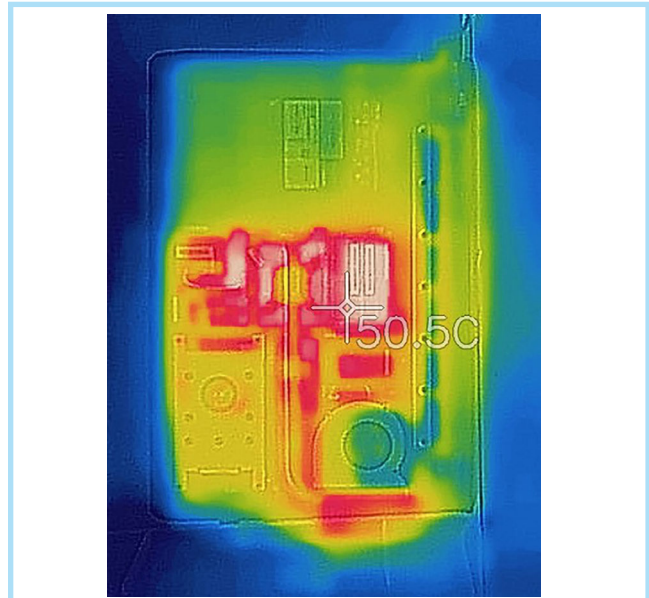


Abb. 3. Aufnahme eines Laptops unter hoher Belastung aufgenommen mit einer Wärmebildkamera. Der Prozessor als Wärmequelle wird anhand der rötlich-weißen Färbung identifiziert und soll zur Beantwortung der ersten Teilfrage beitragen.

In dieser Phase untersuchen die Lernenden gemäß des *project-based learning* die eigenen Fragen mittels naturwissenschaftlicher Arbeitsweisen wie dem Experimentieren. Das Experiment wird an einer zur Leitfrage passenden Stelle der Unterrichtseinheit durchgeführt und um technische Hilfsmittel wie ein Video oder Bilder einer Wärmebildkamera ergänzt. Durch den Bezug zur Teilfrage und mithilfe technischer Hilfsmittel wird hier eine Notwendigkeit zur Durchführung des Experiments hergestellt, die die Reihenfolge der Aktivitäten für die Lernenden vorgibt. Anhand der eigenständigen Beantwortung der Teilfrage durch die Lernenden kann schließlich die Lehrkraft die Erfüllung des Lernziels prüfen und durch den Abschluss der ersten Teilfrage zudem einen Bezug zur Leitfrage herstellen. Nach der Erarbeitung zweier weiterer Teilfragen beantworten die Lernenden abschließend eigenständig die Leitfrage in einer Reflexionsphase und beantworten zusätzlich die Frage, warum ein Smartphone manchmal heiß wird. Durch die Beantwortung der Leitfrage ist das Ziel der Unterrichtseinheit erreicht, das den Lernenden seit der Einführung der Leitfrage ständig präsent war. Anhand der Übertragung des Konzepts der Energieumwandlung auf ein heißes Smartphone als ähnlichen Kontext kann die Lehrkraft zudem die Erreichung des Lernziels unabhängig vom gewählten Kontext prüfen und explizieren. Anhand des ähnlichen Kontexts lässt sich auf diese Weise das erlernte Konzept der Energieumwandlung von elektrischer in thermische Energie generalisieren und die Lehrkraft kann die Einheit abschließen.

#### 4 Fazit

Durch den Einsatz einer Leitfrage rund um ein Phänomen kann nicht nur sinnstiftendes Lernen initiiert, sondern auch Unterrichtseinheiten strukturiert werden. Die Lernenden gestalten im Sinne WAGENSCHAINS (1976) ausgehend von Phänomenen aktiv den Unterricht mit und erkennen eine Verknüpfung zwischen inhaltlichem Konzept, der Leitfrage und der Bedeutung des naturwissenschaftlichen Konzepts.

Das Konzept der Leitfrage wurde in der Unterrichtseinheit „Warum wird ein Laptop manchmal heiß?“ umgesetzt. Die teilnehmenden Lehrkräfte berichteten, dass der Einsatz der Leitfrage und deren Teilfragen es ihnen erleichtern, einen Bezug zwischen Experimenten, Leitfragen und Teilfragen im Unterricht herzustellen. Die Reihenfolge der Teilfragen wurde sowohl fachlich als auch unterrichtspraktisch als sinnvoll erachtet. Zudem berichteten die Lehrkräfte, dass die Lernenden in Unterrichtsgesprächen zunehmend häufiger im Verlauf der Unterrichtseinheit das Konzept der Energieumwandlung für Erklärungen nutzten.

Die Lernenden gaben außerdem in kurzen Feedbacks während der Einheit an, dass sie verstehen, inwiefern die Aufgaben und die Experimente zur Beantwortung der Teilfragen beitragen. Es ist somit zu sehen, dass nicht nur die Lehrkräfte, sondern auch die Lernenden die Strukturierung der Einheit annehmen. In kurzen Feedbacks zeigte sich außerdem, dass das Interesse der Lernenden an dem Phänomen des heißen Laptops über die Unterrichtseinheit nicht abnimmt, sondern auf einem hohen Niveau bleibt. Die Leitfrage zu einem interessanten Phänomen kann somit nicht nur zu einer Strukturierung der Einheit, sondern auch zur Motivation beitragen, sich mit einem Phänomen über einen längeren Zeitraum auseinanderzusetzen.

#### Literatur

BRANSFORD, J. D., BROWN, A. L., & COCKING, R. R. (2000). *How People Learn: Brain, Mind, Experience, and School*. Washington DC: National Academies Press.

FORTUS, D., ABDEL-KAREEM, H., CHEN, J., FORSYTH, B., GRUEBER, D. J., NORDINE, J., & WEIZMAN, A. (2012). Why do some things stop while others keep going? In: J. S. KRAJCIK, B. J. REISER, D. FORTUS, & L. M. SUTHERLAND (Hg.). *Investigating and questioning our world through science and technology (IQWST)*. New York: Sangari Science.

HATTIE, J. (2009). *Visible learning: A synthesis of over 800 meta-analyses relating to achievement*. London, New York: Routledge.

HELMKE, A. (2009). *Unterrichtsqualität und Lehrerprofessionalität*. Seelze: Klett-Kallmeyer.

KRAJCIK, J. S., & CZERNIAK, C. M. (2014). *Teaching science in elementary and middle school: A project-based approach*. London, New York: Routledge.

KRAJCIK, J. S., & SHIN, N. (2014). Project-based learning. *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences, Second Edition*, Cambridge: Cambridge University Press, 275–297.

Kultusministerkonferenz (KMK) (2005). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Bildungsabschluss*. Beschluss vom 16.12.2004. [https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf) (09.11.2020).

LABUDDÉ, P. (1996). Genetisch-sokratisch-exemplarisches Lernen im Lichte der neueren Wissenschaftstheorie. *Beiträge zur Lehrerinnen-und Lehrerbildung*, 14(2), 170–174.

LIPOWSKY, F. (2015). Unterricht. In: E. Wild & J. Möller (Hg.). *Pädagogische Psychologie*. Heidelberg: Springer, 69–105.

MIKELSKIS-SEIFERT, S., & DUIT, R. (Hg.) (2010). *Physik im Kontext. Konzepte, Ideen, Materialien für effizienten Physikunterricht*. Seelze: Friedrich Verlag.

MUCKENFUSS, H. (2001). Retten uns die Phänomene? Anmerkungen zum Verhältnis von Wahrnehmung und Theorie. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik*, 12(63/64), 74–77.

NORDINE, J., & TORRES, R. (2013). Enhancing science kits with the driving question board. *Science and Children*, 50(8), 57–61.

PENUEL, W. R., & BELL, P. (2016). *Qualities of a good anchor phenomenon for a coherent sequence of science lessons*. STEM Teaching Tool initiative, Institute for Science + Math Education. Seattle WA: University of Washington. <http://stemteachingtools.org/brief/28> (26.11.2020).

WAGENSCHIN, M. (1976). *Rettet die Phänomene!* <http://www.martin-wagenschein.de/2/W-204.pdf> (20.11.2020)

WAGENSCHIN, M. (1991). *Verstehen lehren.*, 9. Auflage. Weinheim, Basel: Beltz.

WEßNIGK, S., NEUMANN, K., & KERRES, M. (2020). Energie unterrichten über eine digitale Lehr-Lernplattform. *Unterricht Physik*, 179(4), 31–36.

JULIAN ALEXANDER FISCHER, [jafischer@leibniz-ipn.de](mailto:jafischer@leibniz-ipn.de), entwickelte die zwölf Unterrichtseinheiten in energie.TRANSFER und promoviert zurzeit bei Prof. Dr. KNUT NEUMANN am IPN in Kiel.

TATJANA KATHARINA STÜRMER-STEINMANN, [steinmann@idmp.uni-hannover.de](mailto:steinmann@idmp.uni-hannover.de), entwickelte eine Fortbildung für Lehrkräfte in energie.TRANSFER und promoviert zurzeit bei Dr. SUSANNE WEßNIGK am IDMP der Universität Hannover.

Dr. MARCUS KUBSCH, [kubsch@leibniz-ipn.de](mailto:kubsch@leibniz-ipn.de), ist wissenschaftlicher Mitarbeiter in der Physikdidaktik des IPN in Kiel.

*Dr. DANIEL LAUMANN, [daniel.laumann@uni-muenster.de](mailto:daniel.laumann@uni-muenster.de), ist akademischer Rat am Institut für Didaktik der Physik und Physikalischen Institut der Universität Münster.*

*Dr. SUSANNE WEßNIGK, [susanne.wessnigk@quest.uni-hannover.de](mailto:susanne.wessnigk@quest.uni-hannover.de), ist wissenschaftliche Mitarbeiterin an der Leibniz-Universität Hannover und Lehrerin an einem Kieler Gymnasium.*

*Prof. Dr. KNUT NEUMANN, [neumann@leibniz-ipn.de](mailto:neumann@leibniz-ipn.de), ist Professor für Physikdidaktik an der Universität Kiel und Leiter der Abteilung Physik am IPN in Kiel.*

*Prof. Dr. MICHAEL KERRES, [michael.kerres@uni-duisburg-essen.de](mailto:michael.kerres@uni-duisburg-essen.de), ist Professor für Mediendidaktik und Leiter des Learning Lab der Universität Duisburg-Essen. ■□*