

Gute Aufgaben im Physikunterricht – erkennen – einsetzen – erstellen –

Kompetenzorientierter Unterricht am Gymnasium



GUTE AUFGABEN IM PHYSIKUNTERRICHT – ERKENNEN – EINSETZEN – ERSTELLEN –

Kompetenzorientierter Unterricht am Gymnasium

Grußwort	3
I Grundlegendes zur Kompetenzorientierung	4
1. Anforderungen an den modernen Physikunterricht	4
2. Kompetenzbereiche im Überblick	5
3. Kompetenzfördernder Unterricht	8
II Gute Aufgaben in den zeitgemäßen Unterrichtsalltag integrieren	10
1. Aufgabentypen	10
2. Beispiele für Lernaufgaben	12
2.1 Beispiel zum Lernbereich NT7 1.1 Dichte	12
2.2 Beispiele zum Lernbereich Ph9 1.2 Elektrische Energie	15
2.3 Beispiel zu Ph12.2 Elektromagnetische Induktion (grundlegendes Niveau)	21
3. Diagnoseaufgaben	26
4. (Neue) Möglichkeiten für Leistungsaufgaben	32
III Erstellen von schriftlichen Prüfungsaufgaben	36
1. Gütekriterien für schriftliche Prüfungsaufgaben	36
1.1 Eine Checkliste als Hilfsmittel	36
1.2 Die Einschätzungsmatrix schafft Überblick	38
1.3 Passender Umgang mit Operatoren	42
1.4 Exemplarisch: Prüfungsaufgaben gestern und heute	44
2. Beispiele für Prüfungsaufgaben	48
2.1 Großer schriftlicher Leistungsnachweis (Mechanik, Jgst. 8)	48
2.2 Großer schriftlicher Leistungsnachweis (Elektrik, Jgst. 8)	51
2.3 Schriftliche Leistungsnachweise nach Phasen eigenverantwortlichen Arbeitens (EVA)	54
IV Bewertung und Korrektur von Aufgaben	59
1. Bewertung von schriftlichen Prüfungsaufgaben	59
1.1 Modelle und Experimente nutzen	60
1.2 Erkenntnisse gewinnen	66
1.3 Kommunizieren	68
1.4 Bewerten	73
2. Bewertung von besonderen Aufgabenarten	82
2.1 Bewertung von Experimentalkompetenz im Unterricht	82
2.2 Bewertung von Multiple Choice-Aufgaben	84
V Literatur- und Quellenverzeichnis	90
Anhang 1: Gestufte Hilfen zu II.2.2. „Beispiel zum Lernbereich Ph9 1.2 Elektrische Energie“	92

Grußwort

„Die Naturwissenschaft Physik leistet einen Beitrag für ein umfassendes Verständnis der Welt.“

An dieser Vorgabe aus den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife muss sich ein moderner Physikunterricht stets messen lassen. Kompetenzorientierung, Lebensnähe und Selbstdidaktik sind zentrale Ziele des Physikunterrichts bei uns im Freistaat und müssen auch in Prüfungsaufgaben umgesetzt werden.

Die vorliegende Handreichung zeigt einen Weg auf, wie im Sinne des LehrplanPLUS Aufgaben so in den Unterricht integriert werden können, dass Schülerinnen und Schüler gut auf die Abiturprüfung und auf das Leben vorbereitet werden. Mit der Handreichung unterstützen wir sowohl Berufseinsteiger als auch erfahrene Lehrkräfte dabei, ihren Unterricht noch besser an die neuen Schwerpunkte im LehrplanPLUS und an die aktuelle Aufgabenpraxis im schriftlichen Abitur anzupassen.

Ich danke den Mitgliedern des Arbeitskreises am Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung für die Erarbeitung dieser Handreichung und wünsche allen Lehrkräften viel Freude beim Lesen verbunden mit neuen Impulsen, Anregungen und Ideen für gute und lebensnahe Aufgabenstellungen im Physikunterricht!

München, im März 2023



Prof. Dr. Michael Piazolo
Bayerischer Staatsminister
für Unterricht und Kultus



Prof. Dr. Michael Piazolo

I Grundlegendes zur Kompetenzorientierung

1. Anforderungen an den modernen Physikunterricht

Der Lebensalltag von Schülerinnen und Schülern ist mehr denn je geprägt von Technik, der Sorge wegen sich verschlechternder Umweltbedingungen und dem Versuch der Vereinnahmung durch verschiedene Gruppen der Gesellschaft. Wie an alle Fächer wird auch an das Fach Physik die Erwartung gestellt, dass es fächerübergreifende Ziele berücksichtigt und Schülerinnen und Schüler nicht nur für Studium und Beruf vorbereitet, sondern **für das Leben allgemein fit macht**.¹ (Selbst-) Verantwortliche Teilnahme am gesellschaftlichen Leben und an politischen Entscheidungsprozessen erfordert **Faktenwissen** im Bereich der Naturwissenschaften und der Technik ebenso wie eine **kompetente Anwendung naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen**. Alleine das Erkennen und Unterscheiden einer wissenschaftlichen Aussage und einer nicht-wissenschaftlichen Behauptung stellt eine wichtige Fähigkeit in einer Demokratie dar. Daher muss es unser aller Ziel sein, dass möglichst viele Schülerinnen und Schülern möglichst viele, möglichst gut entwickelte physikalische Kompetenzen erwerben.

Moderner Physikunterricht stellt die Vorteile heraus, die eine Auseinandersetzung mit dem Fach bringt. Die Inhalte müssen Lebensnähe aufweisen, die in Physik zu erwerbenden prozessbezogenen Kompetenzen einen Mehrwert im Vergleich zu und im Zusammenspiel mit anderen Fächern darstellen, damit physikalische Methoden und Denkweisen aus intrinsischer Motivation heraus für den Alltag genutzt werden. Dies ist genau das Ziel der **Schwerpunktsetzung Kompetenzorientierung**, die bereits im G8 begonnen hat und mit dem LehrplanPLUS fortgesetzt wird. Zentraler Aspekt des Unterrichts ist deshalb die **eigenaktive und eigenverantwortliche Auseinandersetzung** mit physikalischen Themen, die durch die Lehrkraft initiiert und begleitet wird. Der Einsatz von geeignetem Aufgabenmaterial als **Lernaufgaben** (s. II) ist ein wesentlicher Baustein für erfolgreichen kompetenzorientierten Unterricht.

Dieser Unterricht spiegelt sich in den Prüfungsaufgaben, insbesondere auch der Abiturprüfung wider: auf der Basis der Kenntnis von Fachwissen und Fachmethoden sind auch deren Anwendung Prüfungsinhalt, nicht nur im Bereich der *Modelle und Experimente*, sondern auch im Bereich der *Erkenntnisgewinnung*, des *physikspezifischen Kommunizierens* und *Bewertens* werden prozessbezogene Kompetenzen überprüft. Die aus dem Unterrichtsalltag bekannten Anwendungsbezüge werden selbstverständlich auch in Prüfungssituationen aufgegriffen.

Die Kompetenzorientierung zu verstärken, birgt die **Gefahr der Überforderung** gleichermaßen für Lehrende wie für Lernende. Lehrerinnen und Lehrern will diese Handreichung Wege aufzeigen, gute Prüfungsaufgaben zu erstellen (s. III) und sie ohne eigene Überlastung zu bewerten (s. IV). Schülerinnen und Schüler werden dann mit den Anforderungen zureckkommen, wenn nicht erst in den Prüfungsaufgaben eine verstärkte Kompetenzorientierung zum Tragen kommt. Deshalb will diese Handreichung Lehrerinnen und Lehrer auch bei der Vorbereitung und Umsetzung eines Unterrichts unterstützen, in dem die Schülerinnen und Schüler in allen Kompetenzbereichen altersgerecht auf die Nutzung von physikalischen Kompetenzen im Alltag sowie auf das erfolgreiche Meistern von Prüfungen vorbereitet werden.

1 schulart- und fächerübergreifende Bildungs- und Erziehungsziele: www.lehrplanplus.bayern.de/uebergreifende-ziele/gymnasium

2. Kompetenzbereiche im Überblick

Kompetenzen werden von Schülerinnen und Schülern im Unterricht im aktiven Umgang mit Fachinhalten erworben und angewandt. Das Kompetenzstrukturmodell² des LehrplanPLUS kategorisiert die prozessbezogenen Kompetenzen analog zu den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife (BiStas)³, die im Jahr 2020 durch die Kultusministerkonferenz (KMK) beschlossen wurden, in **vier Kompetenzbereiche**: **Modelle und Experimente nutzen** (in den BiStas Sachkompetenz, in den Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung Physik von 1989 und den Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss von 2004 Umgang mit Fachwissen genannt), **Erkenntnisse gewinnen**, **Kommunizieren und Bewerten**.



Kompetenzstrukturmodell des Faches Physik am Gymnasium

Für nachhaltig gewinnbringendes Lernen ist es von großer Bedeutung, dass die Kompetenzen im Unterricht bewusst und ausgewogen gefördert werden. Dies stellt der Fachlehrplan durch die Verzahnung von Kompetenzbereichen mit Inhalten sicher. Der Kompetenzerwerb muss selbstverständlich – wie auch der Erwerb von Fachwissen – Schritt für Schritt erfolgen. Daher unterliegen die Kompetenzerwartungen des LehrplanPLUS über die Jahre hinweg einer klaren **Progression**, wenn z.B. Experimente zunächst angeleitet und im Laufe der Jahre zunehmend selbstständig geplant und durchgeführt werden oder wenn im Bereich **Bewerten** in Jgst. 7 (Natur und Technik) zunächst physikalische Aspekte in Bewertungen identifiziert, in Jgst. 9 der Einfluss von Auswahl und Gewichtung solcher Aspekte auf das Ergebnis einer Bewertung reflektiert und in Jgst. 11 dann eigene Stellungnahmen formuliert werden.

Neben der Tiefe der Ausprägung einer Kompetenz spielt die Breite der Fähigkeiten eine entscheidende Rolle für einen erfolgreichen Kompetenzerwerb. Die Bildungsstandards im Fach Physik zeigen eine Palette an Teilkompetenzen (z.B. der **Kommunikationskompetenz**) auf. Der LehrplanPLUS basiert auf dieser Palette und entfaltet über die Kompetenzerwartungen jeder Jahrgangsstufe in jedem Kompetenzbereich weitere dieser Teilkompetenzen. Die nachfolgende Tabelle gibt einen **Überblick über diese Teilkompetenzen**, die anschließende **Kompetenzmatrix** zeigt am Beispiel eines Lernbereichs der Jgst. 10, wie sich die Kompetenzerwartungen des Lehrplans den Teilkompetenzen zuordnen lassen. Im Lehrplaninformationssystem (LIS) findet man zu jeder Jahrgangsstufe eine solche Matrix zu allen Lernbereichen.

2 <http://www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/physik>

3 Kultusministerkonferenz (2020), S. 13-21

Überblick über die in den Bildungsstandards beschriebenen Teilkompetenzen:

Die Schülerinnen und Schüler ...

Modelle und Experimente nutzen	Erkenntnisse gewinnen	Kommunizieren	Bewerten
Modelle und Theorien	Fragestellungen und Hypothesen	Informationen erschließen	Informationen beurteilen
S1 erklären Phänomene. S2 erläutern Gültigkeitsbereiche und Aussagemöglichkeiten von Modellen und Theorien S3 nutzen geeignete Modelle bzw. Theorien zur Lösung von Aufgaben und Problemen.	E1 identifizieren und entwickeln Fragestellungen, die sich physikalisch bearbeiten und beantworten lassen. E2 formulieren Hypothesen.	K1 recherchieren zielerichtet in verschiedenen Quellen. K2 prüfen verwendete Quellen auf Korrektheit und Relevanz. K3 entnehmen relevanten Informationen und geben sie passend wieder.	B1 erläutern Eigenschaften einer schlüssigen und überzeugenden Argumentation. B2 beurteilen Informationen und deren Darstellung auf Glaubwürdigkeit und Relevanz.
Verfahren und Experimente	Modelle und Verfahren	Informationen aufbereiten	Meinungen und Entscheidungen
S4 experimentieren nach Anleitung. S5 erklären bekannte Messverfahren und Funktionen einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus. S6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an. S7 wenden bekannte math. Verfahren an.	E3 beurteilen die Eignung von Untersuchungsverfahren. E4 modellieren Phänomene physikalisch (und mathematisch) begründet. E5 planen Experimente und Auswertungen. E6 experimentieren nach Anleitung.	K4 formulieren in Fachsprache chronologisch und kausal korrekt. K5 wählen geeignete Schwerpunkte für z. B. Präsentationen. K6 veranschaulichen Informationen in geeignet gewählten Darstellungsformen. K7 präsentieren sach- u. adressatengerecht.	B3 entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien verantwortungsvolle Handlungsoptionen und wägen sie gegeneinander ab. B4 beziehen reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten einen eigenen Standpunkt.
	Erkenntnisprozesse und Ergebnisse	Informationen austauschen, diskutieren	Entscheidungsprozesse reflektieren
	E6 erklären in Daten gefundene Strukturen und Beziehungen. E7 berücksichtigen Messunsicherheiten u. analysieren Konsequenzen für die Interpretation von Ergebnissen. E8 beurteilen die Eignung physikal. Modelle/Theorien für die Problemlösung. E9 reflektieren die Relevanz von Modellen/Theorien/Hypothesen/Experimenten für die physikal. Erkenntnisgewinnung.	K8 nutzen ihr Wissen über aus phys. Sicht gütige Argumentationsketten. K9 vertreten, reflektieren und korrigieren eigene Standpunkte. K10 beachten die Urheberschaft und zitieren korrekt.	B5 reflektieren die Güte eines Bewertungsprozesses. B6 bewerten Technologien u. Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich Eignung und Konsequenz und schätzen Risiken (auch in Alltagssituationen) ein. B7 reflektieren Folgen konkreter eigener Handlungen. B8 reflektieren Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung.
	Merkmale wiss. Aussagen und Methoden		
	E10 beziehen theor. Überlegungen zurück auf Alltagssituationen, reflektieren ihre Generalisierbarkeit. E11 reflektieren die wiss. Güte konkreter Prozesse der Erkenntnisgewinnung.		

Kompetenzmatrix zu Lernbereich Ph 10.4 Kernphysik

	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4	KE 5	KE 6
Modelle und Experimente nutzen						
Modelle und Theorien einsetzen und beschreiben		S1, S3	S1, S3	S3		
Verfahren und Experimente durchführen und erklären		S7	S7	S6, S7		
Erkenntnisse gewinnen						
Fragestellungen und Hypothesen identifizieren und formulieren						
Modelle und Verfahren begründet einsetzen		E4				
Ergebnisse der Prozesse physikalischer Erkenntnisgewinnung einschätzen				E6		
Wissenschaftliche Aussagen und Methoden reflektieren						
Kommunizieren						
Informationen erschließen	K1, K2					
Informationen aufbereiten						K4
Informationen austauschen						K9
Bewerten						
Informationen beurteilen	B2				B1, B2	
Eigene Standpunkte entwickeln und vertreten					B4	B4
Entscheidungsprozesse reflektieren					B5	

Kompetenzerwartungen (KE): Die Schülerinnen und Schüler...

1. ... recherchieren selbstständig in unterschiedlichen Quellen zu Themen der Kernphysik (z. B. Entdeckung und Nachweis der Radioaktivität, Eigenschaften der Strahlungsarten, Quarks) und ordnen die gesichteten Quellen in Bezug auf die vorgegebene Aufgabenstellung nach dem Grad ihrer Verwendbarkeit.
2. ... stellen Zerfallsgleichungen zu α - und β -Zerfällen auf, deuten die γ -Strahlung als eine vom Kern abgegebene Strahlung aus energiereichen Photonen und führen die Umwandlungen der Kerne auf den Aufbau der Nukleonen aus Quarks zurück.
3. ... erklären mithilfe der Äquivalenz von Masse und Energie die Energiefreisetzung exemplarisch beim α Zerfall sowie bei einer einfachen Kernreaktion und erläutern die prinzipielle Funktionsweise eines Kernreaktors.
4. ... bestimmen graphisch aus Zerfallskurven oder mittels Berechnungen die Halbwertszeit radioaktiver Isotope und nutzen sie zur Identifizierung von Isotopen sowie zur Beantwortung anwendungsbezogener Fragestellungen.
5. ... kategorisieren Argumente in wertenden Kommentaren zu kernphysikalischen Themen in unterschiedlichen Medien (z. B. Zeitungen, Foren, Werbeflyer, Filmen) oder in Diskussionen und prüfen sie auf ihre fachliche Korrektheit. Sie reflektieren über die Interessenlage der Urheber und verfassen eine Stellungnahme.
6. ... formulieren auf der Grundlage ihrer Kenntnisse eine eigene Bewertung zu einem Thema aus dem Bereich Radioaktivität (z. B. medizinische Anwendung und biologische Strahlenwirkung) und beziehen außerfachliche Aspekte mit ein.

3. Kompetenzfördernder Unterricht

Hilbert Meyer beschreibt in seinem Buch „Was ist guter Unterricht?“⁴ zehn Merkmale guten Unterrichts, die sich in den Schulen und in der Ausbildung von Lehrkräften seitdem etabliert haben:

- Klare Strukturierung des Unterrichts
- Hoher Anteil echter Lernzeit
- Lernförderliches Klima
- Inhaltliche Klarheit
- Sinnstiftendes Kommunizieren
- Methodenvielfalt
- Individuelles Fördern
- Intelligentes Üben
- Transparente Leistungserwartungen
- Vorbereitete Lernumgebung

Kompetenzfördernder Unterricht baut genau auf diesen Merkmalen auf. Was aber macht ihn aus? Klaus Joller-Graf und Heinz Klippert sehen folgende Merkmale eines kompetenzfördernden Unterrichts:^{5, 6}

Am Anfang des Lernprozesses dürfen die Lernenden erleben, was sie noch nicht können. Dies kann zu Irritationen führen, aber auch weitere **Fragen aufwerfen**. Bei angemessenem Schwierigkeitsgrad wird in der Regel ein Lernprozess angestossen.

Binnendifferenzierung und Individualisierung (z. B. passende Auswahl der Lernsituation, Einsatz gestufter Lernhilfen, Wahl von Aufgaben, die verschiedene Lösungsansätze erlauben) erhöhen die Chancen, dass sich die Schülerinnen und Schüler auf eine Lernsituation einlassen und diese wirklich bewältigen wollen und können. Werden Lernsituationen nicht angenommen, da Langeweile oder Misserfolg drohen, scheitert der Lernprozess.

Wissen und Können soll in **konkreten Handlungssituationen** angewendet werden. Dabei ist der Blickwinkel der Lehrkraft „Ich habe die Inhalte durchgenommen“ nicht ausreichend, es geht um „das haben meine Schülerinnen und Schüler dazugelernt“. Lernende müssen einen Kompetenzzuwachs erleben, der das Vertrauen in die eigene Leistungsfähigkeit stärkt und die Lernmotivation erhöht, aber auch die Fähigkeit verbessert, Rückschläge zu verkraften.

Lernende brauchen zum Aufbau lösungsorientierten Wissens im Sinne des bayerischen Lehrplans einen **gut strukturierten Unterricht**, der sowohl Instruktionsphasen (z. B. Erklärung wichtiger Sachverhalte, Einführung bestimmter Vorgehensweisen), als auch konstruktive Phasen (Erproben, Entdecken, Austausch) enthalten muss. Die Erfahrung von Erfolg und Misserfolg bei komplexen Anwendungssituationen regt zum Nachdenken an und fördert den Kompetenzaufbau in hohem Maße. Zu den bisher genannten Merkmalen finden sich in II Anregungen zur Umsetzung.

Transparente Leistungsanforderungen (s. III) sind ein wichtiger Baustein im kompetenzfördernden Unterricht. Klar und transparent formulierte Erwartungen helfen nicht nur den Schülerinnen und Schülern, sie bieten auch den Lehrkräften eine wertvolle Hilfe bei der sinnvollen Unterrichtsplanung. Lernprozesse sollten als **kumulativer Kompetenzaufbau** gestaltet werden, d. h. das am Ende erwartete Können und Wissen muss systematisch aufgebaut und gefestigt werden (vgl. Aufgabentypen und Beispiele im II).

Um Schülerinnen und Schüler bei ihrem Kompetenzaufbau zielgerichtet zu unterstützen, können **Feedbackmöglichkeiten** (s. II) systematisch und effizient eingesetzt werden. Beispielsweise können Selbsteinschätzungsbögen den Lernstand aus Sicht der Lernenden abbilden. Ein Abgleich mit den Ergebnissen aus Leistungserhebungen, den Beobachtungen der Lehrkräfte und der Bewältigung konkreter Anwendungssituationen zeigt ggf. Handlungsfelder auf.

Die **Reflexion** bereits bewältigter Aufgaben (s. II) ist für das lebenslange Lernen von großer Bedeutung, da die Lösung neuer Probleme oft nur mit Hilfe von Vorerfahrungen gefunden werden kann. Wenn Problemlöseprozesse in einzelne Ab-

4 Meyer (2004)

5 Joller-Graf (2015)

6 Klippert (2001), S. 35 ff

schnitte untergliedert und deren Bedeutung herausgestellt werden, wird den Lernenden klar, warum etwas wie funktioniert hat, und sie können die erworbenen Kompetenzen leichter auf ähnliche Situationen übertragen.

Das Prinzip des eigenverantwortlichen Arbeitens (EVA)⁷ ist ein natürlicher Bestandteil kompetenzfördernden Unterrichts. Kompetenz bedeutet, dass jemand sein Wissen und seine Fähigkeiten einsetzt – dass er es nicht nur „könnte“, sondern es auch (wirklich) tut. Die Rolle der Lehrkräfte entwickelt sich im eigenverantwortlichen Arbeiten von Lehrenden hin zu Lernbegleitern, die Schülerinnen und Schüler arbeiten im Unterricht verstärkt und aktiver. Kompetenz kann sich nur entwickeln, wenn die eigene Arbeit als erfolgreich erlebt wird – für ein Erfolgsgefühl wiederum müssen die Schülerinnen und Schüler die Verantwortung für ihr eigenes Tun haben, wodurch Feedback und Selbsteinschätzung besonders sinnvoll werden. Der Kompetenzerwerb ist ein zutiefst individueller Lernprozess – die Heterogenität der Schülerschaft erfordert es daher, dass die Schülerinnen und Schüler sich in einer von Vertrauen geprägten Lernumgebung eigenverantwortlich das aus dem Lernangebot heraussuchen, was am besten zu ihrem individuellen Kompetenzstand passt.

Eigenverantwortung kann auf ganz verschiedenen Ebenen wahrgenommen werden, bei der Auswahl von Lernmaterialien ebenso wie beim Zeitmanagement, bei der Nutzung von Erarbeitungs- und Lernstrategien oder auch bei der Kontrolle, Beurteilung und Modifizierung von Lernprozessen. Die Lehrkräfte begleiten die Schülerinnen und Schüler auf dem Weg zur zunehmenden Eigenverantwortung für ihr Tun und Handeln und formulieren dazu transparente Lern- und Leistungserwartungen. Der Weg zu kompetentem, eigenverantwortlichem Arbeiten braucht selbstverständlich seine Zeit. Daher bauen die Gymnasiallehrkräfte auf der bereits seit der Grundschulzeit eingeübten Eigenaktivität der Schülerinnen und Schüler auf, die von Anfang an auch die Reflexion des eigenen Lernprozesses beinhaltet⁸. Jedes Jahr wird die Eigenverantwortung behutsam erhöht, was sich in den Kompetenzerwartungen des LehrplanPLUS widerspiegelt.

Eigenverantwortung steigt nicht linear. Das Maß der Eigenverantwortung, das die Schülerinnen und Schüler sinnvollerweise übernehmen können, hängt stark vom physikalischen Inhalt ab, so dass gut bedacht werden muss, welche Themen sich für eigenverantwortliches Arbeiten eignen. Der Fachlehrplan Physik gibt an einigen Stellen EVA verpflichtend vor – selbstverständlich sind darüber hinaus weitere Phasen des eigenverantwortlichen Arbeitens sinnvoll. Die Schulbücher sowie das Lehrplaninformationssystem (LIS) bieten für EVA geeignete Anregungen und Materialien. In III.2.3 sowie im LIS der Jgst. 11 finden sich Anregungen, wie EVA im Rahmen von schriftlichen Leistungsnachweisen geeignet berücksichtigt werden kann.⁹

⁷ Das EVA-Prinzip existiert in verschiedenen Formen und Abstufungen, beispielsweise als „selbstorganisiertes Lernen“ (SOL).

⁸ s. Leitlinien (Grundschule) 3.1 Nachhaltige Bildung, www.lehrplanplus.bayern.de/leitlinien/grundschule, Kapitel 4

⁹ s. Eigenverantwortliche Arbeit an physikalischen Themen – Materialien und Hilfen zur Umsetzung des LehrplanPLUS (Unterrichtskonzept zur Jgst. 11), Online: <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen-kacheln/lernbereich/290863/fachlehrplaene/gymnasium/11/physik>

II Gute Aufgaben in den zeitgemäßen Unterrichtsalltag integrieren

1. Aufgabentypen

Was ist eine **gute Aufgabe**? Diese Frage lässt sich undifferenziert genauso wenig beantworten wie die Frage danach, was ein gutes Werkzeug oder ein gutes Auto ist. Bildlich kann man formulieren, dass die schärfste Säge keinen Nagel in die Wand schlägt und der PS-stärkste Formel-1-Rennwagen für den Familieneinkauf ungeeignet ist. Um die Qualität einer Physikaufgabe mithilfe von Gütekriterien einschätzen zu können, muss auch ihre Eignung für den unterrichtlichen Kontext und das angestrebte Ziel berücksichtigt werden.

Sowohl die Lernpsychologie als auch die Schulpädagogik unterscheiden zwei Unterrichtssituationen: die **Lern- und die Leistungssituation**. Diese Trennung spiegelt die unterschiedlichen psychologischen Mechanismen beim Wissenserwerb und bei der Wissenswiedergabe wider. Unterschieden wird zwischen dem Streben nach Kompetenzzuwachs und der Motivation durch den Wettbewerbsgedanken. Außerdem zeigt sie die Doppelaufgabe der Lehrkraft als Lernbegleiter und Lernstandsbeurteiler. Erst durch eine konsequente Trennung von Lern- und Leistungssituationen können die Schülerinnen und Schüler einerseits ohne unnötigen Druck lernen und andererseits ihre Fähigkeiten in der Prüfungssituation fokussiert beweisen.

In Lernsituationen ...	In Leistungssituationen ...
<ul style="list-style-type: none"> • steht der Kompetenzerwerb im Mittelpunkt. 	<ul style="list-style-type: none"> • stehen das Ergebnis des Kompetenzerwerbs und eine bestmögliche Leistung im Fokus.
<ul style="list-style-type: none"> • dürfen Fehler gemacht werden. Fehler können als Lerngelegenheiten dienen und produktiven Charakter besitzen sowie die Lernmotivation steigern. 	<ul style="list-style-type: none"> • stellen Fehler eine Abweichung der erbrachten Leistung von der gewünschten, Leistung dar. In Leistungssituationen sind Fehler nicht produktiv, sondern werden vermieden.
<ul style="list-style-type: none"> • sollen Lösungswege und Herangehensweisen ausprobiert und reflektiert werden. Der Prozess des Problemlösens steht im Vordergrund. 	<ul style="list-style-type: none"> • steht das erzielte Resultat im Zentrum.
<ul style="list-style-type: none"> • sollte ein Klima vorherrschen, das Schülerinnen und Schülern erlaubt, mit Neugierde und Interesse neue Sachverhalte zu erschließen und neue Informationen in vorhandene Wissensstrukturen zu integrieren. 	<ul style="list-style-type: none"> • spielen Leistungserwartungen und das subjektiv empfundene Erleben der eigenen Leistungsfähigkeit eine Rolle.
<ul style="list-style-type: none"> • sollten Aufgaben eingesetzt werden, die einen hohen Aufforderungscharakter besitzen. 	<ul style="list-style-type: none"> • werden Leistungen in der Regel auf Grund äußerer Anlässe anhand von Aufgaben mit eindeutig festgelegten Zielsetzungen erbracht.
<ul style="list-style-type: none"> • können individuell differenzierte Aufgaben angeboten werden. 	<ul style="list-style-type: none"> • werden keine individuell leistungsdifferenzierten Aufgaben gestellt.

Aufgaben, die speziell für **Lernsituationen** konstruiert sind, lassen sich analog zu den Phasen des Unterrichts unterteilen:¹⁰

- Konfrontationsaufgaben
- Erarbeitungsaufgaben (Lernaufgaben im engeren Sinne)
- Vertiefungs- und Übungsaufgaben
- Synthese- und Transferaufgaben

Diese Aufgabenformen werden nachfolgend kurz beschrieben, gefolgt von Beispielen für solche aufeinander abgestimmte und bezugnehmende Aufgaben (Aufgabensets). Eine Übersicht von Gütekriterien zu Lern- bzw. Leistungsaufgaben findet sich in II.3 bzw. III.1.

10 nach: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2019): Kompetenzorientierte Leistungsaufgaben, S.13

11 Wilhelm, Luthiger & Wespi (2014), S. 32

Der **Konfrontationsaufgabe** kommen Eigenschaften zu, die von Schülerinnen und Schülern oft mit „gutem Unterricht“ gleichgesetzt werden. Sie bildet die Schnittstelle zwischen der Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler und den physikalischen Fachinhalten, sie macht neugierig auf den neuen Stoff, zeigt angestrebte Kompetenzen auf und begründet diese. So fördert sie die Motivation für ein selbständiges und kontinuierliches Arbeiten. Konfrontationsaufgaben können das Vorwissen des Lernenden beleuchten und dessen begrenzte Anwendbarkeit aufzeigen. Im Idealfall bieten sie den umspannenden Rahmen für die gesamte Lernsequenz.

Erarbeitungsaufgaben sind zentraler Bestandteil des Unterrichts. Sie führen die Schülerinnen und Schüler Schritt für Schritt mit einem möglichst hohen Maß an Offenheit und Kreativität zu den angestrebten Kompetenzen, indem sie beispielsweise fachwissenschaftliche Definitionen oder Modelle plausibel machen. Sie bilden das Wechselspiel eines fragend entwickelnden Unterrichtsgesprächs nach und können dieses ersetzen.

Vertiefungs- und Übungsaufgaben trainieren und vertiefen die durch Erarbeitungsaufgaben erlangten Kompetenzen. Sie vernetzen diese mit dem Vorwissen und anderen Kompetenzen und beleuchten sie von verschiedenen Seiten. Diese beiden Aufgabenformen werden teilweise in Fachliteratur voneinander unterschieden – anders als in dieser Handreichung.

Die **Synthese- und Transfераufgaben** bilden den Abschluss einer Lerneinheit. Sie führen unterschiedliche Aspekte aus den vorangegangenen Aufgabenformen zusammen und runden im Idealfall, z. B. durch das Aufgreifen der Konfrontationsaufgabe, das Aufgabenset ab. Wenn die Transfераufgabe die erworbene Kompetenz in neuem Kontext darstellt, dann kann das im Idealfall als Ausgangspunkt einer erneuten Konfrontation mit neuen Unterrichtsinhalten dienen. In dieser Handreichung schließt ein Aufgabenset oftmals mit einer Syntheseaufgabe.

Leistungsaufgaben können nach ihrer Intention unterschieden werden. Die von der Notengebung losgelöste Diagnose des erreichten Lernerfolges ist ein wichtiger Bestandteil des Unterrichtsprozesses. Davon unterschieden wird die Bewertungsfunktion von Leistungsaufgaben wie sie beispielsweise in Schulordnungen festgeschrieben ist. Im Sinne dieser Unterscheidung spricht die Handreichung im Weiteren von Diagnoseaufgaben und Prüfungsaufgaben.

Eine **Diagnoseaufgabe** dient allen am Unterricht Beteiligten als eine zeiteffiziente Möglichkeit, den Stand der Lernenden zu überprüfen und zurückzumelden – auch an die Lehrkraft und beispielsweise die Eltern. Augenscheinlichste Unterscheidung zur Leistungsaufgabe ist die fehlende Benotung. Das Feedback kann zwar in Zahlenform ausgedrückt werden, hat aber keine Relevanz für Zeugnisse oder Abschlüsse. Die Diagnoseaufgabe kann auch die Selbsteinschätzung der Lernenden mit einbeziehen und so z. B. deren Sicht auf die erfolgreiche Bewältigung der Anforderungen in strukturierter Form abfragen. Sie versucht dabei isoliert nur eine Kompetenz bzw. einen Inhalt abzuprüfen, um möglichst trennscharf zu bleiben.

Den Abschluss einer Unterrichtssequenz kann die **Prüfungsaufgabe** bilden. Ihre Funktion ist neben dem Überprüfen des Kompetenzerwerbs vor allem das Bewerten. Sie kann dabei mehrere Kompetenzen verknüpfen und gleichzeitig abprüfen. Bei den Schulaufgaben an bayerischen Gymnasien beleuchtet eine Prüfungsaufgabe den Stand der Kompetenzentwicklung und des Fachwissens nach einem mehrmonatigen Zeitraum.

2. Beispiele für Lernaufgaben

Eine gute Lernaufgabe wird am Lernerfolg, aber auch an ihrem Weg dorthin gemessen und ist hinsichtlich ihrer Qualität ähnlich komplex zu bewerten wie „guter Unterricht“. So kommen verschiedene Autoren¹² zu unterschiedlichen Kriterienlisten, die im Folgenden vereinfacht zusammengefasst werden:

Gute Lernaufgaben ...

- ... knüpfen an die Erfahrungen und das **Vorwissen** der Lernenden an, **erschließen Neues** und führen zu rationalen Theorien und Gesetzen.
- ... sind in **sinnstiftende** und auch **emotionale Kontexte** eingebunden, machen neugierig, wecken z. B. durch Realitätsbezug Interesse und fördern eine Fragehaltung sowie Kreativität, das Entwickeln und Umsetzen von Ideen, das ungebundene Nachdenken über „Dinge der Welt“.
- ... **fördern** und **fordern** das Denken und Handeln an den Sachen und die Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten ohne zu überfordern. Dabei sind sie offen für unterschiedliche Perspektiven und selbständige Lösungswege.
- ... sind inhaltlich **klar** und **zielbezogen formuliert** und enthalten mehr als die notwendigen Angaben.
- ... beinhalten **Materialien** und Informationen, die für die selbständige Bearbeitung wichtig sind und geben Kooperationsformen vor oder legen diese nahe.
- ... bieten schnell arbeitenden Schülerinnen und Schülern **weitere Lernangebote**.
- ... geben den Lernenden zeitnahe und sachorientiertes **Feedback**.

Selbstverständlich erfüllt auch eine gute Lernaufgabe nicht alle dieser Punkte gleichermaßen und rückt je nach Unterrichts- und Klassensituation einzelne Punkte in den Vordergrund und gewichtet andere weniger stark.

2.1 Beispiel zum Lernbereich NT7 1.1 Dichte

Konfrontations- und Erarbeitungsaufgaben

Zur Bearbeitung der folgenden Aufgabe erhalten die Schülerinnen und Schüler zwei gleich große Würfel (einen hölzernen und einen aus Polystyrol), sowie einen Quader. Dieser hat die Abmessungen von drei Würfeln nebeneinander und besteht aus Holz. Alle Würfel und Quader wurden so in Papier verpackt, dass optisch nicht zu erkennen ist, aus welchem Material sie sind. Als Messwerkzeuge stehen eine Waage und ein Lineal/Maßband zur Verfügung.

Auf dem folgenden Arbeitsblatt ist Teilaufgabe a die Konfrontationsaufgabe zu diesem Lehrplanbereich, b – d sind Erarbeitungsaufgaben.



12 vgl. Lüthiger (2012), S. 3-14 und Reinfried (2016), S. 4-14

Die Dichte

Aufgabe 1: Du hast an deinem Platz zwei Würfel liegen. Einer ist randvoll mit „Zuckerwatte“, der andere ist randvoll mit „Schokolade“.

- Nimm beide Würfel in die Hand. Notiere deine Vermutung über den Inhalt der Würfel und begründe sie (mündlich) gegenüber deiner Nachbarin oder deinem Nachbarn.
- Bestätige deine Vermutung, indem du mit den bereitgelegten Messwerkzeugen die Würfel genauer untersuchst. Protokolliere deine Messergebnisse und erkläre dein Vorgehen.
- Entscheide durch Messung am großen Quader, aus welchem der beiden Materialien er eher gefertigt ist. Gib die Größe an, die du dazu noch ermitteln musst und begründe deine Entscheidung mit einer passenden Rechnung.
- In einem Lehrbuch findest du die folgende Definition:

Der Quotient aus Masse und Volumen eines Körpers heißt Dichte und wird mit dem griechischen Buchstaben ρ abgekürzt.

Die Dichte kann in der Einheit „g pro cm^3 “ $\left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3}\right)$ bzw. „kg pro m^3 “ $\left(\frac{\text{kg}}{\text{m}^3}\right)$ angegeben werden.

Teilaufgabe c kann mit Hilfe der Dichte bearbeitet werden. Besprich mit deiner Nachbarin oder deinem Nachbarn nochmals Aufgabe c und verwende dabei den neuen Expertenbegriff „Dichte“.

Für besonders Schnelle:

Die Dichte von Zucker beträgt $1,5 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Die Dichte einer Portion Zuckerwatte vom Jahrmarkt beträgt ca. $0,1 \frac{\text{g}}{\text{cm}^3}$. Erkläre diesen Unterschied.

Hinweise:

Die Konfrontation ist eher einfachen Charakters, da hier, v.a. im Anfangsunterricht der Jgst. 7 stark auf das Leistungsniveau der jeweiligen Schülerinnen und Schüler eingegangen werden muss. In leistungsstärkeren Gruppen könnte die Konfrontation mit der Dichte z.B. anhand des Kinderwitzes „Was ist schwerer – ein Kilogramm Blei oder ein Kilogramm Federn?“ erfolgen.

Vor allem Teilaufgabe c ist offen für verschiedene Bearbeitungsformen. In der Praxis zeigen sich sowohl Lösungen über proportionale Zuordnungen (dreifaches Volumen wird mit der dreifachen Masse verglichen) als auch über die Quotientengleichheit, welche letztendlich zur Definition der Dichte führt.

Übungsaufgaben

Die erste Übungsaufgabe schließt direkt an das Beispiel der Erarbeitungsaufgabe an. Sie greift auf, dass bei Aufgabe 1 erfahrungsgemäß (berechtigte) Zweifel an der einkleidenden Geschichte mit Zuckerwatte und Schokolade aufkommen. Als Material zur Aufgabe erhalten die Schülerinnen und Schüler einen Schokoriegel.

Aufgabe 2: „Um wirklich herauszufinden, ob in einem der Würfel Schokolade ist, reicht es nicht aus, nur die unbekannten Würfel miteinander zu vergleichen. Aber mit einer Tafel Schokolade schaffe ich das, auch wenn sie kleiner ist als der Würfel.“

Erkläre diese Aussage. Beschreibe einen passenden Versuch, führe ihn durch und entscheide so, ob sich in den Würfeln wirklich Schokolade befindet.

Hinweis:

Die Schülerinnen und Schüler bekommen in dieser Aufgabe vor Augen geführt, dass es sich bei der Dichte um eine materialspezifische Größe handelt. Sie bemerken, dass man damit Stoffe identifizieren kann, wenn man zuvor die Dichte von möglichst vielen Stoffen bestimmt hat. In Weiterführung zur Erarbeitungsaufgabe nutzen sie in der folgenden Aufgabe die Dichte nicht nur, um zwei Stoffe voneinander abzugrenzen, sondern um eine genauere Aussage über die verwendeten Materialien zu machen. Dazu erhalten sie eine Tabelle mit den Dichten verschiedener Stoffe.

Aufgabe 3: Steffen hat zu einem besonderen Anlass einen kleinen Silberbarren geschenkt bekommen. Um zu überprüfen, ob der Barren wirklich aus Silber ist, hat er gemessen, dass die Masse seines Barrens genau 50 g beträgt. Der quaderförmige Barren ist 4,6 cm lang, 2,6 cm breit und 4,0 mm hoch. Traurig berichtet er dir, dass seine berechnete Dichte nicht mit dem Wert aus der Tabelle übereinstimmt. Berechne zunächst mit Hilfe der Messwerte und deinem Taschenrechner den Wert für die Dichte des Barrens und beurteile dann Steffens Aussage. Heitere ihn auf, indem du eine kurze Nachricht an ihn verfasst und darin seinen Denkfehler berichtigst.



QR-Code für besonders Schnelle:

Transfer- oder Syntheseaufgaben

Aufgabe 4: Du bist neues Ehrenmitglied der Tresorknackerbande in Gänsehausen. Zum Einstieg sollst du einen Rucksack mit Gold aus Onkel Bertels Speicher stehlen. Schnell schnappst du dir deine Schultasche, die du voller Goldmünzen schaufeln möchtest, und rennst los. Aber aufgepasst! Ein erfahrener Tresorknacker behauptet: „damit kommst du keinen Meter weit.“ Untersuche deine Schultasche und beurteile, ob er recht hat.

Hinweis:

Erfahrungsgemäß thematisieren die Schülerinnen und Schüler an dieser Stelle das Problem, dass ihr Rucksack gar kein Quader ist und sie sein Volumen nicht bestimmen können. Hier kann erneut über die Anforderungen an die Genauigkeit von Größen gesprochen werden. Es bietet sich an, hier ein maximales und ein minimales Volumen zu bestimmen.

Aufgabe 5: Eine Forschungsaufgabe (freiwillige Experimentierhausaufgabe)

Für diese Hausaufgabe benötigst du:

- ein Lineal
- eine genaue Waage (sollte deine Küchen- oder Briefwaage nicht genau genug für die Messung sein, kannst du die Masse deiner Gegenstände auch mit einer Waage in der Schule messen, sprich dazu eine Physiklehrkraft an.)
- eine Schüssel mit Wasser und einen Messbecher

- a) Bestimme die Dichten möglichst vieler der folgenden Stoffe (Beachte die gegebenen Sicherheitshinweise und scanne die QR-Codes, falls du Tipps brauchst.). Protokolliere deine Messwerte in deinem Forscherheft, denke auch an eine knappe Versuchsbeschreibung.
- Polystyrol: Schneide zusammen mit einem Erwachsenen einen Quader aus einem Stück Polystyrol.
 - Kerzenwachs: Schneide zusammen mit einem Erwachsenen einen Quader aus einer alten Kerze heraus.

Tipps:

Knete	Wasser	Speiseöl	Radiergummi	Reis

- b) Gib alle Stoffe nacheinander in eine Schüssel mit Wasser. Beschreibe deine unterschiedlichen Beobachtungen. Vergleiche die Dichten der einzelnen Stoffe. Stelle eine Vermutung auf, wie die Dichte mit deiner Beobachtung zusammenhängt.

Hinweise:

In der vorliegenden Form wird diese Aufgabe als freiwillige Hausaufgabe aufgegeben. Der Forschungscharakter der Aufgabe motiviert, über den Unterricht hinaus tätig zu werden. Denkbar wäre es im Sinne der Differenzierung, diese Aufgabe von denjenigen Schülerinnen und Schülern arbeitsteilig bearbeiten zu lassen, die die vorhergehenden Aufgaben bereits abgeschlossen haben. Da sich das Vorgehen und die Ergebnisse schnell zusammenfassen lassen, können von ihnen dann die anderen Schülerinnen und Schüler zügig informiert werden.

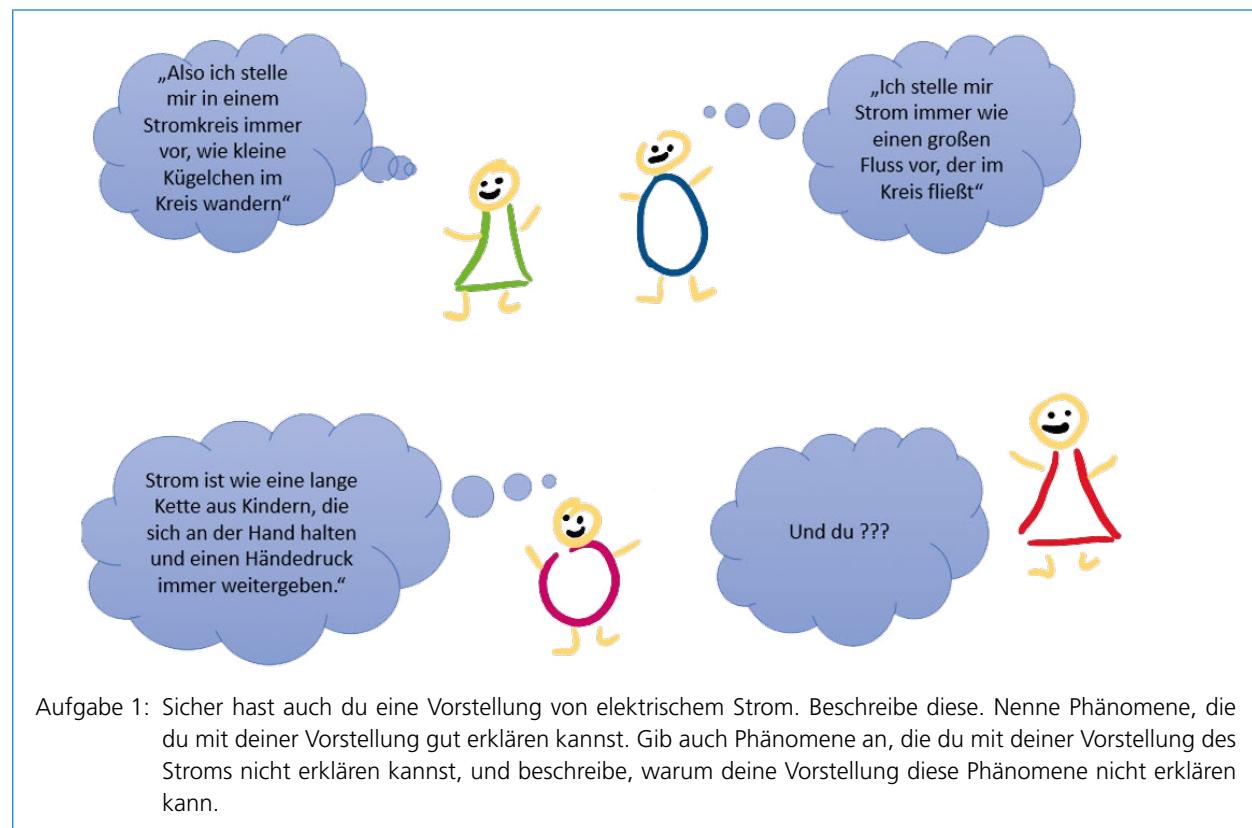
Es ist nicht an die Thematisierung des Zusammenhangs von Auftrieb und Dichte gedacht. Mit der Aufgabe wird die Kompetenzerwartung „Die Schülerinnen und Schüler beobachten physikalische Phänomene, dokumentieren ihre Beobachtungen in schriftlicher und zeichnerischer Form und formulieren Vermutungen auf der Grundlage von Beobachtungen“ angesprochen.

2.2 Beispiele zum Lernbereich Ph9 1.2 Elektrische Energie

Das nachfolgend präsentierte Aufgabenset soll in Partnerarbeit oder Kleingruppen bearbeitet werden. Auftretende Probleme sollen mithilfe **gestufter Hilfestellungen** von den Schülerinnen und Schülern bewältigt werden. Diese Hilfestellungen erfolgen entweder per Karte¹³ oder in digitaler Form, z. B. durch QR-Codes (siehe nebenstehendes Beispiel) oder in einem **mebis-Kurs**. **QR-Codes**¹⁴ bieten den Vorteil, dass die Schülerinnen und Schüler sie mit ihrem eigenen Gerät schnell abrufen können, wenn es nur um Hinweistexte geht, dann auch ohne Internetverbindung. Für Lösungen auf mebis sind eine Internetverbindung und Zugangsdaten nötig. Im Teachshare-Kurs „Differenzierte Hilfe Potentialhöhenmodell“ werden die Schülerinnen und Schüler zu einer sinnvollen Reihenfolge angehalten, indem die höheren Hilfestufen erst dann sichtbar werden, wenn die vorherige aufgerufen wurde. Die Lehrkraft kann sich dadurch leicht einen Überblick verschaffen, wie viel Hilfe benötigt wurde.“¹⁵



Konfrontationsaufgabe:



„Also ich stelle mir in einem Stromkreis immer vor, wie kleine Kügelchen im Kreis wandern“

„Ich stelle mir Strom immer wie einen großen Fluss vor, der im Kreis fließt“

„Strom ist wie eine lange Kette aus Kindern, die sich an der Hand halten und einen Händedruck immer weitergeben.“

„Und du ???“

Aufgabe 1: Sicher hast auch du eine Vorstellung von elektrischem Strom. Beschreibe diese. Nenne Phänomene, die du mit deiner Vorstellung gut erklären kannst. Gib auch Phänomene an, die du mit deiner Vorstellung des Stroms nicht erklären kannst, und beschreibe, warum deine Vorstellung diese Phänomene nicht erklären kann.

13 siehe Anhang 1

14 komplett abrufbar in der digitalen Version dieser Handreichung; eigene QR-Codes können z. B. bei verschiedenen Anbietern von Klebeetiketten auch aus bestehenden Excel-Listen erstellt werden

15 Zahnradsymbol neben dem Kursnamen → Berichte → Aktivitätsabschluss

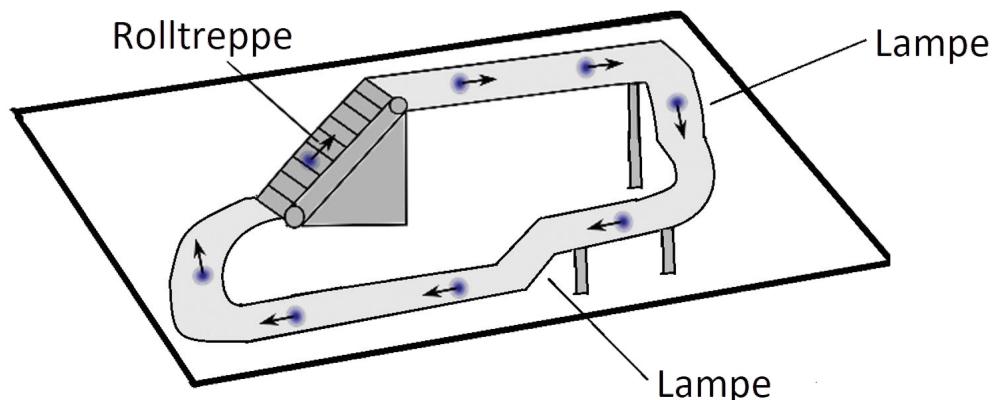
Hinweise:

In dieser Konfrontationsaufgabe wurde eine konstruierte Situation anstatt eines naturwissenschaftlichen/technischen Untersuchungsgegenstandes gewählt. Verschiedene Präkonzepte können aber durchaus als Bindeglied zwischen Lebenswelt und Unterrichtssituation dienen. Die Auseinandersetzung mit anderen Meinungen spielt in dieser Altersgruppe auch außerhalb des Unterrichts eine wichtige Rolle. Präkonzepte und Grundwissen werden hier direkt angesprochen und bewusst gemacht.

Erarbeitungsaufgabe

Aufgabe 2: In den folgenden Aufgaben verwenden wir das Rolltreppenmodell zum elektrischen Stromkreis". Betrachte dazu die Abbildung:

Kugeln werden mit einer Rolltreppe auf die größte Höhe gebracht, dort beginnt die Rutsche. Diese Rutsche ist nur auf bestimmten Teilstücken nach unten geneigt, zwischendurch rollen die Kugeln in ebenen Rinnen auf gleichbleibender Höhe dahin. Sind die Kugeln wieder an der Rolltreppe angekommen, so werden diese wieder nach oben transportiert und der Vorgang wiederholt sich.



- Das abgebildete Rolltreppenmodell stellt einen Stromkreis mit zwei Lämpchen dar. Erstelle einen dazu passenden Schaltplan.
- Aus dem letzten Jahr weißt du bereits, wie sich in einer Reihenschaltung Spannungen und Stromstärken an den Widerständen verhalten. Erkläre mithilfe des Rolltreppenmodells, dass die Summe der an den einzelnen Widerständen anliegenden Teilspannungen genauso groß ist wie die Spannung der elektrischen Quelle (Gesamtspannung).
- „Wenn die Bewegung der Kugeln sehr schnell erfolgt, dann ist die Stromstärke groß.“ – Diskutiere diese Aussage mit deiner Nachbarin oder deinem Nachbarn. Beschreibe, was im Rolltreppenmodell der elektrischen Stromstärke entspricht, und entscheide, ob diese Aussage verbessert werden muss.
- In einem Stromkreis bewegen sich die Elektronen ähnlich wie die Glieder einer Kette (denke an eine Fahrradkette, ein Kettenglied entspricht einem einzelnen Elektron). Gehe im Folgenden für das Rolltreppenmodell davon aus, dass sich die Kugeln verbinden und sich gemeinsam als eine geschlossene Kette bewegen. Nenne Auswirkung auf die Beschreibung des realen Stromkreises mit Hilfe des Modells, die sich durch die Erweiterung um die Kette ergeben. Erläutere eine Eigenschaft im realen Stromkreis, die sich durch diese weitere Annahme nun nicht mehr erklären lässt.
- Sowohl im Rolltreppenmodell als auch im elektrischen Stromkreis treten verschiedene Formen von Energie auf. Beschreibe mit den Fachbegriffen für die auftretenden Energieformen zuerst im Rolltreppenmodell und dann analog für den elektrischen Stromkreis die auftretenden Energieformen und die Stellen bzw. Bauteile, an denen Energieumwandlungen stattfinden. Gib an, ob diese Energieformen dort zu- oder abnehmen.

- f) Erläutere, dass sich im Rolltreppenmodell die kinetische Energie einer jeden Kugel auch dann nicht verändert, wenn deren potentielle Energie abnimmt. Diskutiere dazu (mit deiner Nachbarin oder deinem Nachbarn) die folgenden Fragen:
1. Steht die Abnahme von E_{pot} ohne Zunahme von E_{kin} im Widerspruch zum Energieerhaltungssatz? Gib die Energieform an, in die sich die potentielle Energie umwandelt, und wo in der Rutschenanlage die entsprechende Energieumwandlung stattfindet.
 2. Welche Annahmen müssen zur Reibung getroffen werden, die eine Kugel bei der Bewegung durch die Rutschenanlage erfährt? Findest du diese Annahmen nachvollziehbar?
- g) Welche Eigenschaften des realen Stromkreises werden aus deiner Sicht mithilfe des Rolltreppenmodells gut bzw. schlecht veranschaulicht?

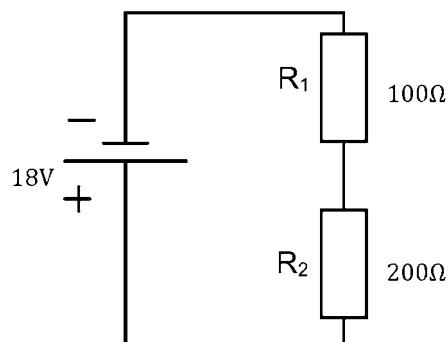
Hinweis:

Die Aufgabe knüpft eng an das Vorwissen der Schülerinnen und Schüler an. Einerseits zeigt die Konfrontationsaufgabe Präkonzepte auf, andererseits wird die Modellbildung aus Jgst. 8 an einem vergleichbaren Beispiel weiter vertieft. Die Rutsche stellt einen Kontext dar, der Alltagsbezug hat. Mit dieser Aufgabe soll an die Kompetenzen angeknüpft werden, die von den Schülerinnen und Schülern im Rahmen des Kapitels zur mechanischen Energie erworben wurden, außerdem soll der Energieerhaltungssatz als tragendes Konzept auch für das Verständnis von elektrischen Schaltungen etabliert werden. Dabei ist es unerlässlich auch im Modellbezug stets den Energieerhaltungssatz korrekt zu verwenden, so ist die an einer Rutsche umgewandelte Energie immer abhängig von der Höhe der Rutsche, nicht von deren Länge, die Steigung spielt für das Modell keine Rolle.

Übungsaufgaben

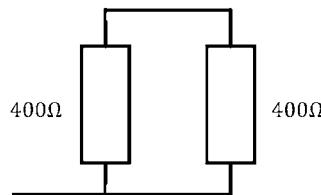
Aufgabe 3: Mit Hilfe des Rolltreppenmodells kannst du auch Zusammenhänge bei Spannung und Stromstärke an zwei parallel geschalteten Widerständen erklären. Gehe dabei auch auf den Betrag der Energie ein, die an den einzelnen Widerständen umgewandelt wird. Erkläre, dass die gleiche „Rutschhöhe“ im Rolltreppenmodell nicht bedeutet, dass auch gleich viel Energie an einem Bauteil umgewandelt wird.

Aufgabe 4: Zeichne zur abgebildeten Schaltung ein passendes Rolltreppenmodell, das auch darstellt, wie die Teilspannungen an den beiden Widerständen zusammenhängen.



- b) Die Messung der Gesamtstromstärke hat 60 mA ergeben. Bestimme damit den Betrag der Energie, die in einer Minute in dieser Schaltung umgewandelt wird. Gib an, wie sich diese Energiemenge auf die beiden Widerstände verteilt, und erkläre dies im Rolltreppenmodell.

- c) Schneide den folgenden Teil einer Schaltung aus und ersetze mit ihm in obiger Schaltskizze den Widerstand R_2 im Rolltreppenmodell. Man bemerkt, dass sich die Stromstärke durch den Widerstand R_1 durch das Ersetzen von R_2 nicht verändert.



Erläutere diese Beobachtung. Gib an, wie sich die Energie, die pro Minute umgewandelt wird, jetzt auf die drei Widerstände verteilt.

- d) Tim behauptet: „Aufgabe c ist nur deshalb so einfach, weil die beiden neuen Widerstände gerade den Widerstandswert 400Ω haben. Hätten sie jeweils den Widerstandswert 200Ω , würde sich an den elektrischen Größen in dieser Schaltung einiges ändern.“ Nimm zu dieser Aussage Stellung. Verwende dabei das Rolltreppenmodell.

Aufgabe 5: Für einen Versuch werden eine „normal“ große Glühbirne (Aufdruck: 230 V, 60 W) und eine kleinere Glühbirne für Schülerversuche (24 V, 2,5 A) verwendet.

- Berechne für beide Glühbirnen den jeweiligen Widerstand bei den angegebenen Spannungen. Die beiden Glühbirnen werden in Reihe an eine elektrische Quelle mit Netzspannung (230 V) angeschlossen.
- Stelle die Situation im Rolltreppenmodell dar. Leite mithilfe dieses Modells eine Aussage über das Verhältnis der Energien ab, die an der jeweiligen Lampe umgewandelt werden.
- Begründe mit Hilfe deiner Überlegungen aus b, dass die Glühbirne mit der Aufschrift 24 V nicht beschädigt wird, obwohl am Versuch eine Spannung von 230 V anliegt.
- In der Abbildung rechts siehst du das Ergebnis dieses Versuchs:
Beschreibe zunächst die Beobachtung, die du machst.
Erläutere dann, inwiefern diese Beobachtung zu deiner Lösung aus c und dem Rolltreppenmodell von Teilaufgabe b passt.



Hinweise:

Dieses Beispiel zeigt besonders gut, wie ein Sachverhalt variiert werden kann. Dies liegt in der Natur der Modellierung. Die Aufgaben unterscheiden sich in ihrem Realitätsbezug (starke Modellabstraktion in der ersten Aufgabe, Realversuch in der zweiten Aufgabe) und haben unterschiedliche Schwierigkeitsgrade (starke Analogie von Aufgabe 3 zur Erarbeitungsaufgabe). Vor allem Aufgabe 4 könnte in leicht abgeänderter Form auch als Prüfungsaufgabe gestellt werden.

Aufgabe 5 kann alternativ auch in abgewandelter Form bearbeitet werden, so dass das kontextbezogene Arbeiten mit Materialien geübt werden kann – wie es auch im Abitur vermehrt vorkommt. Dazu lesen die Schülerinnen und Schüler zunächst das folgende Material und bearbeiten dann die Aufgaben.

Material: Aus einem Fachmagazin für Bühnentechnik

Wie viel Leistung darf denn sein?

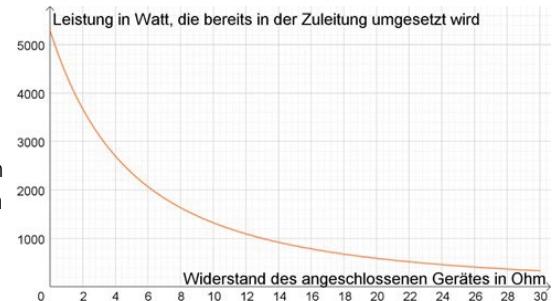
Wer kennt das nicht? - Sie brauchen doch einen leistungsfähigeren Scheinwerfer als bereits montiert? Deswegen schnell den neuen Spot aufgehängt und einfach statt dem alten an das schon vorhandene Verlängerungskabel angeschlossen. Doch selbst wenn die Sicherungen die Stromstärken hergeben-ökologisch ist dieses Vorgehen nicht.

„Jede Stromleitung hat einen eigenen Widerstand“, so Christopher Heller, von der Vereinigung für Veranstaltungselektronik. Dieser Widerstand hängt von der Querschnittsfläche des Kabels ab (siehe Tabelle rechts) und hat zur Folge, dass Kabel nur bis zu einer bestimmten Maximallänge verwendet werden dürfen.

Querschnitt	Max. Kabellänge
1mm ²	40m
1,5mm ²	60m
2,5mm ²	100m

„Bei langen Leitungen ergibt sich ein Widerstand von bis zu 10Ω . Die Leitung und die angeschlossenen elektrischen Geräte kann man sich dabei wie eine Reihenschaltung zweier Widerstände vorstellen, dem Widerstand des Gerätes und dem Widerstand des Kabels“, so Heller. Je mehr elektrische Leistung ein Gerät umsetzt, desto geringer ist sein Widerstand. Wird dieser kleiner, so führt dies dazu, dass immer mehr Leistung schon im Kabel umgesetzt wird. (Siehe dazu auch die Messung an einem Beispiel in der Abbildung.) Ist einer der beiden Widerstände sehr klein im Vergleich zum anderen, so fällt sogar nahezu die gesamte Leistung am anderen Widerstand ab.

Gerade bei Bühnenscheinwerfern sind Leistungen zwischen 500 W und 2 kW häufig zu finden, hier kann das schon kritisch werden. Vor allem aber, wenn mehrere Scheinwerfer mit einem Kabel angeschlossen werden sollen, sinkt die Leistung, die von diesen umgesetzt wird, erheblich. „Das ist weder ökologisch noch sicher.“


Aufgabe 5 (Variante):

- Beschreibe die im dritten Absatz beschriebene Schaltung im Rolltreppenmodell. Nimm dazu zunächst an, dass der Widerstand des angeschlossenen Gerätes zehnmal so groß ist wie der der Leitung.
- Beschreibe die Veränderung der Modelldarstellung, wenn der Widerstand des angeschlossenen Gerätes kleiner wird, und veranschauliche damit die Aussage, dass dabei immer mehr Leistung im Kabel umgesetzt wird.
- Im dargestellten Beispiel beträgt der Widerstand des Kabels 8Ω , der Widerstand des angeschlossenen Gerätes ist doppelt so hoch. Bestimme die Leistungen, die am Kabel bzw. am Gerät umgesetzt werden.
- Nenne sich ergebende Probleme, wenn die am Kabel umgesetzte Leistung steigt. Beschreibe Lösungen, um diese Probleme zu verhindern.

Nach dieser Übungsaufgabe bietet sich der Einsatz eines **Selbsteinschätzungsbo**gens an, wie er in II.4 genauer beschrieben wird. Dabei werden auch Inhalte der vorhergehenden Stunden abgefragt, die nicht explizit in der vorgestellten Aufgabe thematisiert wurden.

Selbsteinschätzungsbogen	Mein Stand nach Aufgabe 5				Nachdem ich nochmals gezielt geübt habe			
Ich kann wichtige elektrische Bauteile den richtigen Entsprechungen im Rolltreppenmodell zuordnen.								
Ich kenne die Formel, um die umgewandelte Energie an einem Widerstand zu berechnen.								
Ich kann den physikalischen Unterschied zwischen der elektrischen Energie und der elektrischen Leistung erklären.								
Ich kann den elektrischen Größen Spannung, Stromstärke, Leistung und Energie die richtigen Einheiten zuordnen.								
Im Folgenden geht es um zwei verschiedene Widerstände, die in Reihe geschaltet sind.								
Ich kann mir mit Hilfe des Modells ableiten, welche Spannungen an den beiden Widerständen anliegen, wenn ich die Spannung der elektrischen Quelle kenne.								
Ich kann bestimmen, welche Stromstärke durch die beiden Widerstände fließt.								
Ich kann mithilfe des Modells erklären, an welchem der beiden Widerstände eine größere Energiemenge umgewandelt wird.								

Transfer- und Syntheseaufgabe

Aufgabe 6: Jedes Modell hat seine Grenzen. Vergleiche das Rolltreppenmodell mit den in Aufgabe 1 beschriebenen Modellvorstellungen. Stelle dazu dar, welche Phänomene im elektrischen Stromkreis alle Modelle erklären können. Beschreibe eine Beobachtung, die nur mit dem Rolltreppenmodell erklärt werden kann. Untersuche, ob es Beobachtungen gibt, die mit dem Rolltreppenmodell nicht erklärt werden können.

Hinweis:

Die Aufgabe bildet den gedanklichen Rückgriff auf die Konfrontationsaufgabe. Das Rolltreppenmodell wird wiederverwendet, aber zusätzlich werden seine Grenzen aufgezeigt und so die Kompetenz „Modellieren“ weiter gefördert.

2.3 Beispiel zu Ph12.2 Elektromagnetische Induktion (grundlegendes Niveau)

Das Erstellen gelungener Aufgaben benötigt viel Zeit. Die vielfältigen Belastungen des Lehrerberufes zwingen dazu, die eigene **Arbeitszeit effizient** einzusetzen. Es liegt also nahe, von der Vorarbeit anderer zu profitieren. Im nachfolgenden Aufgabenset soll u. a. aufgezeigt werden, wie eine bereits vorhandene Aufgabe dem eigenen Unterrichtseinsatz angepasst werden kann. Der Kontext (Entwicklung einer induktiven Ladestation für elektrische Zahnbürsten) ist dem bayerischen Abitur 2017 entnommen, weitere Ideen wurden der Datenbank „Lernaufgaben Sekundarstufe II“ des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) entnommen¹⁶. In dieser lassen sich Aufgaben nach gewünschten Kompetenzbereichen, Inhaltsbereich und weiteren Eigenschaften filtern. Selten werden sich die so gefundenen Aufgaben direkt in den Unterricht einbauen lassen, eine Überarbeitung hinsichtlich des Aufgabenumfangs, des zusätzlichen Materials und der benötigten Versuchsgeräte ist meist unabdingbar. Als **Ideen- und Materialsammlung** sind neben den Schulbüchern auch die Sammlungen des IQB äußerst nützlich.¹⁷

Konfrontationsaufgabe:

Aufgabe 1: Eine elektrische Zahnbürste wird auf einer Ladestation aufgeladen. Bei der Entwicklung des Handteils einer Zahnbürste und der Ladestation gilt es neben den technischen Anforderungen auch Sicherheitsaspekte für Geräte, die im Nassbereich des Badezimmers betrieben werden, zu beachten. Listen Sie in Partnerarbeit sinnvolle technische und sicherheitsrelevante Anforderungen an ein solches System von Ladestation und Zahnbürste auf und vergleichen Sie Ihre Ergebnisse mit denen, die im QR-Code gespeichert sind.



Die folgende Lern- bzw. Erarbeitungsaufgabe orientiert sich an der ersten Kompetenzerwartung des Lehrplans Ph12.2 (grundlegendes Niveau): „Die Schülerinnen und Schüler identifizieren und entwickeln Fragestellungen zu Induktionsphänomenen sowie Induktionsvorgängen in einer Spule, zu deren Bearbeitung sie das Induktionsgesetz und das Energiekonzept nutzen. Um Abhängigkeiten zwischen Größen darzustellen bzw. Beziehungen herzuleiten und Strukturen in experimentellen Daten zu erklären, kombinieren sie geeignete Größengleichungen und verwenden sachgerechte graphische Darstellungen sowie graphische Integrationen und Ableitungen.“

Erarbeitungsaufgabe¹⁸

Aufgabe 2: In der Jahrgangsstufe 10 haben Sie mit der Induktion bereits ein physikalisches Phänomen kennengelernt, welches die drahtlose Energieübertragung ermöglicht, was beim Laden einer Zahnbürste aus Sicherheitsgründen wichtig ist. Wiederholen Sie mündlich in Partnerarbeit die wichtigsten Grundlagen zur Induktion. Folgen Sie dann dem QR-Code zu einer Simulation, in der Sie die dort dargestellte Lampe mit Hilfe von Induktionsphänomenen auf verschiedene Arten zum Leuchten bringen sollen. Beschreiben Sie für jede dieser Spannungserzeugungsarten möglichst genau die Änderung des Magnetfelds im Bereich der Spule und bringen Sie das mit der erzielten Helligkeit der Lampe in Verbindung.



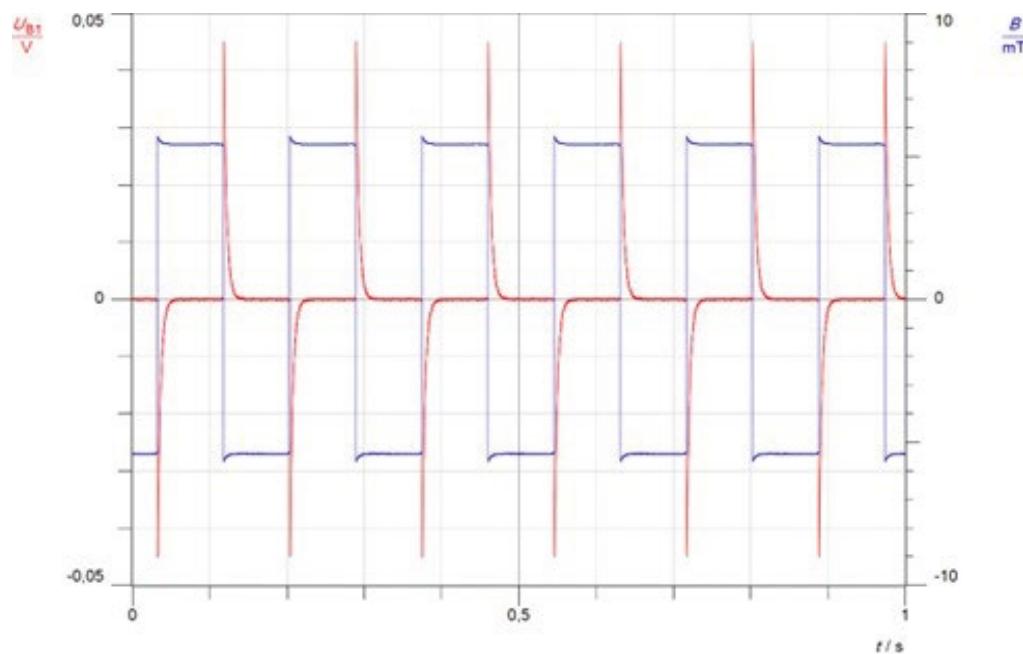
16 https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/UnterrichtSekIII/navi_allg/physik/

17 Unter <https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/sammlung/naturwissenschaften/physik/> findet sich eine ähnlich gehaltene Sammlung von Beispielaufgaben für den länderübergreifenden Pool von Abituraufgaben. Diese können oft direkt im Unterricht verwendet werden.

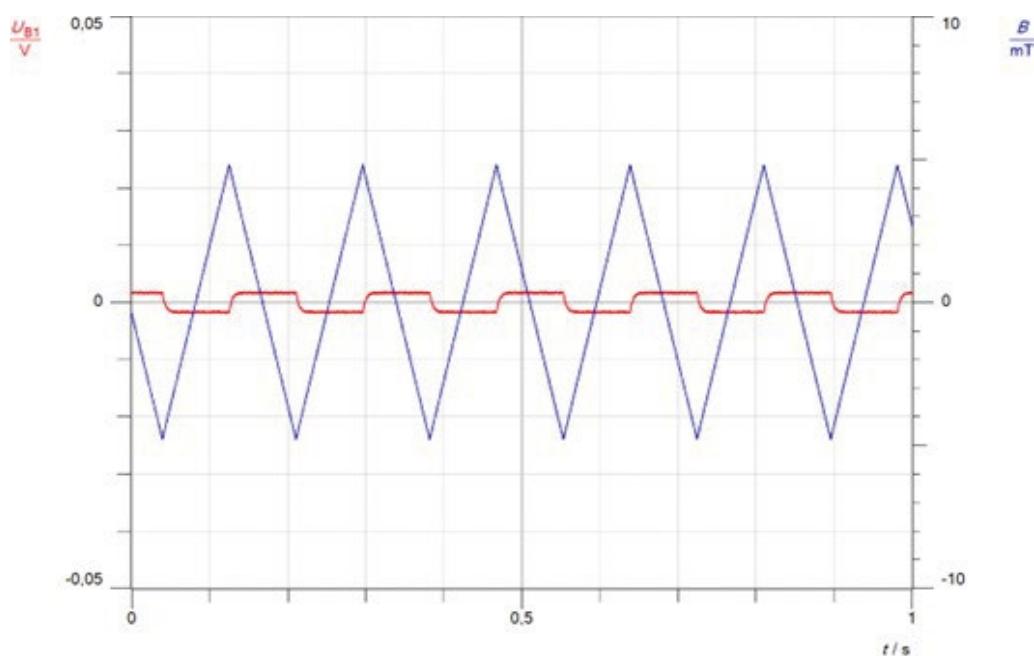
18 Zur Bearbeitung der Aufgabe werden ein mobiles Endgerät und eine Internetverbindung benötigt.

Aufgabe 3: Der Einfluss der Änderung der magnetischen Flussdichte auf die Induktionsspannung soll nun genauer untersucht werden. Dazu wird eine Spule an einen Funktionsgenerator angeschlossen und die von der Spule erzeugte magnetische Flussdichte (im Diagramm blau dargestellt) am Ort der zweiten Spule in einem Diagramm dargestellt. Diese zweite Spule befindet sich im Inneren der felderzeugenden Spule, in ihr wird eine Spannung induziert (im Diagramm rot dargestellt). Auch diese Spannung wird im Diagramm eingezeichnet.

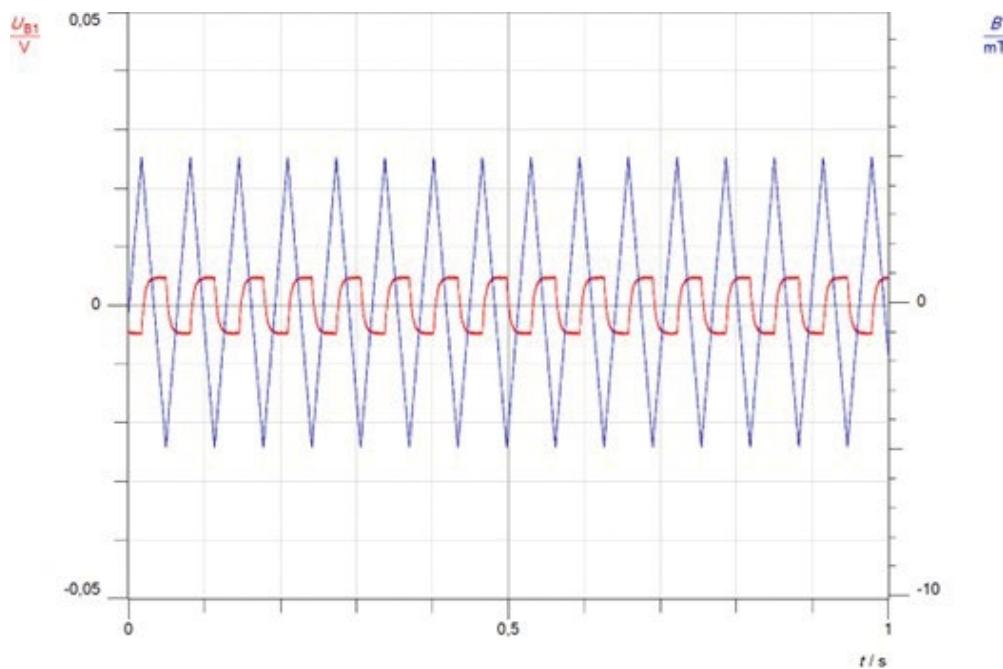
- a) Identifizieren Sie die Zeitpunkte, bei denen Induktionsspannung (U_{B1}) erzeugt wird, und beschreiben Sie einen Zusammenhang zwischen dem zeitlichen Verlauf der Induktionsspannung und der magnetischen Flussdichte.



- b) Erläutern Sie, dass bei einer magnetischen Flussdichte, die sich wie abgebildet verändert, zu jedem Zeitpunkt eine Induktionsspannung gemessen werden kann.



- c) Vergleichen Sie nun die folgenden Diagramme mit dem aus Teilaufgabe b. Identifizieren Sie Unterschiede im Verlauf der magnetischen Flussdichte und erklären Sie damit den Verlauf der Induktionsspannung. Finden Sie die mathematische Größe, mit der sich der Zusammenhang zum erzeugten Wert der Induktionsspannung am geeignetsten beschreiben lässt, und untersuchen Sie, ob die Induktionsspannung U_{Ind} proportional zu dieser Größe ist.



- d) In einem weiteren Versuchsteil ergibt sich $U_{Ind} \sim \frac{\Delta A}{\Delta t}$. Hierbei beschreibt A die vom Magnetfeld durchsetzte Fläche der Induktionsspule. Beschreiben Sie Aufbau und Durchführung eines Experiments, das zu diesem Ergebnis führt. Bereiten Sie zusammen mit ein bis zwei weiteren Personen aus Ihrem Kurs die Präsentation Ihrer bisher erhaltenen Ergebnisse vor.
- e) Formulieren Sie eine Vermutung zu einer weiteren Größe, die Einfluss auf die Induktionsspannung hat, und entwickeln Sie selbstständig ein Experiment, um diesen Einfluss zu überprüfen. Führen Sie das Experiment – nach Rücksprache mit Ihrer Lehrkraft – durch.
- f) Fassen Sie abschließend alle Ergebnisse in einer Beziehung für die Größe der erzeugten Induktionsspannung zusammen.

Hinweis:

Die Formulierung des allgemeinen Induktionsgesetzes $U_{Ind} \sim B \cdot \frac{\Delta A}{\Delta t} + B \cdot \frac{\Delta B}{\Delta t} = B \cdot \dot{A} + A \cdot \dot{B} = \dot{\phi}$ bleibt aufgrund seines völlig neuen Konzeptes und mit Blick auf den Umfang der Aufgabe dem Unterrichtsgespräch nach Teilaufgabe d vorbehalten. In Teilaufgabe f muss durch die Auswahl des Experimentiermaterials oder die Anweisung, dass die Spule mit der größten Windungszahl stets zur Felderzeugung genutzt werden muss, sichergestellt werden, dass alle verwendeten Kombinationen von Spulen zu RISU-konformen Spannungen führen.

Übungsaufgaben

Aufgabe 4: Elektroauto im Magnetfeld

Ein „Tüftler“ entwickelt zum Aufladen des Akkus eines Elektroautos während der Fahrt folgende Idee: Quadratische Permanentmagnete (Nordpol jeweils oben) sind in regelmäßigen Abständen in die Fahrbahn eingelassen. Vereinfachend soll angenommen werden, dass die Magnetfelder homogen sind und der Bereich zwischen den Magneten feldfrei ist. Die magnetischen Kräfte zwischen dem Fahrzeug und den Magneten sollen vernachlässigbar sein. Unter dem Boden trägt das Fahrzeug dicht über der Fahrbahn eine Rechteckspule der Windungszahl $N = 400$. Die Seitenlänge der Magnete, ihr gegenseitiger Abstand sowie die Breite der Spule sind jeweils $\ell = 40$ cm. Die magnetische Flussdichte beträgt auf Höhe der Spule 8,0 mT.

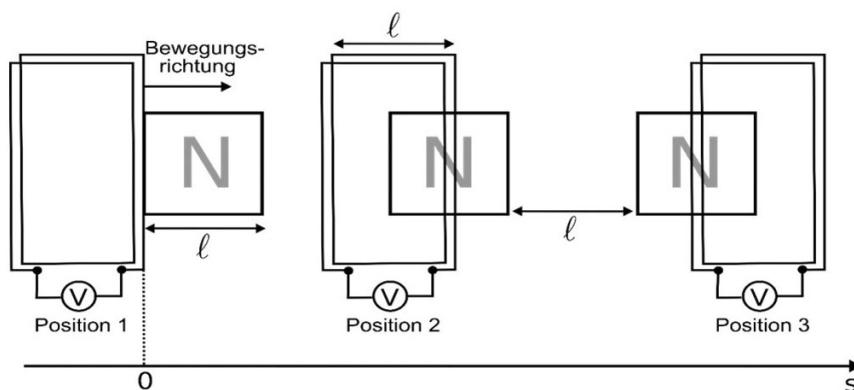


Abbildung:
Spule in verschiedenen Positionen über der Fahrbahn (Blickrichtung von oben)

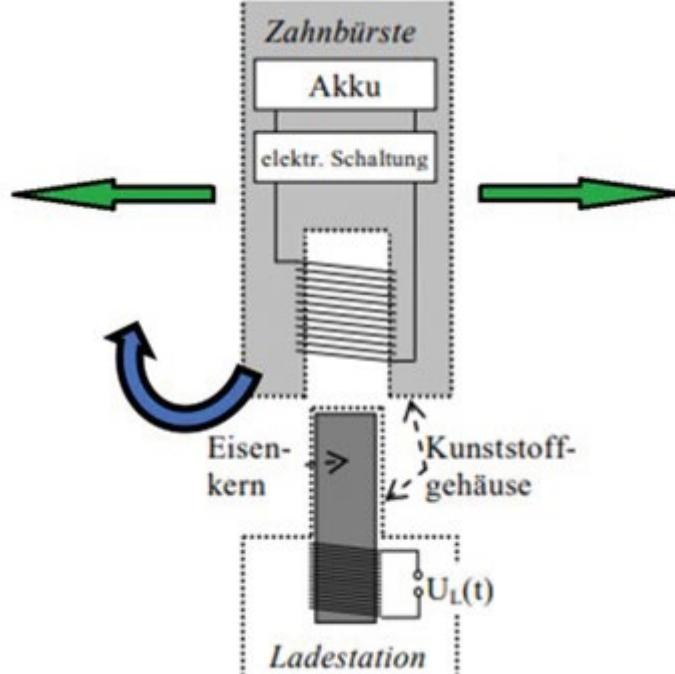
- Mit einem Voltmeter kann eine zwischen den Spulenanschlüssen auftretende Spannung U gemessen werden. Der Wagen wird, beginnend von Position 1, mit konstanter Geschwindigkeit eine Strecke von 1,60 m bewegt (siehe Abbildung). Skizzieren Sie qualitativ das s-U-Diagramm der Bewegung.
- Berechnen Sie die Geschwindigkeit, mit der das Fahrzeug über einen Magneten fahren müsste, damit eine Spannung von 40 Volt induziert wird.
- Nun soll das Voltmeter durch einen aufzuladenden Akku ersetzt werden. Begründen Sie, dass das Laden des Akkus nur mithilfe eines weiteren Bauteils möglich ist.

Zur weiteren Übung kann an dieser Stelle Aufgabe 2 der Aufgabengruppe 11-2 aus dem Abitur 2017 bearbeitet werden.

Transfer- und Syntheseaufgabe

Die Transfer- und Syntheseaufgabe greift die Grundidee aus der Konfrontations- und einer Übungsaufgabe wieder auf und schafft inhaltlich den Übergang zum nächsten Lehrplaninhalt, der Erzeugung von sinusförmiger Wechselspannung:

Aufgabe 5: Im Handteil einer Zahnbürste kann eine Induktionsspannung auch dadurch erzeugt werden, dass sie über einer Ladestation, deren Spule mit Gleichstrom betrieben wird, hin- und her bewegt wird (grüner Pfeil), oder indem das Handteil immer wieder über der Ladestation von der Senkrechten in die Waagrechte und umgekehrt (blauer Pfeil) gedreht wird.
Erläutern Sie die Vorgänge bei dieser Art der Aufladung und schätzen Sie ab, wie effektiv diese Aufladung auf Basis realistischer Annahmen gelingen wird.



3. Diagnoseaufgaben

Diagnoseaufgaben treffen eine Aussage über die momentane Ausprägung der Kompetenzentwicklung. Sie können sowohl Breite und Tiefe des erworbenen Fachwissens untersuchen als auch die Anwendbarkeit einer prozessbezogenen Kompetenz prüfen. Bei Josef Leisen¹⁹ findet man folgende Anforderungen an Diagnoseaufgaben:

„Aufgaben zur Diagnose“

- sind kurz und leicht auszuwerten,
- lassen Kompetenzstand und Vernetzungsgrad von Wissen erkennen,
- ermöglichen Aussagen über Lernfortschritte, Bearbeitungsstrategien und -geschwindigkeit,
- ermöglichen Aussagen über die Leistungsfähigkeit, Gewissenhaftigkeit und Anstrengungsbereitschaft,
- bringen Schülerinnen und Schüler in einen angstfreien Lernraum und nicht in einen Leistungsraum“,
- bringen Schülerinnen und Schüler zum Handeln.

Der Diagnose kommt gerade im kompetenzfördernden Unterricht eine große Bedeutung zu. Neben der Möglichkeit einer Rückmeldung durch die Lehrkraft (als Resultat von Beobachtungen oder von Diagnoseaufgaben) oder durch Peer-Feedback sollte auch die Selbstreflexion (z.B. mithilfe von Selbsteinschätzungsbögen) als Baustein im Diagnoseprozess seinen Platz haben. Der Einsatz kann sowohl in digitaler Form als auch in Papierform erfolgen.

Will man Aussagen zur Bearbeitungsgeschwindigkeit erhalten, kann man z.B. strenge Zeitvorgaben machen und anschließend den Grad und Umfang der Bearbeitung betrachten. Aussagen zu Gewissenhaftigkeit und Anstrengungsbereitschaft erhält man dagegen z.B. durch die Angabe zusätzlicher freiwilliger Aufgabenteile oder auch durch das Bereitstellen von Aufgaben mit verschiedenen Schwierigkeitsgraden.

Diagnoseaufgabe mit WordCloud

Beim Eintrag in eine WordCloud (Teilaufgabe c) erscheint ein Buchstabe umso größer, je öfter er eingetragen wurde. Man erkennt auf den ersten Blick die Dringlichkeit von Problemen und kann z.B. bei „großen“ Buchstaben unterstützend eingreifen. Bei kleineren Buchstaben können sich die Schülerinnen und Schüler aber auch innerhalb der Klasse Hilfe suchen und sich so gegenseitig unterstützen.

Beispiel

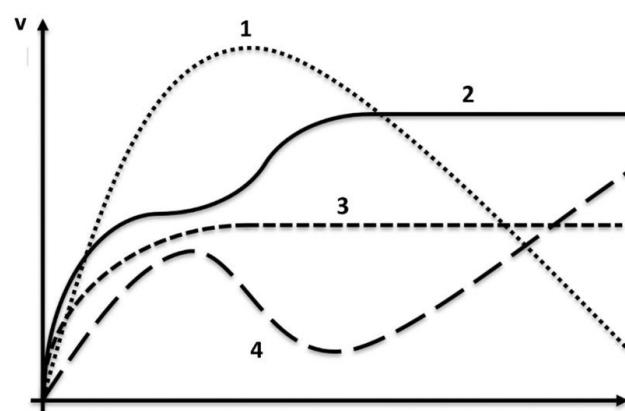
„Die drei Freunde Anna, Robert und Franz wollen sich im Freibad treffen. Alle drei müssen mit dem Fahrrad von zu Hause aus 25 Minuten zum Schwimmbad radeln.“

Anna fährt zunächst immer schneller, nach einiger Zeit verlassen sie die Kräfte und sie fährt immer langsamer. Robert hingegen beginnt seine Fahrt gemütlicher, steigert nach einiger Zeit sein Tempo und fährt dann mit konstantem Geschwindigkeitsbetrag.

- Ordne den Bewegungen von Anna und Robert jeweils den passenden Graphen zu.
- Suche dir einen **Graphen** aus und beschreibe ihn. Verwende dabei möglichst viele der vorgegebenen Fachbegriffe passend: steigen, fallen, konstanter Geschwindigkeitsbetrag, konstante Beschleunigung, Strecke, Zeit, Geschwindigkeitsänderung
- Falls du Probleme bei der Bearbeitung einer Teilaufgabe hast: Frage deinen Sitznachbarn und trage den Buchstaben der Teilaufgabe in der WordCloud ein.

... macht mir Probleme

b a



19 Leisen (2011), S. 79

Hinweise:

Die in Teilaufgabe b vorgegebenen Fachbegriffe sollen bei der fachsprachlichen Formulierung helfen. Je nach Auswahl des Graphen variiert der Anspruch an die Schülerinnen und Schüler, die Auswahl lässt ggf. Rückschlüsse auf die Anstrengungsbereitschaft zu. Probleme werden als Ausgangspunkt für gegenseitige Hilfe oder Unterstützung genutzt. Bei allen Diagnoseaufgaben kann zusätzlich der Aspekt der Bearbeitungsgeschwindigkeit berücksichtigt werden, indem man jede Teilaufgabe einzeln vorstellt und jeweils eine konkrete Zeitvorgabe macht.

Fachliche und fachsprachliche Diagnose können in der vorliegenden Aufgabe getrennt voneinander erfolgen – dies soll nun exemplarisch mit Hilfe von echten Schülerantworten genauer verdeutlicht werden. Es ist hierbei nicht erforderlich, bei allen Lösungen der Schülerinnen und Schüler so ausführliche Kommentare zu verfassen. Beispielsweise könnte man sich auf besonders auffällige Lösungen beschränken und diese anonymisiert im Unterrichtsgespräch thematisieren.

Schüler A:

„Der 1. Graph besitzt zunächst eine konstante Beschleunigung welche nach Geschwindigkeitsänderung fällt und das Objekt eine konstante Geschwindigkeit erreicht.“

Fachliche Analyse:

- zu Beginn der Bewegung ist die Beschleunigung annähernd konstant (richtig)
- nach Geschwindigkeitsänderung fällt die konstante Beschleunigung (falsch, entweder konstante Beschleunigung oder nicht)
- das Objekt erreicht eine konstante Geschwindigkeit (falsch)

Fachsprachliche Analyse:

- Der erste Graph besitzt zunächst eine konstante Beschleunigung ...
(falsch, der Radfahrer erfährt eine konstante Beschleunigung)
- nach Geschwindigkeitsänderung ...
(falsch, der Schüler erkennt, dass die Geschwindigkeit ab einem gewissen Zeitpunkt wieder abnimmt, formuliert dies aber nicht passend)

Schülerin B:

„Graph 1: Zunächst steigert sich die Geschwindigkeit. Nach kurzer Zeit erreicht der Graph eine Geschwindigkeitsänderung und die Geschwindigkeit fällt ab diesem Punkt.“

Fachliche Analyse:

- zunächst steigt sich die Geschwindigkeit (richtig, könnte aber genauer sein)
- erreicht der Graph eine Geschwindigkeitsänderung (falsch, die Änderung des Vorzeichens der Beschleunigung wird als Geschwindigkeitsänderung formuliert)
- die Geschwindigkeit fällt ab diesem Punkt (richtig)

Fachsprachliche Analyse:

- erreicht der Graph eine Geschwindigkeitsänderung (falsch, die Änderung des Vorzeichens der Beschleunigung wird als Geschwindigkeitsänderung formuliert)

Schülerin C:

„Graph 1: Zunächst steigt die Geschwindigkeit und erreicht nach kurzer Zeit einen maximalen Wert (Beschleunigungsphase). Anschließend nimmt die Geschwindigkeit durchgehend ab, d.h. es wird gebremst.“

Fachliche Analyse:

- korrekte Beschreibung des Bewegungsvorgangs

Fachsprachliche Analyse:

- korrekte Verwendung der Fachsprache

Schüler D:

„Franz fängt gemütlich an steigert sich und fährt dann mit konstanter Geschwindigkeit weiter.“

Fachliche Analyse:

- Franz fängt gemütlich an und steigert sich... (falsch, der Graph steigt zu Beginn relativ stark an, d. h. Franz beschleunigt eher stark und dann immer weniger, bis die maximale Geschwindigkeit erreicht ist)
- fährt dann mit konstanter Geschwindigkeit weiter (falsch, Geschwindigkeit nimmt immer weiter ab)

Fachsprachliche Analyse:

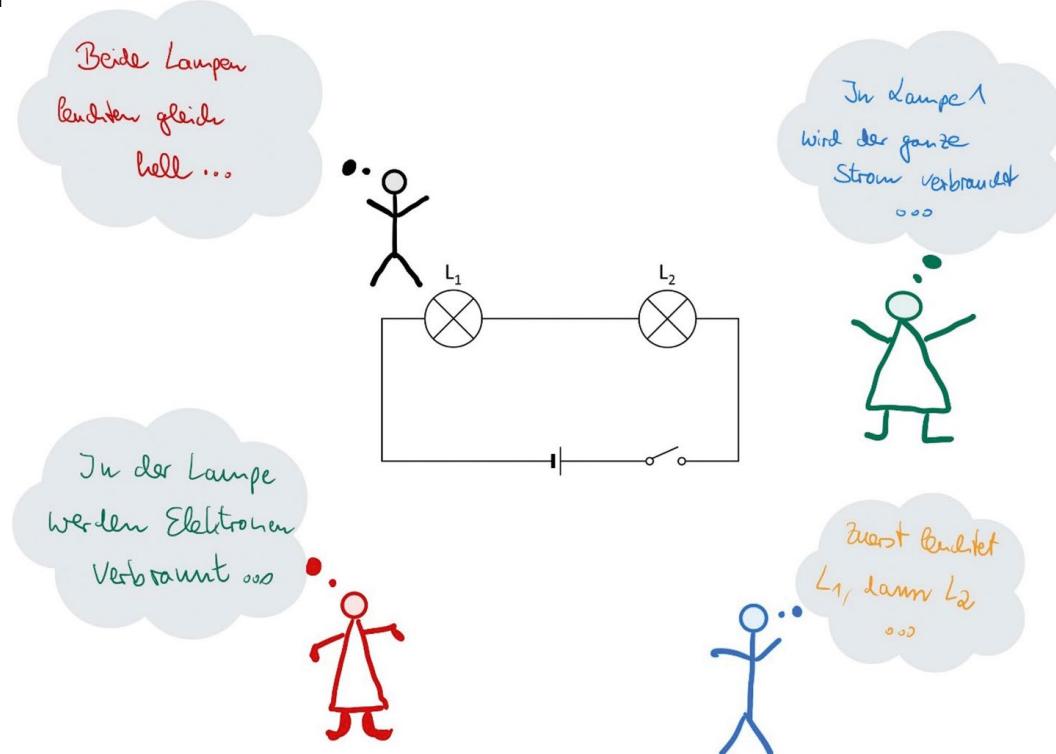
- fängt gemütlich an, steigert sich (falsch, Verwendung von Umgangssprache, keine geeigneten Fachbegriffe)
- fährt dann mit konstanter Geschwindigkeit weiter (inhaltlich falsch, aber Fachsprache verwendet)

Concept Cartoons

Mit Hilfe von sogenannten Concept Cartoons lassen sich Vorstellungen von Schülerinnen und Schülern zu fachlichen Zusammenhängen und letztendlich das Verständnis dafür erkunden. Sie zeigen typischerweise mehrere Personen, die miteinander über eine Sache diskutieren. Im Zentrum steht die entsprechende Problemstellung (z. B. Alltagssituation, Grafik, fachliche Frage). Die Aussagen der Personen stehen in Sprechblasen und können sowohl korrekte als auch falsche Aussagen enthalten. Im Gespräch sollen die Schülerinnen und Schüler dann auf Grundlage ihrer Vorstellungen die Aussagen prüfen und entsprechenden Argumenten finden und formulieren.

Concept Cartoons eignen sich demnach besonders zur Ermittlung von Präkonzepten zu Beginn einer Unterrichtseinheit aber auch zur Diagnose von sogenannten hausgemachten Fehlvorstellungen, die durch den Unterricht selbst aufgebaut wurden.

Beispiel



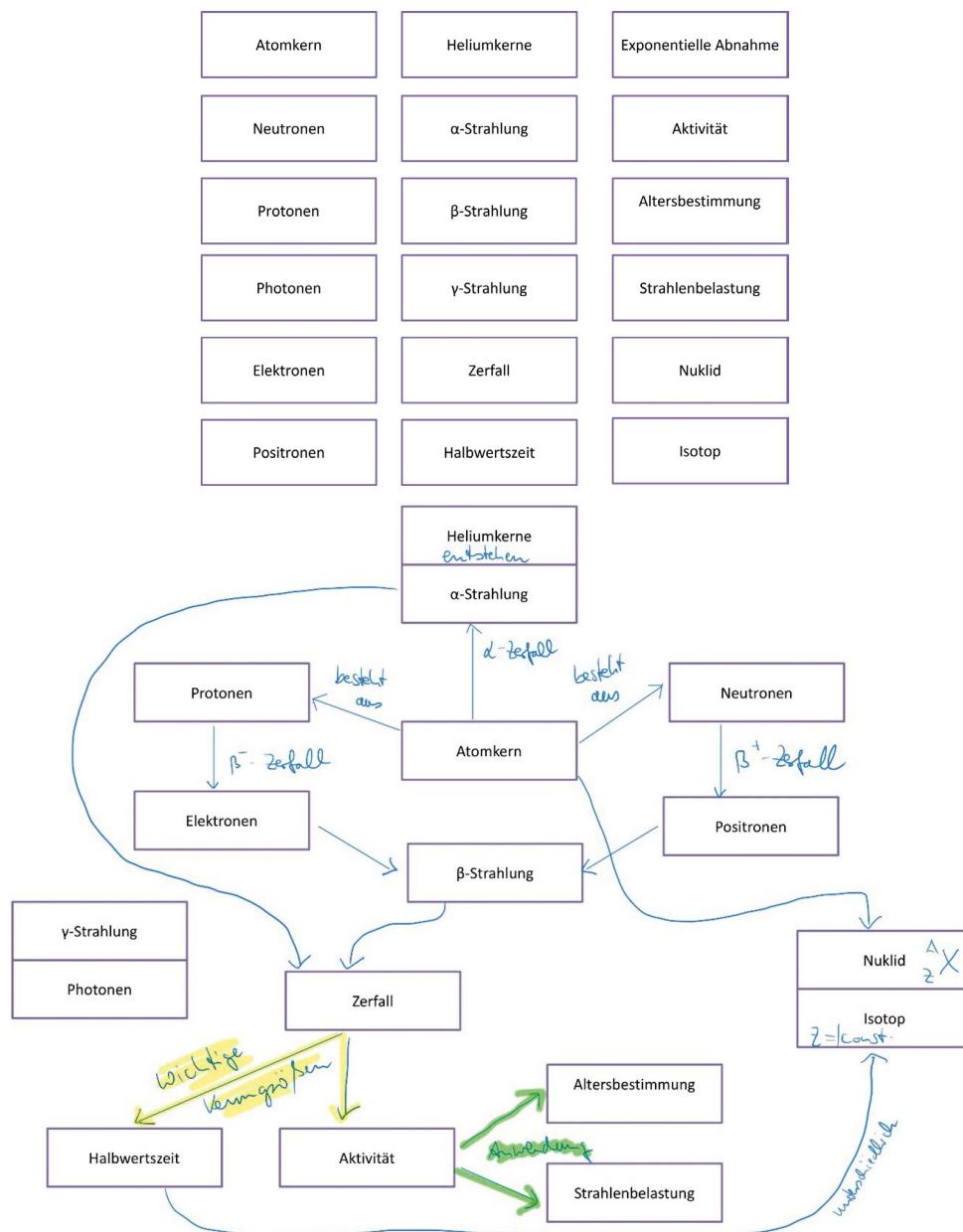
Concept Maps

Concept Maps (Begriffsnetze) veranschaulichen Beziehungen zwischen verschiedenen Begriffen. Im Unterschied zu Mind Maps können hier auch die Verbindungslinien beschriftet werden. Die Erstellung ist sowohl in Einzel- als auch in Partner- oder Gruppenarbeit möglich. Werden mehrere Concept Maps zum gleichen Thema erstellt, bietet sich im Anschluss ein Vergleich der Ergebnisse im Plenum an. Neben der Rückmeldung über fachliche Aspekte liefern Concept Maps zusätzlich wertvolle Informationen über Bearbeitungsstrategien (z.B. durch die Anordnung der Karten oder durch Beobachtungen im Entstehungsprozess). Der Einsatz kann sowohl in der Einstiegsphase (Vorwissen / Vorerfahrungen), als auch am Ende einer Lernsequenz als Diagnoseinstrument erfolgen.

Die Schülerinnen und Schüler erhalten Kärtchen mit Begriffen zum aktuellen Themenbereich, leere Kärtchen oder auch Karten mit noch unbekannten Begriffen. Ziel ist es, so viele Karten wie möglich zu verwenden. Die Erstellung kann auch digital erfolgen.

Bei der abgebildeten Schülerlösung wurde die Karte „Exponentielle Abnahme“ nicht verwendet. Dieser Mangel sollte entsprechend rückgemeldet werden, da die exponentielle Abnahme im Zusammenhang mit dem Zerfallsgesetz einen zentralen Aspekt darstellt.

Beispiel:



Ein weiteres Beispiel zur Jgst. 9 (Energie, Arbeit, Leistung in Alltagssituationen) findet man im LIS²⁰.

Selbsteinschätzungsgerüste

Der Einsatz von Selbsteinschätzungsgerüsten (z. B. Checklisten, Selbsteinschätzungsbögen) hilft den Schülerinnen und Schülern ein besseres Bild über ihre Stärken und Entwicklungsfelder zu gewinnen. Dieses Bild kann zusätzlich mit Fremdeinschätzungen (Lehrkraft, Peer-Feedback) abgeglichen werden. Die Schülerinnen und Schüler werden hierdurch aktiv zur Reflexion ihrer Arbeitsprozesse und -ergebnisse angehalten und können erkannte Defizite individuell aufarbeiten. Die Abweichungen zwischen Selbst- und Fremdeinschätzung fallen erfahrungsgemäß bei den meisten Schülerinnen und Schülern mit jedem ausgefüllten Bogen geringer aus.

Die Auswertung der Ergebnisse liefert Aufschluss über den Ist-Stand jedes Einzelnen, sowie der gesamten Lerngruppe. Darauf hinaus erhält die Lehrkraft eine Rückmeldung über den Erfolg des eigenen Unterrichts und somit auch Anregungen zur Unterrichtsentwicklung. Besonders schnell und elegant sind Werkzeuge, die der Klasse z. B. via QR-Code zugänglich gemacht werden und mit dem privaten oder schulischen Endgerät schnell bearbeitet werden können. So kann innerhalb weniger Minuten ein schneller Überblick über das Antwortverhalten der Lerngruppe erreicht werden.

Bei der Erstellung muss auf eine kleinschrittige Vorgehensweise – nur eine Aussage pro Zeile – geachtet werden, da sonst keine trennscharfen Einschätzungen möglich sind. Insgesamt sollte jeder Bogen höchstens 10 Aussagen enthalten. Die im Lehrplan ausgewiesenen Kompetenzerwartungen helfen beim Finden passender Aussagen. Zusätzlich ist auch eine Erweiterung mit Aufgaben möglich, die zu den Aussagen passen. Diese werden nach der Selbsteinschätzung in Einzelarbeit bearbeitet. Nach Abgleich mit der Musterlösung (z. B. Auslegen am Pult, QR-Code) können die Schülerinnen und Schüler ihr vorher getroffene Einschätzung überprüfen. Jeder Bogen kann zudem auch vor und nach einer schriftlichen Leistungserhebung eingesetzt werden, wie das folgende Beispiel illustriert.

Beispiel

Der folgende Selbsteinschätzungsformular wurde in der Jgst. 8 vor und nach einer schriftlichen Leistungserhebung eingesetzt. Die Abstufung von 1 (gar nicht) bis 4 (sicher) wurde bewusst so gewählt, um sich von den Ziffernnoten abzugrenzen.

Selbsteinschätzungsformular vor und nach einer Leistungserhebung zur Mechanik (Physik 8.3.2: „Kräfte und ihre Wirkungen“)

Kreuze an: 1 = gar nicht 2 = eher nicht 3 = eher schon 4 = sicher

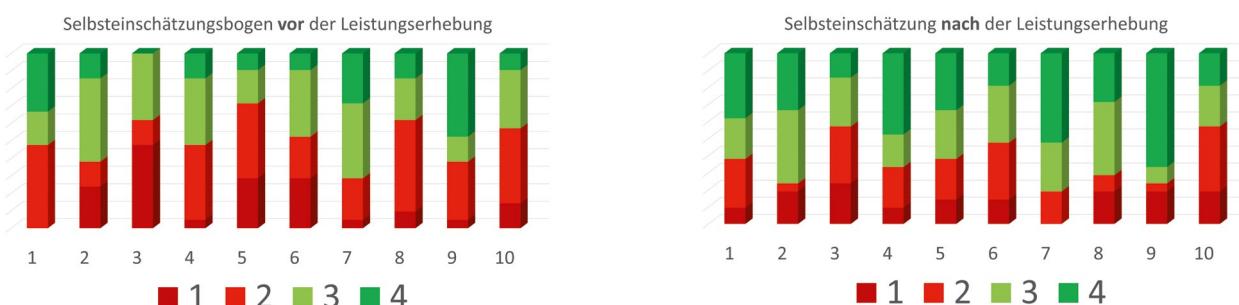
Ich kann ...	Vor der Prüfung				Nach Herausgabe			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1 ... die Begriffe Masse und Gewichtskraft unterscheiden								
2 ... Kraftpfeile addieren								
3 ... Kräfte an der schießen Ebene in ihre Komponenten zerlegen								
4 ... den Trägheitssatz formulieren								
5 ... mit Hilfe des Trägheitssatzes und des Kräftegleichgewichts argumentieren								
6 ... physikalische und außerfachliche Argumente identifizieren und unterscheiden								
7 ... die Bedeutung wichtiger Sicherheitssysteme im Auto erklären								

20 Beispiel im LIS-Material zu „Energie, Arbeit, Leistung in Alltagstexten“. Online: https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen-detail/lis_live_isb.c.302151.de

Ich kann ...	Vor der Prüfung				Nach Herausgabe			
	1	2	3	4	1	2	3	4
8 ... die Gewichtskraft berechnen								
9 ... bei einem Kraft-Dehnungs-Diagramm den Hooke'schen Bereich identifizieren								
10 ... kurze Texte mit physikalisch schlüssiger Argumentation erstellen								

Die Schülerinnen und Schüler erhielten den Selbsteinschätzungsbogen rechtzeitig (ca. 1 Woche) vor der Leistungserhebung und füllten ihn im Unterricht aus (Zeitbedarf ca. 5 Minuten). Anschließend erfolgte eine Auswertung der Antworten mit Hilfe eines Tabellenkalkulationsprogramms.

Nach Herausgabe der Prüfung wurde der Erwartungshorizont zunächst nicht besprochen oder ausgeteilt. Die Schülerinnen und Schüler füllten den Bogen mit Hilfe der korrigierten Arbeit im Unterricht nochmal aus und nutzten dabei die Kommentare der Lehrkraft und die Angabe der erreichten Bewertungseinheiten. Erst im Anschluss erhielten sie eine Musterlösung. Dieses Vorgehen veranlasste die Schülerinnen und Schüler, sich intensiver mit der eigenen Leistung auseinanderzusetzen und mögliche Abweichungen zwischen Selbst- und Fremdwahrnehmung zu erkennen. Auch diese Einschätzung wurde ausgewertet.



Die Auswertung nach der Herausgabe zeigt hier, dass sich bei vielen Items der „grüne Bereich“ vergrößert hat. Dies könnte z. B. an einer falschen Einschätzung vor der Prüfung oder auch an der Wiederholung der „roten“ Bereiche vor der Prüfung gelegen haben.

Eine regelmäßige Anwendung dieses Verfahrens stärkt die Selbsteinschätzungsfähigkeit der Schülerinnen und Schüler und kann mehr Akzeptanz bei der Bewertung von Leistungserhebungen schaffen.

4. (Neue) Möglichkeiten für Leistungsaufgaben

Die gymnasiale Schulordnung erlaubt bei kleinen Leistungsnachweisen viele unterschiedliche Prüfungsformate. Aber auch im gewohnten Rahmen von Kurzarbeit, Stegreifaufgabe und Schulaufgabe bieten sich alternative Möglichkeiten zur Konzeption von Prüfungsaufgaben. Die klassischen Möglichkeiten bilden den Schwerpunkt dieser Handreichung, da sie im Schulalltag dominieren. Aber auch andere Formate sollen hier beispielhaft als Anregung aufgezeigt werden.

Versuchsprotokoll²¹

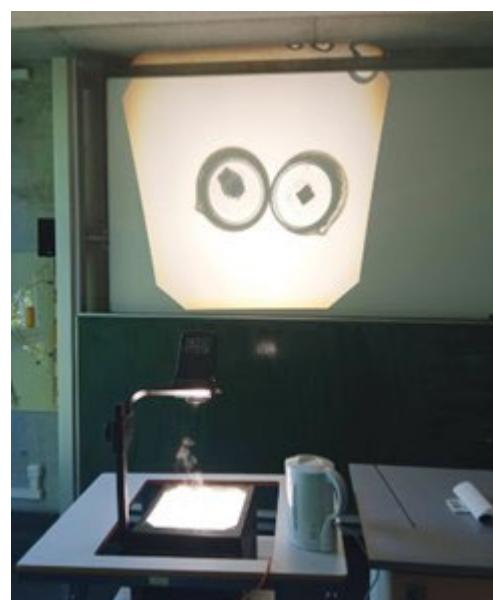
Im zeitgemäßen Physikunterricht spielen prozessbezogene Kompetenzen eine wichtige Rolle. Diese sollten sich auch in Leistungsaufgaben wiederfinden. Eine Möglichkeit zur Integration des Experiments in eine Prüfung ist beispielsweise die Protokollierung eines Versuches, den die Lehrkraft vor (oder während) der Prüfung vorführt. Die Schülerinnen und Schüler dokumentieren diesen (ganz oder teilweise, im Rahmen des zuvor eingeübten Schemas) und interpretieren die Versuchsdaten. Bei dieser Prüfungsform sind eine Reihe spezieller Anforderungen zu beachten:

- **Ist der Versuch von allen Plätzen aus gut zu sehen?** Oft sind Dokumentenkameras oder Tablets hilfreich, es lassen sich aber auch Versuche finden, die nicht auf Kameras angewiesen sind. Es sollte vorher geprüft werden, ob der Versuch langsam genug abläuft, um alle Veränderungen gut zu erkennen.
- **Kann der Versuch wiederholt werden?** Sollte das Experiment nicht gelingen, muss es nochmals durchgeführt werden. Es muss genügend Versuchsmaterial vorhanden sein und der Zeitaufwand für den Versuch darf nicht zu hoch sein. Um eine individuelle Bearbeitungsreihenfolge zu ermöglichen kann das Experiment gegen Mitte der Prüfung ein zweites Mal gezeigt werden, dazu kann auch ein Video des Originalversuchs dienen.
- **Sind die Prüfungsbedingungen klar kommuniziert?** Z. B. sollte geklärt werden, ob während des Versuches protokolliert werden darf oder nicht.
- **Ist das Versuchsergebnis eindeutig?** Das ausformulierte Ziel des Versuchs muss Klarheit bieten, um ein zielgerichtetes Bearbeiten der Prüfungsaufgabe zu ermöglichen.

Das Versuchsprotokoll wird beginnend mit dem Unterricht in Natur und Technik in der Jgst. 5, aber auch in Chemie und Physik immer wieder geübt und weiter verfeinert. Hier ist offenkundig, dass eine enge Zusammenarbeit der naturwissenschaftlichen Fachschaften unabdingbar ist. Auch zum Fach Deutsch können Anknüpfungspunkte gefunden werden. Über die Art der im Deutschunterricht zu erstellenden Texte gibt es verschiedenste schulinterne Übereinkünfte, die Kompetenzverwartung 3.1 des Lehrplans Deutsch der Jgst. 10. führt das „[V]erfassen eigenständig strukturierte Mitschriften, z. B. von Diskussionen oder Präsentationen, ggf. in formalisierter oder standardisierter Form“ auf. Hier können Absprachen helfen, dass das (Versuchs-)Protokoll in jedem Fach auf vergleichbare Weise vermittelt wird.

Beispiel für die **Einbindung eines Versuchs** in einen großen schriftlichen Leistungsnachweis:

- Deine Lehrkraft führt dir einen Versuch auf dem Overheadprojektor vor. Schau ihn dir zunächst aufmerksam an und bearbeite dann die folgenden Aufgaben:
- a) Beschreibe die Versuchsdurchführung.
 - b) Beschreibe deine Beobachtung.
 - c) Erkläre deine Beobachtung unter physikalischen Gesichtspunkten.



Der Versuch besteht darin, dass zwei Glasschalen mit jeweils einem Zuckerkubus per Dokumentenkamera oder Overheadprojektor projiziert werden. Die eine Glasschale wird vorsichtig mit kochendem Wasser (am besten bereits vor der Prüfung erhitzt) gefüllt, die andere mit kaltem Wasser. Es ist gut zu sehen, wie der Würfelzucker im kalten Wasser kaum zerfällt, der im warmen Wasser zerfällt schnell und löst sich bald auf.

21 Hier wird unter einem Versuchsprotokoll der komplette Satz aus Fragestellung, Versuchsaufbau, Versuchsdurchführung, Messergebnis / Beobachtungen, Auswertung und ggf. Schlussfolgerung verstanden. Vgl. auch https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen-detail/lis_live_isb.c.76423.de

Schülerexperiment

Auch die Versuchsdurchführung selbst kann Bestandteil einer (praktischen) Leistungserhebung sein. Auch hier müssen die Bewertungskriterien den Prüflingen vorab bekannt sein. Es ist nicht zwingend, stets die ganze Klasse in die Benotung einzubeziehen. Die Schülerinnen und Schüler führen einen Versuch zu einer konkreten Fragestellung durch, der (ganz oder in Teilen) nach einem vorgegebenen (und vorher eingeübten) Schema protokolliert wird. Je nach Jahrgangsstufe und Lernbereich ist die Selbständigkeit mehr oder weniger groß, sie haben die Möglichkeit, sich während des Versuchs mit Fragen zur Versuchsdurchführung an die Lehrkraft zu wenden. Mögliche Bewertungskriterien sind:

- **Beherrschung spezieller Messmethoden** (z. B. Kalibrieren eines Kraftmessers, Techniken zur Verringerung von Fehlerquellen bzw. Messungenauigkeiten, Umgang mit Strom- und Spannungsmessern), Kenntnis von Sicherheitsregeln beim Experimentieren
- **Eigenständigkeit** in der Durchführung
- **Kooperationsformen** bei Experimenten in einer Kleingruppe

Nicht jede Aufgabe (z. B. Erarbeitungsaufgabe) eignet sich zur Benotung, analog ist dazu auch nicht jedes Schülerexperiment geeignet. Wie bei anderen kooperativen Arbeitsformen kann natürlich nur die individuelle Schülerleistung und keine Gruppenleistung bewertet werden. Für bewertete Schülerexperimente sollten die folgenden Fragen auf alle Fälle positiv beantwortet werden:

- Ist ausreichend **Versuchsmaterial** vorhanden?
- Kennen die Schülerinnen und Schüler alle nötigen **Experimentiermethoden** und konnten sie diese in anderen Experimenten bereits üben?
- Ist die **Fragestellung eindeutig** und lässt dennoch einen, der Jahrgangsstufe angemessenen, Spielraum in der Bearbeitung?
- Kann der Versuch mit dem **eingeübten Schema** zur Durchführung, Dokumentation und Auswertung bearbeitet werden?
- Lassen sich in **kooperativen Arbeitsformen** Einzelleistungen genügend scharf voneinander **abgrenzen** und ist die von der Lehrkraft angedachte Aufteilung der Arbeiten am Experiment so generisch, dass alle Prüflinge tatsächlich eine bewertungsfähige Aufgabe haben?

Weiterführende Hinweise zur Bewertung der Experimentalkompetenz finden sich in IV.2.1.

Beispiel

Im folgenden Beispiel aus der Jgst. 7 erhalten die Schülerinnen und Schüler eine Taschenlampe, die zwischen den drei Farben Rot, Grün und Blau sowie weißem Licht umschalten kann. Sie bekommen eine Zitrone und einen grünen Apfel, den unten abgebildeten Forschungsauftrag und ein teilausgefülltes, vorgefertigtes Versuchsprotokoll. In der Vorstunde haben sie rote, grüne und blaue Bauklötze mit dieser Taschenlampe untersucht und aus den Ergebnissen gefolgt, dass weißes Licht alle Farben enthält. Dabei wurde auch die Tabellenform als eine Möglichkeit zur Dokumentation von Ergebnissen verwendet. Die einzelnen Abschnitte des Versuchsprotokolls wurden bereits seit Anfang des Schuljahres immer wieder trainiert.

Da für die Versuchsbeschreibung, für eine Skizze des Aufbaus und für die Auswertung bzw. Erkenntnis im vorgefertigten Versuchsprotokoll der entsprechende Platz vorgesehen ist, erleichtert dies den Schülerinnen und Schülern auch die Einschätzung des erwarteten Umfangs bei den einzelnen Punkten.

Forschungsauftrag: ²²

Aus der letzten Stunde weißt du, dass die drei Taschenlampenfarben zusammen weißes Licht ergeben. Heute sollst du erforschen, warum manche Gegenstände in anderen Farben als den Grundfarben erscheinen können. Das Versuchsprotokoll ist bereits zum Teil ausgefüllt. Untersuche die Zitrone und den Apfel im Taschenlampenlicht und vervollständige das Versuchsprotokoll gemäß unserer Regeln.

Hinweis: Ergänze bei den eingetragenen Beobachtungen, zu welchem Obst sie gehören.

Licht und Farbe bei Lebensmitteln

Ziel/Fragestellung: Wir untersuchen, warum Gegenstände in anderen Farben als den Grundfarben (rot, grün, blau) erscheinen können.

Aufbau und Durchführung

Beobachtung	Apfel	Zitrone
rotes Licht		
blaues Licht		
grünes Licht		
weißes Licht = rot + blau + grün		

Hinweis: Verwende zum Ausfüllen der Tabelle die Begriffe „hell“, „etwas hell“ und „dunkel“ sowie Angaben zur Farbe.

Ergebnis**Laborbuch**

In einem Laborbuch wird über einen längeren Zeitraum eine Unterrichtseinheit protokolliert, die von der Kombination mehrerer Versuche getragen wird. Hierbei kann ein einzelnes Protokoll (oder mehrere) auch separat bewertet werden. Das Laborbuch bietet die Möglichkeit abzuprüfen, ob die Schülerinnen und Schüler einen einzelnen Versuch in einen größeren Kontext setzen können. So lässt sich z. B. aus der Beobachtung, dass eine Diode ohne Vorwiderstand an einer 9V-Batterie durchbrennt die Frage nach der Größe der bis dahin noch nicht bekannten Schwellenspannung, sowie dem Widerstand der Diode ableiten und im Laborbuch dokumentieren. Im Anschluss an das Untersuchen der Diodenkennlinie (Ph10 Lernbereich 5.1) bietet es sich an, das Verhalten von Transistoren erarbeiten. Im passenden Versuch kann ein Verweis auf die Schwellenspannung der Diode erfolgen. Die Einbettung der Einzelversuche in eine größere Fragestellung und das Herausarbeiten neuer Fragestellungen kann hier genauso bewertet werden wie z. B. ein zusammenfassendes Resümee über mehrere Versuche.

Moderne Formate der Wissen(schaft)skommunikation

Das Aufbereiten und Austauschen von Informationen wurde in den letzten Jahren verstärkt als wesentlicher Kompetenzbereich in den Blick genommen. Dabei geht es darum, Inhalte ziel- und adressatengerecht (d. h. auch für andere Adressaten als die Fachlehrkraft oder die eigene Klasse) in außerunterrichtlichen Kontexten zu vermitteln. Diese Zielsetzung lässt sich mit den nachfolgend vorgestellten Aufgabenformaten besonders gut umsetzen. Die **Minute Speech** zwingt Schülerinnen und Schüler sich bei der Zusammenfassung eines Themas auf einen Punkt zu konzentrieren und ihn in einer bewusst knapp begrenzten Redezeit darzustellen. Die darin steckende Priorisierung gelingt dann, wenn das Thema tiefgehend verstanden wurde.

22 Hinweis: In dieser Handreichung wurden in der Aufgabe Leerräume zum Ausfüllen weggelassen.

Eine längere Version der Minute Speech stellt der sogenannte **Science-Slam** dar. Hierbei wird ein Thema vor einem Publikum dargestellt, bei welchem kein Vorwissen bezüglich der Inhalte vorausgesetzt wird. Der Science-Slam hat als Ziel, Wissen komprimiert, kreativ und angepasst an das Zuhörerniveau zu vermitteln. Dies kann z.B. in einer Schulpause oder einem Projekttag mit Eltern oder anderen Schülerinnen und Schülern geschehen. Diese Präsentationsform stellt besondere Anforderungen an die adressatengerechte Darstellung, da Grundlagen zunächst gelegt oder durch Analogienbildung erklärt werden müssen, um dann daraus neue Informationen zu erschließen. Hilfreich ist, dass zahlreiche (gute und schlechte) Beispiele im Internet zu finden sind.

Erklärvideos bieten die Möglichkeit, kommunikative Kompetenzen abzuprüfen, ohne dabei das Sprechen vor einer Gruppe in den Vordergrund zu stellen. Diese Videos können zum Abschluss einer Lerneinheit erstellt werden und können bei genügender Qualität und fachlicher Korrektheit den Schülerinnen und Schülern auch im Nachhinein zur Stoffwiederholung dienen.

Allen drei genannten Beispielen ist gemeinsam, dass die Leistungsbewertung nicht alle denkbaren Kriterien umfassen muss. Gerade bei mehrfachem Einsatz dieser Aufgabenarten ist es denkbar, dass jedes Mal ein anderer Schwerpunkt gelegt wird, z.B. einmal die Vortragsart und ein anderes Mal die fachliche Aufbereitung des Themas. Das muss natürlich vorab entsprechend mitgeteilt worden sein.

III Erstellen von schriftlichen Prüfungsaufgaben

1. Gütekriterien für schriftliche Prüfungsaufgaben

1.1 Eine Checkliste als Hilfsmittel

- Der Lehrplan und alle Kompetenzbereiche werden berücksichtigt:**
 - Die **Einschätzungsmatrix** (s. III.1.2) kann helfen, Lücken oder Dopplungen in der Abdeckung der Kompetenzbereiche zu erkennen. Jeder **Kompetenzbereich** (*Modelle und Experimente nutzen, Erkenntnisse gewinnen, Kommunizieren, Bewerten*) soll übers Schuljahr hinweg gesehen in mindestens einem Leistungsnachweis auftauchen. Das muss aber selbstverständlich nicht in jeder einzelnen Prüfung so sein und muss natürlich entsprechend im Unterricht berücksichtigt werden. Unterschiedliche Lernbereiche eignen sich unterschiedlich gut für die jeweiligen Kompetenzbereiche, entsprechend sollten sie in den Prüfungen platziert sein (die **Kompetenzmatrizen zum Lehrplan** können helfen, die im Lehrplan angesprochenen Kompetenzbereiche schnell zu identifizieren, s. III.1.2 und I.2).
 - Die im **Lehrplan** angesprochenen Kompetenzen und Inhalte sind **überwiegender Schwerpunkt** der Prüfung. Im Rahmen des Freiraums, den der Lehrplan bietet, sind vereinzelt auch darüber hinaus gehende Inhalte möglich, soweit sie im Unterricht behandelt wurden.
- Physikalisches Verständnis wird überprüft, nicht reine Wissensabfrage:**
 - Damit Aufgaben zu den **Kompetenzerwartungen des Lehrplans** passen, wird ein wesentlicher Anteil der Bewertungseinheiten „ohne Rechnen“ erreichbar sein.
 - **Typische Arbeitsweisen** der Physik kommen adäquat vor (Umgang mit Messwerten und Messungenauigkeiten; Umgang mit Einheiten; Modellierung; Planung von Experimenten ...)
 - **Begründungen** werden verlangt, z. B. mit Rückgriff auf die entsprechenden physikalischen Gesetze.
- Es wird nicht immer nach gleichem „Schema“ vorgegangen:**
 - **Lösungsmethoden sind variantenreich:** verbale Beschreibungen, Erklärungen und/oder Bewertungen; Arbeit mit Diagrammen; qualitative Betrachtungen; Berechnungsaufgaben etc.
 - **Bezüge** zu Technik oder Umwelt bzw. zu anderen Anwendungskontexten kommen vor:
 - Einstieg kann die physikalische Untersuchung einer Anwendungs-/Alltagssituation sein.
 - Abrundung kann der Ausblick auf eine Anwendung in der Technik sein.
 - ein Anwendungsbezug muss für die Schülerinnen und Schüler leicht erfassbar sein (z. B. weil er direkt aus ihrer Lebenswirklichkeit stammt, aus dem Unterricht bekannt ist oder mithilfe von mitgelieferten Materialien/ Texten erschließbar ist).
 - Experimente (auch Gedankenexperimente) können aufgegriffen werden; auch solche, die aus dem Unterricht bekannt sind.
 - **Offenere Aufgabenstellungen** sind dabei, die eine differenzierte Beurteilung der Leistung erlauben.
- Gute Lösbarkeit für die Schülerinnen und Schüler ist gegeben:**
 - Mit leichten Teilaufgaben beginnen, damit ein guter Einstieg möglich ist; eine Fehlleistung – vor allem am Anfang – sollte die weitere Bearbeitung nicht erschweren.
 - **Auf mehrere Teilaufgaben aufteilen** (nicht zu viele Arbeitsaufträge pro Teilaufgabe), aber nicht zu kleinschrittig – der Lösungsweg soll nicht in unnötiger Weise vorgegeben werden (mit aufsteigender Jgst. sind größere Einheiten adäquat); diese Teilaufgaben bauen inhaltlich und hinsichtlich der Anforderungen sinnvoll aufeinander auf.
 - Jede Teilaufgabe sollte **unabhängig bearbeitbar** sein, dafür ggf. Zwischenergebnisse oder Ersatzwerte angeben.
 - **Aufgaben passen** zu den Erarbeitungs- bzw. Übungsaufgaben des Unterrichts.
 - **Umfang und Anspruchsniveau** passen zur Lerngruppe und zur Bearbeitungszeit.
 - **Alltagswissen** kann eine Rolle spielen – darüber hinaus gehende, spezifische Kenntnisse aus anderen Fächern sind nicht erforderlich.

- Das **Layout** ist angemessen und motivierend, übersichtlich und nicht überladen.
- Zugelassene **Hilfsmittel** werden angemessen berücksichtigt (Taschenrechner, Formelsammlung).
- **Messungenauigkeiten** sind adäquat berücksichtigt, die Angabe konkreter Zahlenwerte für Rechnungen erfolgt mit sinnvoller Genauigkeit.

Klare, verständliche und hilfreiche Formulierungen werden verwendet:

- Ausnahmslos Formulierung mit **Operatoren** (s. III.1.3, vgl. Bildungsstandards), dabei sollten „verkappte W-Fragen“ möglichst vermieden werden (s. III.1.3).
- Eindeutige, möglichst kurze **Formulierungen in Fachsprache**.
- Die fachliche Korrektheit der Sprache ist **altersgemäß** und führt nicht zu Verständnishürden.
- Formulierungen und Wortschatz orthographisch und grammatisch korrekt, ohne vermeidbare sprachliche Hürden und deshalb auch für Schülerinnen und Schüler **nichtdeutscher Muttersprache** verständlich.
- Die Aufgabenstellungen sind **ausgewogen** hinsichtlich aller Schülergruppen, z. B. hinsichtlich des Geschlechts.

Die Zuordnung der Bewertungseinheiten (BE) pro Teilaufgabe ist passend:

- Stimmig zu **Anforderungsniveau** und **Komplexität** der Teilaufgaben (kein reines Abzählen erforderlicher Lösungsschritte oder erforderlicher Wissensbausteine) und **Bearbeitungszeit** (Aufwand für die Schülerinnen und Schüler wird auch berücksichtigt).
- Auch für die Verwendung **korrekter fachsprachlicher Formulierungen** und für **stimmige Argumentation** werden BE vorgesehen.
- BE sind in der Regel bei jeder Aufgabe **abgedruckt**.

Gute Korrigierbarkeit ist gegeben:

- Bei **komplexeren Anforderungen** können ggf. nur Teilespekte gefordert werden (beispielsweise kann man nur Ausschnitte aus einem Bewertungsprozess abfragen, etwa die Unterscheidung physikalischer und nichtphysikalischer Argumente, oder man fordert nur einen Ansatz und verzichtet auf Durchführung der Rechnung).
- **Überlegtes, aber flexibles Bewertungsschema**, das Transparenz schafft.

Diese Checkliste ist nicht als Sammlung von Vorgaben zu verstehen. Sie soll auf einige wichtige Punkte hinweisen, die **im Regelfall** für eine gelungene Prüfungsaufgabe **nötig** sind. Ziel sind anspruchsvolle und interessante Aufgaben, die mit im **Unterricht erworbenen Kompetenzen** gut lösbar sind. Aufgaben müssen immer zur konkreten Unterrichtsgestaltung passen – wie alle „gelungenen Musterbeispiele“ ist auch diese Checkliste stets vor diesem Hintergrund zu beurteilen. Bei **klassenübergreifenden Leistungsnachweisen** muss auch der Unterricht entsprechend abgestimmt und gemeinsam vorbereitet werden. Um Schülerinnen und Schülern faire Voraussetzungen in der **Abiturprüfung** zu schaffen, muss der Unterricht bereits ab der Mittelstufe die gemäß Lehrplan anzustrebenden Kompetenzen exakt abbilden. Aufgaben mit umfassenderem bzw. separatem Materialteil dürfen nicht erst in der Oberstufe Eingang in Leistungsnachweise finden.

Kompetenzorientierter Unterricht nach dem LehrplanPLUS setzt auf die Progression der Inhalte ebenso wie auf die Progression aller (prozessorientierten) Kompetenzen. Daher wird der Gedanke von „**Grundwissensaufgaben**“, die primär „alte Inhalte“ abfragen, dadurch ersetzt, dass wiederkehrend auf bereits erworbene Kompetenzen (in allen Kompetenzbereichen) zurückgegriffen wird.

Hinweise zur sprachlichen Entlastung von Texten

Die Schülerinnen und Schüler sollen im Laufe ihrer Gymnasialzeit Sprachkompetenz erwerben. Die Beherrschung der deutschen Sprache ist Voraussetzung für schulischen Erfolg und der Aufbau von Sprachkompetenz ist eine zentrale Aufgabe aller Fächer. Auch das Fachprofil Physik spricht davon, dass zur exakten Beschreibung von Naturvorgängen der sichere Umgang mit der deutschen Sprache und der Fachterminologie unabdingbar ist. Begrenzt wird dieser Auftrag allerdings – insbesondere in Prüfungssituationen – dann, wenn die Prüflinge aufgrund mangelnder Sprachfähigkeiten gar nicht dazu kommen, ihre physikalischen Kompetenzen beweisen zu können. Um die Balance zwischen dem anzustrebenden Sprachniveau und den Voraussetzungen der Schülerinnen und Schüler aus bildungsfernen Familien oder aus anderssprachigem Umfeld zu finden, sollten die Lehrkräfte sensibel darauf achten, vermeidbare Stolpersteine aus dem Weg zu räumen.

Dabei können beispielsweise folgende Ratschläge helfen:²³

- Auf den Wortschatz und die Lebenswirklichkeit der Schülerinnen und Schüler achten (nicht alle kennen „Rodel“ oder „Gardinen“ ...), möglicherweise unbekannte Wörter – wenn sie nötig sind – ggf. in Klammern oder als Fußnote kurz erläutern.
- Bei der verwendeten Begrifflichkeit bleiben, nicht nur aus stilistischen Gründen variieren (und z. B. einmal „Schlitten“, einmal „Rodel“ sagen).
- Texte durch Absätze strukturieren, ggf. wichtige Passagen hervorheben.
- Verben häufig im Aktiv nutzen. Partizipialkonstruktionen, Genitiv, zusammengesetzte Wörter sparsam und überlegt einsetzen.
- Eine Abbildung kann helfen, die Inhalte auch bei geringer Sprachkompetenz zu verstehen.

1.2 Die Einschätzungsmatrix schafft Überblick

Physik Schulaufgabe Mechanik

Kompetenzbereiche – Anspruchsniveau

Aufg. Nr.	BE	Schwerpunkte der Kompetenzbereiche				Bewerten	Rechnen, quantitative Untersuchungen	Anspruchsniveau		
		Modelle und Experimente nutzen	Erkenntnisse gewinnen	Kommunizieren				I	II	III
1a	3	3					3			
b	4	4					4			
c	2		2							
2a	3		3							
b	3	3					3			
c	5			5						
d	2				2					
e	4	1		3						
	26	11	5	8	2	10	7	15	4	

23 angelehnt an Abshagen (2015)

Für eine ausgewogene Berücksichtigung der verschiedenen Kompetenz- und Anforderungsbereiche kann die hier dargestellte Einschätzungsmatrix wertvolle Dienste leisten. Dabei werden die zu vergebenen Bewertungseinheiten (BE) den einzelnen Kompetenzbereichen zugeordnet. Es wäre ein zu hoher Anspruch, bei der Zuordnung „die objektiv richtige Lösung“ treffen zu wollen, die Ergebnisse sind nicht immer eindeutig – erst recht, wenn sie in der Praxis unter vertretbarem Zeitaufwand gefunden werden sollen. Ein pragmatischer und praktikabler Umgang mit der Einschätzungsmatrix wird im Folgenden erläutert und in Abschnitt III.2 an mehreren Beispielen kommentiert vorgeführt.

Die Grundidee dieser Matrix ist der Abgleich der konkreten Prüfung mit entsprechenden „Leitideen“, wie eine gute Prüfung ausgestaltet werden sollte:

- 1) Verteilt man die erreichbaren BE auf die zutreffendsten Kompetenzbereiche, wobei man sich aus pragmatischen Gründen pro Teilaufgabe auf einen oder maximal zwei Kompetenzbereiche beschränken sollte, so werden **Schwerpunkte der Gesamtarbeit** und ggf. Lücken in der **Abdeckung der Kompetenzbereiche** sichtbar. „Leitidee“ ist der Lehrplan.

Ein Überblick über die in den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife definierten Kompetenzbereiche, nach denen sich auch der LehrplanPLUS richtet, findet sich mit Erläuterungen in Kapitel I.2, ebenso ein Beispiel für eine Kompetenzmatrix zu den Kompetenzerwartungen des LehrplanPLUS. Durch einen Abgleich der Matrizen ist ersichtlich, ob die Schwerpunktsetzung der Prüfung mit der des Lehrplans korrespondiert. Insbesondere wenn eine Prüfung ausschließlich den Bereich Modelle und Experimente nutzen abdeckt, ist sie unzulänglich.

Typische Fehleinschätzungen zum Bereich Kommunizieren:

Die folgende Aufgabe fragt trotz der geforderten Textproduktion nicht nach *kommunikativen Kompetenzen* im Sinne der Bildungsstandards:

„Nach der Erfindung des Lasers 1960 wusste man zunächst nicht so richtig, wozu die neue Erfindung eigentlich gut sein sollte. Der Erfinder des Lasers, Ted Maiman, sagte daher 1964: »Der Laser ist eine Lösung auf der Suche nach einem Problem«. Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel des Lasers und erläutern Sie den technischen Fortschritt, der dabei durch die Verwendung des Lasers erzielt wurde.“

Das wäre anders, wenn beispielsweise ein klarer Adressatenbezug gefordert wird (wenn das z. B. für einen Schülerzeitungsbeitrag für jüngere Schülerinnen und Schüler aufbereitet werden soll), oder wenn relevante Informationen erst aus einer Quelle erschlossen werden müssen.

In einer weiter unten näher betrachteten Abituraufgabe (s. III.1.4) wird zunächst die Radioaktivität des in Kalium-dünger enthaltenen Betastrahlers thematisiert. Die abschließende Aufgabe „Stellen Sie zwei Verhaltensregeln beim Umgang mit dem Kaliumdünger auf einem Fußballplatz auf und begründen Sie diese.“ beinhaltet die Notwendigkeit, sach- und adressatengerecht zu formulieren, und deckt deswegen *kommunikative Kompetenzen* ab.

Bei der Aufgabe (s. III.2.1) „Erläutere mithilfe des zweiten Newton'schen Gesetzes, dass die Gefahr durch den Vorschlag (...) reduziert wird, und gib einen weiteren sinnvollen Lösungsvorschlag an.“ sind deshalb *kommunikative Kompetenzen* angesprochen, da vor der Erstellung der physikalischen Argumentation erst Informationen aus einem Zeitungstext erschlossen werden müssen.

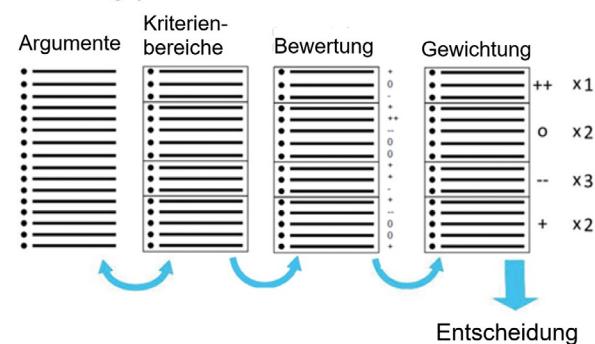
- 2) Die Bilanz, wie viele BE durch **Rechnungen und quantitative Untersuchungen** erreichbar sind, soll einen zu hohen rechnerischen Anteil verhindern. Die dahinterstehende „Leitidee“, dass ein wesentlicher Anteil der BE „ohne Rechnen“ erreichbar sein sollte, folgt aus den Kompetenzerwartungen und der Gesamtanlage des Lehrplans und zeigt sich auch in der Gestaltung der Abiturprüfung.
- 3) Anhand einer groben Einstufung jeder Teilaufgabe in ein **Anspruchsniveau** erkennt man die Passung zur entsprechenden „Leitidee“, wie sie in den Bildungsstandards formuliert sind: Der Schwerpunkt soll im mittleren Bereich liegen, daneben sollen mehr leichte Aufgaben als solche auf erhöhtem Niveau vorkommen.

Eine objektive Einstufung des Anspruchsniveaus müsste sehr viele Dimensionen von Schwierigkeit gleichermaßen berücksichtigen. Es ist nicht möglich, diese unterschiedlichen Gesichtspunkte in ein Bewertungsraster zu pressen. Einzelne Komponenten der „diagnostischen Kompetenz“ der Lehrkräfte zu unterscheiden und Zusammenhänge zwischen ihnen zu bestimmen, wird seit Jahrzehnten intensiv erforscht. Es zeigt sich dabei durchgehend, dass mit zunehmendem fachlichem und fachdidaktischem Wissen sowie mit größerer Berufserfahrung die Urteilsgenauigkeit der Lehrkraft wächst.²⁴

Interessanterweise haben Zeitdruck und Stress signifikant negative Auswirkungen auf die Urteilst Güte.²⁵ Vereinfacht gesagt ist folglich bei ausreichender Erfahrung eine abgewogene „Bauchentscheidung“ der Lehrkraft ein praktikabler und zumeist tragfähiger Ansatz zur Einstufung der Schwierigkeit.

Bei der Einstufung sind **das Alter der Schülerinnen und Schüler** und die bereits erworbenen Kompetenzen zu berücksichtigen. Exemplarisch kann man an den Bewertungs-Kompetenzen gut nachvollziehen, wie die altersgerechte Progression vom reinen Zuordnen von Argumenten zum entsprechenden Sachbereich bis hin zur nachvollziehbaren eigenständigen Bewertung (Nutzwertanalyse) mithilfe einer gewichteten Entscheidungstabelle aussieht. Das Anspruchsniveau einer Aufgabe muss dementsprechend vor dem Hintergrund der bereits angeeigneten Kompetenzen betrachtet werden. Eine Aufgabenstellung wie „Markiere im Leserbrief alle physikalischen Argumente blau, alle nicht-physikalischen Argumente grün“ ist aus Sicht einer höheren Jgst. auf Niveau I einzuordnen. Für die Schülerinnen und Schüler einer niedrigen Jgst. ist sie aber nicht nur als nötiger Zwischenschritt beim Aufbau komplexerer Kompetenzen auch in Prüfungen unbedingt sinnvoll, sie ist – unter anderem wegen Begriffen im Überlappungsbereich (wie z.B. „Lärm“) – bei niedriger Erfahrung auf Anspruchsniveau II.

Bewertungsprozess:



Die Schwierigkeit der Aufgabe wird auch beeinflusst von der Komplexität des Sachkontexts, in den sie eingekleidet ist, von der Länge des zu lesenden Textes und dessen Sprachniveau, von der Anzahl der zu verwertenden Materialien, der angestrebten Mathematisierung und von vielem mehr.

Die „Anforderungsbereiche“ der Bildungsstandards Physik können eine Leitschnur zur Einordnung geben.

Anforderungsbereich I ... umfasst das ...	Anforderungsbereich II ... umfasst das ...	Anforderungsbereich III ... umfasst das ...
Wiedergeben von Sachverhalten und Kenntnissen im gelernten Zusammenhang sowie das Anwenden und Beschreiben geübter Arbeitstechniken und Verfahren	selbständige Auswählen, Anordnen, Verarbeiten, Erklären und Darstellen bekannter Sachverhalte unter vorgegebenen Gesichtspunkten in einem durch Übung bekannten Zusammenhang und das selbständige Übertragen und Anwenden des Gelernten auf vergleichbare neue Zusammenhänge und Sachverhalte	Verarbeiten komplexer Sachverhalte mit dem Ziel, zu selbständigen Lösungen, Gestaltungen oder Deutungen, Folgerungen, Verallgemeinerungen, Begründungen und Wertungen zu gelangen

Auch hier gilt, dass die Anforderungen stets im Kontext des vorhergegangenen Unterrichts gesehen werden müssen, auch eine komplexe Rechnung oder eine anspruchsvolle Argumentationskette kann reine Reproduktion sein.

Es ist offensichtlich, dass der verwendete Operator als alleiniger Indikator für den Schwierigkeitsgrad völlig unzureichend ist.

Typische Fehleinschätzungen zum Bereich Erkenntnisse gewinnen:

Typisches Beispiel für eine Aufgabenstellung aus dem Bereich der *Erkenntnisgewinnung* ist die Aufforderung zur Planung eines Experiments. Allerdings bedingt ein experimentelles Setting nicht immer, dass Erkenntnisgewinnungskompetenzen angesprochen sind. Wenn eine Aufgabenformulierung „Beschreibe ein möglichst einfaches Vorgehen (d.h. keine „Laserpistole“ oder „Radargeräte“), mit dem du überprüfen kannst, ob der (...) PKW die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit überschreitet.“ so noch nie besprochen wurde, sind Kompetenzen des Bereichs *Erkenntnisgewinnung* betroffen. Geht es nur um Sachverhalte bekannten Fachwissens, würden sie zum Bereich *Modelle und Experimente nutzen* gehören, wie es bei der entsprechenden Muster-Schulaufgabe in III.2.1 zugrunde gelegt wurde.

Die Überarbeitung der Aufgabe zum Potentialtopfmodell in III.1.4 zeigt exemplarisch auf, wie der Schwerpunkt von *Modelle und Experimente nutzen* zum Bereich *Erkenntnisgewinnung* verschoben werden kann.

25 Rieu et al. (2020) und Becker (2022)

Kompetenzmatrizen für den LehrplanPLUS

Es gibt verschiedene Übersichten, die eine Zuordnung der Kompetenzerwartungen des LehrplanPLUS zu den Kompetenzbereichen vornehmen.²⁶ Sie zeigen, welche Kompetenzbereiche in besonderer Weise von diesem Teil des Lehrplans angesprochen werden. Idealerweise wird schon bei der Vorbereitung des Unterrichtsgangs mitgeplant, welche Prüfungsaufgaben zum Unterricht passen. Durch die Kompetenzmatrix können Anregungen gewonnen werden, bei welcher Kompetenzerwartung eine bestimmte Kompetenz besonders gut in einer Prüfung berücksichtigt werden kann. Durch einen Abgleich der Kompetenzmatrix mit der Einschätzungsmatrix der Prüfung ist außerdem ersichtlich, ob die Schwerpunktsetzung der konkreten Prüfung mit der des Lehrplans korrespondiert, oder ob hier noch Nachbesserungsbedarf besteht.

Das im Kapitel I.2 vorgestellte Beispiel der detaillierten Kompetenzmatrix zum Lernbereich 10.4 des LehrplanPLUS zeigt, dass *Kommunizieren* und *Bewerten* in diesem Lernbereich eine große Rolle spielen. Es ist daher beispielsweise naheliegend, in einer Leistungserhebung zu diesem Lernbereich Teilaufgaben zur Bewertung zu integrieren. Die bei den verschiedenen Kompetenzerwartungen des Lehrplans (hier: KE 1, KE 5, KE 6) angesprochenen Kompetenzen (hier: B1, B2, B4, B5) können direkt aus der Matrix abgelesen werden.

	KE 1	KE 2	KE 3	KE 4	KE 5	KE 6
Modelle und Experimente nutzen						
Modelle und Theorien einsetzen und beschreiben		S1, S3	S1, S3	S3		
Verfahren und Experimente durchführen und erklären		S7	S7	S6, S7		
Erkenntnisse gewinnen						
Fragestellungen und Hypothesen identifizieren und formulieren						
Modelle und Verfahren begründet einsetzen		E4				
Ergebnisse der Prozesse physikalischer Erkenntnisgewinnung einschätzen				E6		
Wissenschaftliche Aussagen und Methoden reflektieren						
Kommunizieren						
Informationen erschließen	K1, K2					
Informationen aufbereiten						K4
Informationen austauschen						K9
Bewerten						
Informationen beurteilen	B2				B1, B2	
Eigene Standpunkte entwickeln und vertreten					B4	B4
Entscheidungsprozesse reflektieren					B5	

26 In der Online-Version des LehrplanPLUS kann man durch Setzen eines entsprechenden Hakens die hauptsächlich angesprochenen Kompetenzbereiche jeder Kompetenzerwartung anzeigen lassen. In vielen Physik-Sammlungen hängt das Übersichts-Plakat zum LehrplanPLUS, welches auch auf der ISB-Homepage zu finden ist und entsprechende Informationen bietet. Im LIS finden sich die ausgefüllten Kompetenzmatrizen zum LehrplanPLUS, sie sind auch im Anhang der Digitalversion dieser Handreichung.

1.3 Passender Umgang mit Operatoren

Operatoren sind kompetenzbeschreibende Verben. Sie signalisieren, welche Tätigkeiten beim Bearbeiten der Aufgaben erwartet werden. Sie geben die angestrebte Tiefe der Antwort vor und helfen daher, die Intention der Prüfungsaufgabe besser zu verstehen.

W-Fragen sind den Schülerinnen und Schülern aus dem Unterricht sehr vertraut – und dort auch oft gerechtfertigt, sie dienen im günstigsten Fall der sokratischen Erkenntnisgewinnung. Sie können allerdings als unaufrechte Scheinfragen empfunden werden – die Lehrkraft weiß die Antwort ja ohnehin. Daher sollte die rhetorische Frage „wie ist der Stein gefallen“ ersetzt werden durch den treffenderen Auftrag „beschreibe deine Beobachtung“. Implizite Spielregeln für solche W-Fragen zeigen sich gut an vordergründig lustigen Schülerantworten: der Lehrkraft genügt die korrekte Antwort „Nein“ bei der Frage „Wird der Ball wieder die Anfangshöhe erreichen?“ nicht. Sie ist bei „Welche Kraft wirkt auf den Ball?“ nicht zufrieden mit der Antwort „die Kraft F“. Während der Einsatz von W-Fragen im Unterrichtsgespräch und auch in Aufgaben, solange er reflektiert erfolgt, durchaus legitim ist, haben W-Fragen bei Leistungsmessungen deutliche Nachteile. Typischerweise ist mit ihnen eine große Unschärfe verbunden. Beispielsweise wird bei „Was ist eine Transversalwelle?“ möglicherweise eine Definition erwartet, möglicherweise aber auch ein Beispiel oder eher eine Abgrenzung von anderen Wellenarten. „Wo findet Induktion eine praktische Anwendung?“ kann auf möglichst viele Beispiele zielen oder auf inhaltlichen Tiegang in der Erläuterung nur eines Beispiels. In den aktuellen Schulbüchern sind die W-Fragen fast durchgehend durch Operatoren abgelöst, sie tauchen dort höchstens noch in Kombination mit Operatoren auf.

Vereinfachte Liste der wichtigsten Operatoren im Fach Physik

Erfreulicherweise geben Schulbücher zum LehrplanPLUS meist explizite Hinweise auf das passende Verständnis der wichtigsten Operatoren. Es ist aber weiterhin Aufgabe der Lehrkraft, die Schülerinnen und Schüler in altersgemäßem Umfang mit den für sie relevanten Operatoren vertraut zu machen. Ein routinierter Umgang entsteht durch regelmäßige und stimmige Verwendung im Unterricht und auch in den Leistungsnachweisen.

Die am häufigsten verwendeten Operatoren werden im Folgenden erläutert. Grundlage ist die Operatorenliste für die Naturwissenschaften des Instituts zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB), diese ist Grundlage für die Abiturprüfungen aller Bundesländer.²⁷ Die Beschreibung einzelner Operatoren wurde zur eindeutigeren Verständlichkeit noch etwas konkretisiert. Neben den Begriffen dieser Liste können natürlich weiterhin Worte verwendet werden, deren standardsprachliche Verwendung klar genug sind (z. B. „unterstreiche“, „kreuze alle richtigen Antworten an“ oder „fasse zusammen“).

abschätzen	durch begründete Überlegungen Größenwerte angeben (z. B. in Form einer Überschlagsrechnung)
angeben/nennen	Formeln, Regeln, Sachverhalte, Begriffe oder Daten ohne Erläuterung aufzählen bzw. wiedergeben
begründen/nachweisen/zeigen	Gründe oder Argumente für eine Vorgehensweise oder einen Sachverhalt nachvollziehbar darstellen (auch eine rechnerische Bestätigung ist möglich)
berechnen	die Berechnung ist ausgehend von einem Ansatz darzustellen
beschreiben	Beobachtungen, Strukturen, Sachverhalte, Methoden, Verfahren oder Zusammenhänge strukturiert und unter Verwendung der Fachsprache formulieren
bestimmen/ ermitteln	nachvollziehbar ein Ergebnis oder einen Zusammenhang rechnerisch, graphisch oder experimentell finden
beurteilen	zu einem Sachverhalt ein Sachurteil fällen, das mithilfe fachlicher Kriterien zu begründen ist
bewerten	zu einem Sachverhalt ein Werturteil fällen, das unter Berücksichtigung gesellschaftlicher Werte und Normen zu begründen ist; dabei muss die Argumentation stets auch Bezüge zur Physik haben
entscheiden	wenn zur Entscheidung eine Begründung erwartet wird, muss diese ausdrücklich, z. B. durch „entscheide begründet“, eingefordert werden

27 s. Einheitliche Operatorenliste <https://www.iqb.hu-berlin.de/abitur/dokumente/naturwissenschaften>

erklären	einen Sachverhalt oder Zusammenhang nachvollziehbar und verständlich machen, indem man ihn auf Fakten, Regeln und Gesetzmäßigkeiten zurückführt
erläutern	einen Sachverhalt oder Zusammenhang veranschaulichend darstellen und durch zusätzliche Informationen (etwa durch selbst gewählte Beispiele oder Vergleiche) verständlich machen
herleiten	mithilfe bekannter Gesetzmäßigkeiten einen Zusammenhang zwischen Größen herstellen
skizzieren	Sachverhalte, Prozesse, Strukturen oder Ergebnisse übersichtlich (und auf das Wesentliche reduziert) graphisch darstellen
Stellung nehmen	zu einer Aussage oder Problemstellung verschiedene Aspekte (z. B. Pro und Kontra oder Aspekte aus verschiedenen Blickwinkeln) reflektiert gegeneinander abwägen und zu einer abschließenden, begründeten Bewertung gelangen
vergleichen	Gemeinsamkeiten und Unterschiede kriteriengeleitet herausarbeiten (die Kriterien müssen ersichtlich sein)
zeichnen	Objekte graphisch möglichst exakt darstellen

Häufen sich in einem Leistungsnachweis bestimmte Operatoren, so ist das in der Regel ein deutlicher Indikator dafür, dass nachjustiert werden sollte (vgl. Checkliste).

Eine Zuordnung bestimmter Operatoren zu damit abgedeckten Kompetenzbereichen ist nur in Ausnahmefällen möglich. Exemplarisch soll nochmals der Kompetenzbereich Kommunizieren betrachtet werden. Nicht jede ausformulierte Darstellung von Zusammenhängen fällt darunter – im Fach Physik tauschen die Schülerinnen und Schüler Informationen mit Kommunikationspartnern dann kompetent aus, wenn sie Informationen aus Quellen entnehmen, überzeugend präsentieren und sich reflektiert an fachlichen Diskussionen beteiligen. Der Operator alleine kann solche hinreichenden Rahmenbedingungen nicht aufzeigen.

Typische Fehleinschätzungen zum Bereich Bewerten:

Die Aufgabenformulierung „Der Tüftler (...) bewirbt sein Konzept mit folgender Aussage: »Wenn das Fahrzeug einmal in Schwung ist, kann es sich – anders als ein Fahrzeug mit Verbrennungsmotor, dem irgendwann das Benzin ausgeht – ohne weitere Energiezufuhr unbegrenzt weit bewegen, weil der Akku permanent nachgeladen wird. Bewerten Sie diese Aussage.“ wäre unpassend formuliert, da keine gesellschaftlichen Werte und Normen zur Begründung herangezogen werden sollen. Ein zutreffender Operator wäre „beurteilen“.

Wenn die Prüflinge Pressemeldungen, die den Exoplaneten CoRoT-7b als „zweite Erde“ titulierten, einordnen sollen, wäre der Operator „bewerten“ nur dann korrekt, wenn beispielsweise Kritik an journalistischer Sensationsgier mit der Absicht der Auflagensteigerung erwartet wird. Wenn die Aufgabenstellung darauf abzielt, dass die inhaltliche Richtigkeit dieser Gleichsetzung untersucht werden soll, ist „Diskutieren Sie die Möglichkeit, dass sich auf CoRoT-7b ähnliche Lebensformen wie auf der Erde entwickelt haben und somit tatsächlich eine mögliche zweite Erde gefunden wurde“ eine passendere Formulierung

Natürlich befreit die Verwendung von Operatoren nicht von der Gefahr, zu unpräzise zu formulieren. Zeigt man beispielsweise Bilder eines Experiments und formuliert „Beschreibe die beiden folgenden Versuche“, dann ist unbestimmt, ob nur der Ablauf der Experimente (der ja in der Aufgabenstellung ohnehin zu sehen ist) wiedergegeben oder ob auch beobachtete Phänomene beschrieben werden sollen. Besser wäre eine eindeutigere Formulierung wie „Beschreibe die Beobachtungen, die man beim dargestellten Versuch macht“ – wenn es um die Phänomene geht – oder „Erläutere die Beobachtungen, ...“ – wenn eine Begründung der Vorgänge mithilfe physikalischer Sachverhalte erwartet wird.

1.4 Exemplarisch: Prüfungsaufgaben gestern und heute

Beim Abitur 1952 wurden die Physikaufgaben vernehentlich nicht an das Gymnasium Weilheim über sandt.²⁸ Erst nach mehr als zwei Stunden waren sie telefonisch übermittelt und vervielfältigt. Diese Anekdote und die faksimiliert wiedergegebene Abiturprüfung zeigen beispielhaft, wie sehr sich Anforderungen an Physik-Prüfungsaufgaben im Laufe der Zeit verändert haben.

Ein Ziel des Physikunterrichts ist die Qualifizierung der Schülerinnen und Schüler für das Abitur. Alleine schon deshalb hat die Gestaltung des Abiturs Rückwirkungen auf „normale“ Prüfungen. Auch aus diesem Grund werden Wandlungen in den Aufgabenstellungen der Abiturprüfung regelmäßig in den Kontaktbriefen thematisiert und auf Fachschaftsleitungs-Tagungen diskutiert. Da das Abitur von einer vielköpfigen Gruppe erfahrener Lehrkräfte auf der Grundlage von Aufgabeneinreichungen mit viel Zeiteinsatz erstellt wird, können die Bildungsstandards in den Abitur-Aufgaben vordbildlich umgesetzt werden. Ein solcher Aufwand ist von einer einzelnen Lehrkraft nicht leistbar – aber durch bewusste Orientierung am Abitur kann ein Teil des dort investierten Erfahrungsschatzes nutzbar gemacht werden.

Abituraufgaben im Vergleich

Ein 2011 fertig erarbeiteter Satz an Prüfungsaufgaben für das Abitur wurde zehn Jahre später von der Abiturkommission nochmals von Grund auf überarbeitet. Die Mehrzahl der Teilaufgaben wurde dabei unverändert übernommen – das zeigt, dass sich die Qualitätsmaßstäbe auch im Abstand von einem Jahrzehnt nicht drastisch verändert haben. Der Vergleich im Detail ermöglicht einen interessanten Blick auf Veränderungen der Aufgabenkultur des bayerischen Physikabiturs.

Zusammengefasst lassen sich die Veränderungen der Prüfungsaufgaben so beschreiben:

- Die Aufgaben wurden typischerweise länger bzw. beinhalten mehr Text – das muss geübt werden, vor allem der „Neu-einstieg“ nach einer vielleicht nicht richtig gelösten Teilaufgabe,
- sie besitzen in der Regel einen „roten Faden“ bzw. eine Einbettung in eine Rahmenhandlung oder / und eine realitätsnahe Situation als Anknüpfungspunkt – das erhöht den Komplexitätsgrad, wenn solche Szenarien nicht geübt wurden,
- es wurden Aufgaben speziell zu den Kompetenzbereichen Erkenntnisgewinnung, Bewerten und Kommunizieren ergänzt, die in den letzten zehn Jahren zunehmend auch im Abitur alltäglich wurden – mit denen die Schülerinnen und Schüler Erfahrungen gesammelt haben müssen,
- die Formulierungen erfolgen durchgängig mit Operatoren – diese Operatoren müssen den Schülerinnen und Schülern vertraut sein,
- und schließlich hat sich die Verwendung der Operatoren in den letzten Jahren in mehrfacher Hinsicht verändert. Es gibt eine größere Vielzahl unterschiedlicher Operatoren. Weniger häufig lautet der Auftrag „berechne“, offenere Operatoren wie „zeigen“ oder „ermitteln“ haben zugenommen, aber auch „nennen“ und „angeben“ wurde häufiger. „Erkläre“ wurde weniger, „erläutere“ mehr. Der Einsatz von „abschätzen“, „beurteilen“, „bewerten“, „vergleichen“, „Stellung nehmen“ oder „Hypothesen aufstellen“ hat sich etabliert. Der Umfang der erwarteten Antwort wird klarer vorgegeben, teilweise durch explizite Angabe „Gehen Sie dabei auf drei Aspekte ein.“

I. Mechanik.

Eine Kugel wird an einer Schnur in einem vertikalen Kreis mit dem Radius r geschwungen:

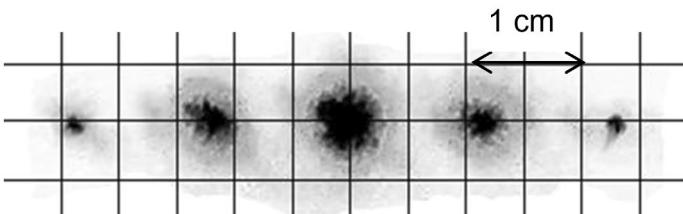
- 1) Wie gross muss die Geschwindigkeit der Kugel im höchsten Punkt des Kreises mindestens sein, damit die Schnur gespannt bleibt ?
- 2) Wie gross ist in diesem Falle die Geschwindigkeit im tiefsten Punkt des Kreises ?
- 3) Wie gross ist die Fadenspannung, wenn die Kugel den tiefsten Punkt des Kreises passiert ?
- 4) Wie hoch stiege die Kugel, wenn der Faden in dem Augenblick abgeschnitten würde, in dem sich die Kugel genau nach oben bewegt ?
- 5) Zur Abgrenzung, der Zeit, welche die Kugel für einen vollen Umlauf braucht, lässt sich je ein Höchstwert und ein Mindestwert angeben, zwischen denen die Umlaufszeit liegt. Wie gross sind diese Werte ?

(Anleitung : Zur Berechnung des Höchstwertes der Umlaufszeit nehme man die bei der Kreisbewegung auftretende kleinste Geschwindigkeit als gleichbedeutend an, für den Mindestwert die grösste Geschwindigkeit.)

III. Elektr. und mechanische Schwingungen

- 1) Schildere den Ablauf der ungedämpften und gedämpften Schwingungen des elektr. Schwingungskreises und vergleiche damit die Schwingungen des Faden oder Schraubenfederpendels !
Gib an welche elektr. und mechanischen Größen und welche Überlegungen einander entsprechen !
Erläuternde Zeichnungen sind beizufügen.
- 2a) Wie wird die Dauer der ungedämpften Schwingung berechnet ? In welchen Einheiten sind die auftretenden Größen zu messen ? b) Ein elektr. Schwingungskreis mit veränderlicher Kapazität (Drehkondensator) unter festem Induktivität $0,5 \text{ mH}$ spricht gerade auf die Wellen des Mittelwellenbandes an ? Welchen Bereich hat der Drehkondensator ?
(Setze für die „Rechnung“ $\pi^2 = 10$)

Die geänderten Teilaufgaben können exemplarisch aufzeigen, in welchen Aspekten sich die Aufgabenkultur hauptsächlich wandelte, farblich hervorgehoben sind Streichungen (rot) bzw. Neufassungen (grün):

2011	2021
Beugungsgitter Mit einem Laserdrucker wurde auf eine Folie ein Strichgitter mit 60 Linien pro cm gedruckt. Der Strahl eines Laserpointers wird senkrecht auf die bedruckte Folie gerichtet und in 2,8 m Entfernung hinter der Folie entsteht nachfolgendes Interferenzbild auf kariertem Schulaufgabenpapier.	Beugungsgitter Auf eine Folie ist ein Strichgitter mit 60 Linien pro cm gedruckt. Wird der Strahl eines Laserpointers senkrecht auf die bedruckte Folie gerichtet, dann entsteht in 2,8 m Entfernung hinter der Folie auf kariertem Papier das abgebildete Interferenzbild.
	
a) Fertigen Sie eine Skizze zum Versuchsaufbau an. b) Beschreiben Sie , wie unter Verwendung dieses Interferenzbildes die Wellenlänge des Laserpointers möglichst genau bestimmt werden kann und ermitteln Sie diese. Welche Farbe entspricht dieser Wellenlänge?	a) Ermitteln Sie mithilfe des abgebildeten Interferenzbildes möglichst genau die Wellenlänge des verwendeten Laserlichtes. Geben Sie die Farbe dieses Lichts an. b) Erläutern Sie zwei mögliche Fehlerquellen bei der Ermittlung der Wellenlänge des verwendeten Laserlichts. c) Inzwischen gibt es Lichtquellen, die gebündelt rotes, grünes und blaues Licht emittieren, so dass es als weiß wahrgenommen wird. Beschreiben Sie für das zentrale Maximum und das Maximum 1. Ordnung die Veränderung des Interferenzbildes im Vergleich zu Abb. 4, wenn das Strichgitter mit einer derartigen Lichtquelle beleuchtet wird. d) Nach der Erfindung des Lasers 1960 wusste man zunächst nicht so richtig, wozu die neue Erfindung eigentlich gut sein sollte. Der Erfinder des Lasers, Ted Maiman, sagte daher 1964: „Der Laser ist eine Lösung auf der Suche nach einem Problem“. Nennen Sie ein Anwendungsbeispiel des Lasers und erläutern Sie den technischen Fortschritt , der dabei durch die Verwendung des Lasers erzielt wurde.

Die Schülerinnen und Schüler sollen in der überarbeiteten Fassung die Methode der Wellenlängenbestimmung zusammenhängender erläutern. Zusätzlich eingefügt wurden Kompetenzen des Bereichs *Erkenntnisse gewinnen*. Die Ausweitung der Zahl der Teilaufgaben schlug sich in einer erhöhten Zahl an BE nieder.

2011	2021
Potentialtopf In einem eindimensionalen Potentialtopf der Länge ℓ mit unendlich hohen Wänden befindet sich ein Elektron.	Potentialtopfmodell Ein sehr einfaches Modell zur Modellierung der Energieniveaus der Atomhülle ist der eindimensionale Potentialtopf mit unendlich hohen Wänden. Im Folgenden soll untersucht werden, inwieweit dieses Modell beim Wasserstoffatom im Einklang mit experimentellen Befunden steht.
	a) Nennen Sie die Grundannahmen dieses Modells und erläutern Sie, dass sie für eine einfache Modellierung des Wasserstoffatoms geeignet erscheinen.
a) Skizzieren Sie qualitativ die Graphen der Wellenfunktionen Ψ_1 , Ψ_2 und Ψ_3 und ihrer Quadrate Ψ_1^2 , Ψ_2^2 und Ψ_3^2 für den Grundzustand und die ersten beiden angeregten Zustände im Potentialtopf. Geben Sie eine anschauliche physikalische Interpretation für die Nullstellen und Extrema der quadrierten Wellenfunktionen.	b) Ein einzelnes Elektron im Potentialtopf der Länge L wird durch eine Wellenfunktion Ψ beschrieben. Skizzieren Sie das Betragsquadrat der Wellenfunktion für die ersten drei Energieniveaus und geben Sie eine anschauliche physikalische Interpretation für die Hoch- und Tiefpunkte der skizzierten Funktionsgraphen.
b) Geben Sie eine allgemeine Formel für alle möglichen Wellenlängen λ_n ($n \in \mathbb{N}$) an, die einem Elektron im Potentialtopf der Länge ℓ zugeschrieben werden können; leiten Sie daraus die Formel für die hier möglichen Energiewerte des Elektrons her (nichtrelativistische Rechnung).	c) Leiten Sie eine Beziehung für die möglichen Energiewerte des Elektrons im Potentialtopf her und begründen Sie mithilfe der Unschärferelation, dass die kinetische Energie des Elektrons nicht null sein kann.
c) Berechnen Sie die Energiewerte des Elektrons in eV für den Grundzustand und die ersten beiden angeregten Zustände. Zeichnen Sie dazu ein Energieniveauschema. Im Folgenden ist $\ell = 5,0 \cdot 10^{-10}$ m.	
d) Ein Elektron befindet sich im zweiten angeregten Zustand. Beim Übergang in einen Zustand niedrigerer Energie wird Energie in Form von Photonen frei. Berechnen Sie die möglichen Energiewerte dieser Photonen und zeichnen Sie die zugehörigen Übergänge in das Energieniveauschema aus Teilaufgabe 1c ein.	d) In der Realität gibt das Wasserstoffatom beim Übergang des Elektrons vom zweiten angeregten auf den ersten angeregten Zustand eine Energie von 1,9 eV in Form eines Photons ab. Geben Sie die Farbe des dazugehörigen Lichts an. Berechnen Sie die Länge L des Potentialtopfs, wenn das Modell diese Energie für den genannten Übergang liefern soll. [zur Kontrolle: $L = 9,9 \cdot 10^{-10}$ m]
e) Durch Absorption eines Photons gelangt ein Elektron in einen Zustand höherer Energie. Bestimmen Sie die größtmögliche Wellenlänge von Photonen, die absorbiert werden können.	e) Berechnen Sie im Potentialtopfmodell mit der in Teilaufgabe d ermittelten Länge die Energiedifferenz zwischen dem ersten angeregten Zustand und dem Grundzustand. Geben Sie den Spektralbereich des dabei emittierten Lichts an und vergleichen Sie diesen mit den experimentellen Befunden beim Wasserstoffatom.
	f) Geben Sie ausgehend von den Teilaufgaben d und e eine Übereinstimmung sowie einen Unterschied zwischen den Aussagen des obigen Potentialtopfmodells und den experimentellen Befunden beim Wasserstoffatom an.
	g) Das Modell des eindimensionalen Potentialtopfes wird auch zur Modellierung der Energiezustände in Atomkernen verwendet. Vergleichen Sie die beiden Modelle für Atomhülle und Atomkern hinsichtlich der Form des Potentialtopfes sowie der Größenordnungen der auftretenden Energien und Abmessungen.

Der Charakter der Modellbildung wird deutlicher betont. Statt innerhalb des Modells quantitative Aussagen zu treffen, sollen nun Vergleiche zwischen der Vorhersage des Modells und den experimentellen Befunden gezogen bzw. das Modell geeignet angepasst werden (Teilaufgaben d und e). Es wird nun mehr Wert auf anschauliche Deutungen und kommunikative Aspekte gelegt. Diese stärkere Betonung von Kompetenzen aus dem Bereich *Erkenntnisse gewinnen* zeigt sich auch in den neu hinzugefügten Teilaufgaben f und g.

2011	2021
Kaliumdünger Zur Düngung stark beanspruchter Grünflächen wie Fußballrasen wird kaliumhaltiger Mineraldünger verwendet. Ab Werk wird der Dünger in Güterwagons zu je 50 t Ladung befördert. Der Kaliumanteil an der Düngermasse beträgt 17 %, das radioaktive Isotop ^{40}K ($T_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9$ a) wiederum hat einen Anteil von 0,012 % an der gesamten Kaliummasse.	Kaliumdünger Kaliumhaltiger Mineraldünger wird zur Düngung stark beanspruchter Grünflächen wie beispielsweise Fußballrasen verwendet. Ab Werk wird der Dünger in Güterwagons zu je 50 t Ladung befördert. Der Kaliumanteil an der Düngermasse beträgt 17 %, das radioaktive Isotop ^{40}K ($T_{1/2} = 1,3 \cdot 10^9$ a) wiederum hat einen Anteil von 0,012 % an der gesamten Kaliummasse.
a) Berechnen Sie die Aktivität A eines voll beladenen Waggons auf Grund seines Gehalts an ^{40}K . [zur Kontrolle: $A = 2,6 \cdot 10^8$ Bq]	a) Berechnen Sie die von ^{40}K verursachte Aktivität A eines voll beladenen Waggons. [zur Kontrolle: $A = 2,6 \cdot 10^8$ Bq]
b) ^{40}K ist ein radioaktives Nuklid, das überwiegend β -Strahlen emittiert. Geben Sie die Zerfallsgleichung für diesen β^- -Zerfall an und berechnen Sie die bei einem Zerfall frei werdende Reaktionsenergie Q. [zur Kontrolle: $Q = 1,3$ MeV]	b) ^{40}K emittiert überwiegend β -Strahlung. Geben Sie die Zerfallsgleichung für diesen β^- -Zerfall an und berechnen Sie die pro Zerfall frei werdende Reaktionsenergie Q. [zur Kontrolle: $Q = 1,3$ MeV]
c) Berechnen Sie zunächst die im Wagon durch Zerfall von ^{40}K innerhalb von 24 h frei werdende Reaktionsenergie. Schätzen Sie damit ab, ob sich dadurch innerhalb eines Tages die Temperatur im Inneren des Wagons deutlich erhöht (um die Temperatur von 1,0 kg Mineraldünger um 1,0 K zu erhöhen, werden rund 0,8 kJ benötigt).	c) Berechnen Sie zunächst die im Wagon durch Zerfall von ^{40}K innerhalb von 24 Stunden frei werdende Reaktionsenergie. Entscheiden Sie begründet, ob sich die Temperatur im Inneren des Waggons innerhalb eines Tages merklich erhöht, wenn eine Energie von rund 0,80 kJ benötigt wird, um die Temperatur von 1,0 kg Mineraldünger um 1,0 °C zu erhöhen.
d) Zusätzlich zur Betastrahlung tritt beim Zerfall von ^{40}K noch Gammastrahlung auf. Erläutern Sie deren Entstehung. Welche der von ^{40}K emittierten Strahlungsarten könnten außerhalb des geschlossenen Wagons nachweisbar sein (kurze Begründung)?	d) Neben der β -Strahlung tritt bei einem anderen Zerfallsprozess von ^{40}K γ -Strahlung auf. Erläutern Sie deren Entstehung und beurteilen Sie für beide Strahlungsarten, ob durch diese außerhalb des geschlossenen Waggons Personen gefährdet werden.
	e) Stellen Sie zwei Verhaltensregeln beim Umgang mit dem Kaliumdünger auf einem Fußballplatz auf und begründen Sie diese.

Die in der Substanz weitgehend unveränderten Aufgaben werden mehr auf die Lebenswelt der Schülerinnen und Schüler und auf *komunikative Kompetenzen* ausgerichtet.

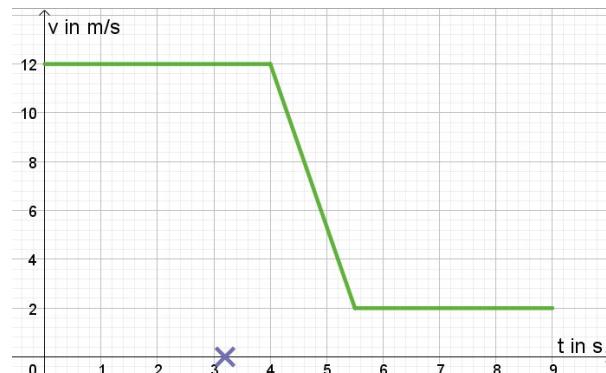
2. Beispiele für Prüfungsaufgaben

2.1 Großer schriftlicher Leistungsnachweis (Mechanik, Jgst. 8)

Aufgabe 1:

In einem Training für junge Autofahrer sollen sie ein Auto möglichst schnell auf Schrittgeschwindigkeit abbremsen. Ein Fahrer fährt dabei mit seinem PKW auf einer langen, geraden Straße. 3,2 s nach dem Start ertönt als Signal zum Bremsen eine Hupe (blaues Kreuz in der Abbildung). Aber erst 4,0 s nach dem Start beginnt er tatsächlich zu bremsen. Das Diagramm beschreibt diesen Bremsvorgang.

- a) Lies die Anfangsgeschwindigkeit aus dem Diagramm ab und berechne die Strecke, die das Fahrzeug zwischen dem Ertönen der Hupe und dem Beginn des Bremsens zurücklegt.



[3 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- b) Ermittle die ungefähre Kraft, die das Fahrzeug abbremst. Lies die dazu notwendigen Geschwindigkeiten und Zeitspannen aus dem Diagramm ab und schätze die Masse des PKW.

Modelle und Experimente nutzen

- c) Der Versuch wird bei sonst völlig unveränderten Bedingungen auf einer nassen Fahrbahn wiederholt. Gib an, wie sich die Schreckzeit, die Bremszeit und der Bremsweg verändern.

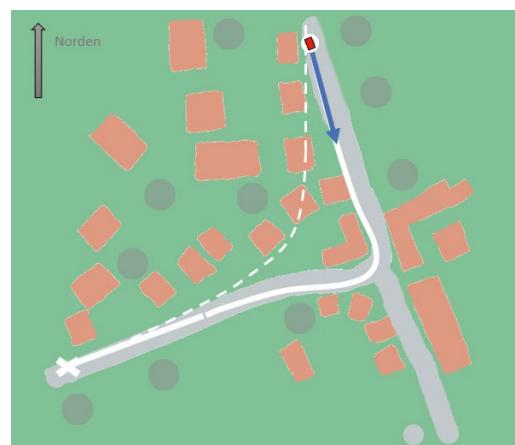
Erkenntnisse gewinnen

Aufgabe 2:

Die „Neue Zeitung“ berichtet von einem Verkehrsproblem und verschiedenen Lösungsvorschlägen:

Immer wieder kommt es in Hause bei der Kurve der Hauptstraße (siehe Skizze) zu schweren Unfällen. Fahrzeuge, die aus nördlicher Richtung kommen und entlang der Hauptstraße weiter fahren wollen (durchgezogene Linie), geraten oft aus der Kurve, obwohl sie die Geschwindigkeitsbegrenzung von $50 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ einhalten.

Einen Lösungsvorschlag brachten die Gemeinderäte der PFW (Partei für Freude und Wohlstand) ein. Sie wollen die Straßenführung an der Kurve ändern (gestrichelte Linie). Andere Parteien lehnen diesen Vorschlag entschieden ab.



- a) Beschreibe ein möglichst einfaches Vorgehen (d. h. keine „Laserpistole“ oder „Radargeräte“), mit dem du überprüfen kannst, ob der in der Skizze eingekreiste PKW die vorgeschriebene Höchstgeschwindigkeit überschreitet.

Erkenntnisse gewinnen

- b) Deine Messung ergibt eine Geschwindigkeit von $35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ für den eingekreisten PKW. Der Geschwindigkeitspfeil ist in der Skizze eingezeichnet. Dein Freund, der die Geschwindigkeit des PKW nach der Kurve an der mit dem Kreuz markierten Stelle gemessen hat, erhält ebenfalls $35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$. Zeichne den Geschwindigkeitspfeil des PKW an der mit dem Kreuz markierten Stelle ein und ermittle den Pfeil der Geschwindigkeitsänderung $\Delta \vec{v}$. [3 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- c) Dein Vater, dem du von deinen Ergebnissen berichtest, ist erstaunt. Er sagt: „Es gibt doch gar keine Geschwindigkeitsänderung, wenn vor und nach der Kurve jeweils $35 \frac{\text{km}}{\text{h}}$ gemessen wurden. Und woher kommt eigentlich die Kraft, wegen der die Autos aus der Kurve getragen werden?“ Erläutere ihm seine zwei Denkfehler. [5 BE]

Kommunizieren

In der Zeitung findest du folgenden Leserbrief:

Hier zeigt sich, dass die Gemeinderäte der PFW völlig an der Realität vorbei leben. Sie mögen zwar Recht haben, wenn sie sagen, dass ihr Vorschlag nach dem zweiten Newton'schen Gesetz das Problem lösen würde. Was sie aber außer Acht lassen, sind der Lärm, die Kosten und der Dreck, den eine solch massive Umbaumaßnahme machen würde. Diese Gemeinderäte wohnen vermutlich alle weit weg von der Kurve. Das Schlimmste ist natürlich, dass hier geplant wird ganze Häuser, in denen Menschen leben, abzureißen. Bei der letzten Wahl habe ich noch für die PFW gestimmt. Das werde ich sicher nicht mehr tun. Helmut Bär, Hausen

- d) Markiere im Leserbrief alle physikalischen Argumente blau, alle nichtphysikalischen Argumente grün. [2 BE]

Bewerten

- e) Erläutere mithilfe des zweiten Newton'schen Gesetzes, dass die Gefahr durch den Vorschlag der PFW reduziert wird, und gib einen weiteren sinnvollen Lösungsvorschlag an. [4 BE]

Kommunizieren

Kompetenzorientierung

In diesem Beispiel für einen großen schriftlichen Leistungsnachweis steht in Aufgabe 1 der Kompetenzbereich *Modelle und Experimente* nutzen deutlich im Vordergrund. Die Einschätzungsmaatrix zeigt, dass insgesamt alle Kompetenzbereiche des Faches Physik berücksichtigt sind.

Aufg. Nr.	BE	Schwerpunkte der Kompetenzbereiche				Rechnen, quantitative Untersuchungen	Anspruchsniveau		
		Modelle und Experimente nutzen	Erkenntnisse gewinnen	Kommunizieren	Bewerten		I	II	III
1a	3	3				3			
b	4	4				4			
c	2		2						
2a	3		3						
b	3	3				3			
c	5			5					
d	2				2				
e	4	1		3					
	26	11	5	8	2	10	7	15	4

Anmerkungen²⁹

Aufgabe 1 zeigt in den Teilaufgaben a und b, dass natürlich auch klassische „Rechenaufgaben“ weiterhin Bestandteil eines kompetenzorientierten Unterrichts sind. Die erforderlichen Daten werden allerdings nicht einfach im einleitenden Text mitgeteilt, sondern müssen einem Diagramm entnommen werden. Bei der Lösung zu Teilaufgabe b kommt es beim Schätzen der PKW-Masse lediglich auf einen sinnvollen Bereich an. Um noch mehr auf den Kompetenzbereich Kommunizieren abzuzielen, könnten in Teilaufgabe b Änderungen im Diagramm zu beschreiben sein oder diese wären einem fiktiven Mitschüler zu erklären. In Teilaufgabe c steht die Erkenntnisgewinnung im Vordergrund, da die Auswirkungen der nassen Straße modelliert werden müssen. Bei einer Erhöhung der Arbeitszeit könnte hier auch der Operator „beurteile“ aufgegriffen werden und z. B. nach Konsequenzen aus den beschriebenen Zusammenhängen für den Straßenverkehr gefragt werden (angepasstes Fahrverhalten bei feuchten Witterungsbedingungen).

Die Teilaufgabe c von **Aufgabe 2** zielt auf *kommunikative Kompetenz*. Die Aufgabe kombiniert zwei Fragestellungen zu einer Aussage, wie sie ein realer Gesprächspartner machen könnte. Je nachdem, wie stark dieser Kompetenzbereich zuvor entwickelt wurde, kann die Aufgabe für die Schülerinnen und Schüler auch weiter strukturiert und in zwei Teilaufgaben aufgeteilt werden. Der Leserbrief aus Teilaufgabe d greift die in Jgst. 7 eingeführte Unterscheidung von physikalischen und außerphysikalischen Bewertungskriterien auf. Die Aufgabe fordert nicht das Anfertigen einer eigenen Bewertung, sondern lediglich das Nachvollziehen einer vorgegebenen Bewertung. Dass dabei einzelne Punkte (der Lärm) unter Umständen plausibel beiden gefragten Kategorien zugeordnet werden können, liegt im Wesen des Faches Physik. Relevant ist nicht, in welche dieser Kategorien Lärm eingeordnet wird, sondern dass Lärm als Argument erkannt wird.

Wegen des Schwerpunkts im Kompetenzbereich *Kommunizieren* und dem anwendungsorientierten Kontext ist der Textanteil erhöht, hier durch die Texte aus der Zeitung. Textarbeit in einem naturwissenschaftlichen Kontext muss im vorhergehenden Unterricht geübt und beim Zeitbudget der Prüfung beachtet werden. Die Aufforderung zur Nennung eines alternativen Lösungsvorschlags in Teilaufgabe e soll den Schülerinnen und Schülern die Gelegenheit geben zu zeigen, dass sie den Sachzusammenhang auf Basis des vorgegebenen Materials erfasst haben.

29 Dieser Leistungsnachweis ist mit weiterführenden Informationen im LIS zu finden, die Anmerkungen wurden hier stark gestrafft.

2.2 Großer schriftlicher Leistungsnachweis (Elektrik, Jgst. 8)

Aufgabe 1:

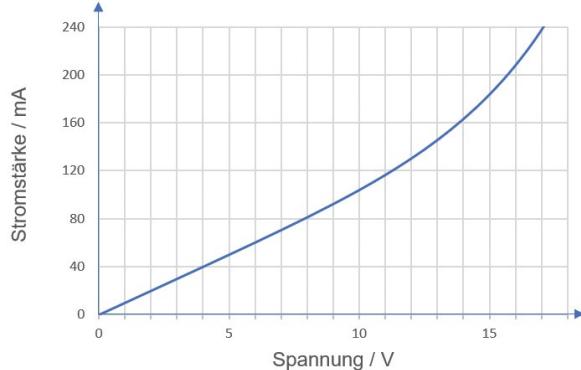
Für ein Bauteil wurde die nebenstehende U-I-Kennlinie experimentell bestimmt.

- a) Bestimme den Widerstand des Bauteils bei einer Spannung von 8 V. [4 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- b) Zeichne die U-I-Kennlinie eines Ohm'schen Widerstands mit $R = 100 \Omega$ in obiges Diagramm ein. Beurteile ohne Rechnung, ob das experimentell untersuchte Bauteil bei 16 V einen Widerstand hat, der größer oder kleiner ist als 100Ω . [4 BE]

Modelle und Experimente nutzen



Aufgabe 2: Gefahren durch elektrischen Strom

- a) Ein Föhn hat einen Widerstand von 35Ω . Berechne die Stromstärke im Föhn, wenn dieser im Haushaltsnetz (230 V) betrieben wird. [4 BE]

Modelle und Experimente nutzen

„Alte“ Badewannen aus der ersten Hälfte des letzten Jahrhunderts wurden ebenso wie deren Wasserabflussrohre meist aus Blech oder Eisen gefertigt. Heute werden in den meisten Haushalten Badewannen aus Acryl, d. h. aus Kunststoff verwendet, weil man hier die Farben frei wählen kann und diese Wannen einfacher zu reinigen sind. Auch bei den Abflussrohren hat sich Kunststoff durchgesetzt, hier allerdings, weil er sehr leicht ist.

- b) Begründe, dass moderne Badewannen keine leitenden Verbindungen mit dem Erdboden haben, die „alten“ Badewannen hingegen schon. [4 BE]

Kommunizieren

Eine Person entscheidet, sich in der mit Wasser gefüllten Badewanne zu föhnen, weil sie meint, dass sie durch den in ihrem Hausnetz verbauten RCD (Fehlerstrom-Schutzschalter) ausreichend geschützt sei, falls der Föhn aus Versehen ins Wasser fiele.

- c) Erkläre, dass es bezüglich der Auslösung des RCD (Fehlerstrom-Schutzschalter) einen Unterschied darstellt, ob der Föhn in eine moderne Badewanne oder in eine „alte“ Wanne fällt. Beachte dabei, dass ein Föhn keinen Schutzleiter besitzt. [4 BE]

Erkenntnisse gewinnen; Modelle und Experimente nutzen

In der Gebrauchsanweisung des Föhns findet man den Warnhinweis, dass ein Föhn sich nicht in der Nähe einer mit Wasser gefüllten Badewanne befinden darf.

- d) Bewerte die Entscheidung der Person, sich trotzdem in der Wanne zu föhnen. Gehe dabei auf einen physikalischen und einen nicht-physikalischen Aspekt ein. [3 BE]

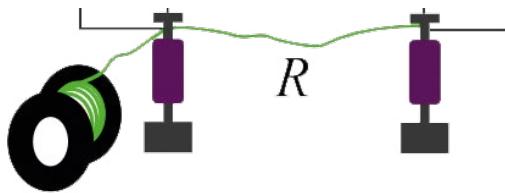
Bewerten

Aufgabe 3: Der Widerstand eines Drahts

In einem Versuch soll der Zusammenhang zwischen dem Widerstand eines Eisendrahtes und dessen Länge untersucht werden. Neben einer Drahtrolle und Befestigungen für den Draht (siehe Abbildung unten) stehen Experimenterkabel, mehrere Multimeter und ein Gleichspannungsnetzgerät zur Verfügung.

- a) Ergänze den dargestellten Versuchsaufbau unter Verwendung der üblichen Schaltsymbole hier auf dem Angabenblatt so, dass du die nötigen Messungen durchführen kannst. Beschrifte die Messgeräte. [4 BE]

Erkenntnisse gewinnen



- b) Beschreibe die Durchführung des Versuchs. [3 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- c) Entscheide, welche der folgenden Aussagen richtig ist und begründe deine Entscheidung mithilfe eines Modells:
Eine Verdreifachung der Länge des Eisendrahts führt zu

- einer Verdreifachung des Widerstands,
- einer Drittteilung des Widerstands,
- keiner Änderung des Widerstands.

[4 BE]

Erkenntnisse gewinnen

Kompetenzorientierung

In diesem Beispiel für einen großen schriftlichen Leistungsnachweis steht zu Beginn *Modelle und Experimente nutzen* deutlich im Vordergrund. Wie die Einschätzungsmaatrix zeigt, sind alle Kompetenzbereiche des Faches Physik berücksichtigt.

Physik Schulaufgabe Elektrischer Strom

Kompetenzbereiche – Anspruchsniveau

Aufg. Nr.	BE	Schwerpunkte der Kompetenzbereiche				Rechnen, quantitative Untersuchungen	Anspruchsniveau		
		Modelle und Experimente nutzen	Erkenntnisse gewinnen	Kommunizieren	Bewerten		I	II	III
1a	4	4				4			
b	4	4				2			
2a	4	4				4			
b	4			4					
c	4	2	2						
d	3				3				
3a	4	2	2						
b	3	2	1						
c	4		2	2					
	34	18	7	6	3	10	19	11	8

Anmerkungen³⁰

Da sich **Aufgabe 1** sehr eng an den Unterricht anlehnt, ist sie als leichte Einstiegsaufgabe für die Prüfung besonders geeignet.

Aufgabe 2 prüft in Teilaufgabe a die Anwendung der Definitionsgleichung des elektrischen Widerstands auf einem erhöhten Niveau, da die Schülerinnen und Schüler hier das Umstellen der Formel und den Umgang mit der Genauigkeit von Werten beherrschen müssen. Bei der Bewertung wird explizit 1 BE auf die – auch im Unterricht eingeforderte – ausführliche Rechnung und den Umgang mit Einheiten vergeben. Teilaufgabe b ist fachlich einfach gehalten, der Fokus liegt auf der Überprüfung von Kompetenzen des Bereichs *Kommunizieren*. Gefordert werden die Entnahme von relevanten Informationen aus einem Text und die kausal korrekt strukturierte Begründung einer vorgegebenen physikalischen Aussage. Der Zeitaufwand wurde bei der Vergabe der BE berücksichtigt. Teilaufgabe c ist fachlich anspruchsvoller, sie erfordert Vorwissen zum RCD (Fehlerstrom-Schutzschalter). Die Schlüsse zur Wirksamkeit des Schutzschalters in zwei unterschiedlichen Anwendungsfällen stellt eine Transferleistung dar, der konkrete Anwendungsfall war im Unterricht nicht vorbesprochen. Mit Teilaufgabe d wird überprüft, ob die Schülerinnen und Schüler ein Bewusstsein für Gefahren des elektrischen Stroms entwickelt haben und in der Lage sind, unterschiedliche Handlungsoptionen mit fachlichem Bezug abzuwägen. Diese Art von Aufgaben bereitet in Jgst. 8 oft noch Schwierigkeiten. Bei der Bewertung sollte man bzgl. des nicht-physikalischen Aspekts großzügig sein.

Aufgabe 3 zielt auf die selbständige Planung eines Versuchs zur Messung von Stromstärke und Spannung, wobei die Änderung gegenüber Versuchen aus dem Unterricht hier nur in der Änderung des untersuchten Bauteils liegt (Teilaufgabe a) und die notwendige Variation der Drahtlänge explizit zu beschreiben ist (Teilaufgabe b). Teilaufgabe c prüft die Verwendung von eingeführten Modellen für die Modellierung von neuen experimentellen Situationen ab.

30 Dieser Leistungsnachweis ist in erweiterter Form und mit weiterführenden Informationen im LIS zu finden, diese Anmerkungen wurden hier stark gestrafft.

2.3 Schriftliche Leistungsnachweise nach Phasen eigenverantwortlichen Arbeitens (EVA)

Vorbemerkungen

Das Prinzip des eigenverantwortlichen Lernens als Bestandteil kompetenzfördernden Unterrichts wird in I.3 beschrieben. Der LehrplanPLUS der Jgst. 11 sieht zu drei Themen jeweils eine längere Unterrichtsphase eigenverantwortlichen Erarbeiten physikalischer Inhalte vor (in den Jgst. 12 und 13 wird EVA in dann geringerem Umfang fortgeführt). Im Lehrplaninformationssystem findet sich ein dazu passendes Unterrichtskonzept nebst Materialien³¹. Die Schülerinnen und Schülern erarbeiten sich diese Inhalte beispielsweise in Form von arbeitsteiliger Gruppenarbeit mit passend integrierten Plenumsphasen, die ein gemeinsames Lernergebnis sichern. Leistungsnachweise müssen diese besondere Situation berücksichtigen, die nachfolgenden Aufgaben sollen Möglichkeiten dazu demonstrieren.³² Jede dieser Aufgaben kann unmittelbar nach Abschluss der entsprechenden Stundensequenz als kleiner schriftlicher Leistungsnachweis eingesetzt werden, ggf. um weitere Aufträge ergänzt. Sie kann aber auch Teil eines großen schriftlichen Leistungsnachweises sein. Dabei bieten sich Verknüpfungen verschiedener Inhalte der EVA-Phasen untereinander an (z. B. kann sowohl die „Deutsche Physik“ als auch die Debatte um den anthropogenen Klimawandel veranschaulichen, wie aus ideologischen Gründen der wissenschaftliche Konsens infrage gestellt wird) oder Verknüpfungen mit Inhalten aus anderen Lernbereichen (z. B. Kreisbewegung / Gravitation mit den Gesetzen von Kepler, Foucault'sches Pendel mit der kopernikanischen Wende).

31 <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen/material/lernbereich/290869/fachlehrplaene/gymnasium/11/physik>

32 Weiterführende Informationen zu Leistungsnachweisen in Jgst. 11 sind im LIS zu finden.

Aufgabe 1

Der Zwergplanet Eris bewegt sich auf einer stark exzentrischen Ellipsenbahn um die Sonne. Im Perihel beträgt die Entfernung zur Sonne 38,272 AE und im Aphel 97,457 AE.

- a) Berechnen Sie die große Halbachse und die Umlaufdauer des Orbit. [4 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- b) Erläutern Sie, dass in der Zeit vor Kopernikus ein Himmelskörper wie Eris aus mindestens zwei Gründen nicht in das vorherrschende Weltbild passte. [3 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- c) Beschreiben Sie zwei wesentliche Änderungen, die die kopernikanische Wende für die Vorstellung von den physikalischen Abläufen im Sonnensystem brachte. Gehen Sie nachfolgend auf zwei Auswirkungen dieser Wende in weltanschaulicher Hinsicht ein. [4 BE]

Modelle und Experimente nutzen; Bewerten

- d) Bearbeiten Sie **eine** der drei folgenden Aufgaben: [8 BE]

- (i) Fassen Sie die Bildung des Planetensystems um die Sonne in etwa vier Schritten zusammen und beschreiben Sie diese kurz.
- (ii) Fassen Sie die Entwicklung des Universums in etwa vier Schritten zusammen und beschreiben Sie diese kurz.
- (iii) Geben Sie vier wesentliche Unterschiede von Sonne und Jupiter an und beschreiben Sie diese kurz.

Modelle und Experimente nutzen

Alternative Aufgabenvarianten wären möglich, beispielsweise:

- (i') Beurteilen Sie die Möglichkeit, dass es außerirdisches Leben in einer uns vertrauten Form gibt und wir davon gesicherte Kenntnis erhalten werden.
- (ii') Beurteilen Sie die Bedeutung der Hubble-Konstante für die Kosmologie.
- (iii') Beurteilen³³ Sie die Bedeutung der Sonne für Bewohner der Erde und für (eventuell existierende) Bewohner eines Planeten von Proxima Centauri.

Aufgabe 2

Nehmen Sie Stellung zur Aussage des folgenden Zitats, beziehen Sie es auf eine historische und eine aktuelle wissenschaftliche Diskussion.

„Wissenschaft ist unfehlbar, aber Wissenschaftler liegen oft falsch.“³⁴
(Anatole France, französischer Literaturnobelpreisträger *1844, †1924) [5 BE]

Bewerten

33 Durch den Operator bewerten kann diese Aufgabe auch auf Bewertungskompetenzen zielen.
34 Zit. n. Buchachenko (2020), S. 166

Aufgabe 3

- a) Erläutern Sie eine grundsätzliche Aussage zum Wirkungsgrad reversibler und irreversibler Vorgänge anhand eines selbstgewählten Beispiels. [3 BE]

Modelle und Experimente nutzen

- b) Sie planen einen Neubau für Ihr zukünftiges Wohnhaus, dafür werden verschiedene Heizungsanlagen diskutiert. In der örtlichen Tageszeitung findet sich das unten abgedruckte Interview mit einem Energieberater. Führen Sie eine Nutzwertanalyse durch. Entnehmen Sie dazu aus dem Text die notwendigen Informationen und vervollständigen Sie die teilweise ausgefüllte Entscheidungstabelle, wie im Unterricht besprochen. Entscheiden Sie sich dann für eine Heizungsart und begründen Sie Ihre Entscheidung nachvollziehbar. [8 BE]

Bewerten; Kommunizieren

Kriterien	Gas	Rang	Pellets	Rang	Solar-thermie	Rang		Rang
Installationskosten in Tausend €			17 bis 25		4 bis 10			
Betriebskosten in Cent/kWh			5,63		0,00			
Wartungs-/Betriebsaufwand	mittel				minimal		minimal	
Ressourcenverfügbarkeit/ Versorgungssicherheit			gut, aber begrenzt		nicht gegeben		abhängig von Strom	
Emissionen/Abfall	hoch/mittel						abhängig vom Strommix	

Tageszeitung: Was macht ein Energieberater überhaupt?

Energieberater: Ich berate Hauseigentümer, wenn es um Fragen der Energieversorgung eines Gebäudes geht. Das kann schon die richtige Lichtinstallation sein oder allgemein Tipps zum Energiesparen. In der Regel werde ich aber bei größeren Projekten wie der Installation einer Photovoltaikanlage oder der energietechnischen Planung eines Gebäudes herangezogen. Meistens geht es dann darum, bei einem Neu- oder Altbau Ratschläge zur Wärmedämmung und der Heizungsanlage zu geben.

T: Welche Heizungsanlage empfehlen sie dann? Was ist die beste Heizung?

E: Die beste Heizung gibt es nicht. Alle Heizarten haben verschiedene Vor- und Nachteile. In Deutschland werden auch im Jahr 2022 die meisten Gebäude mit fossilen Brennstoffen geheizt.

T: Warum wird nicht mehr mit emissionsärmeren, erneuerbaren Methoden geheizt?

E: Das hat verschiedene Gründe. Zum einen existieren viele Altbauten, die seit vielen Jahrzehnten mit Öl oder Gas beheizt werden. Da beides in der Vergangenheit problemlos und billig bezogen werden konnte, lohnte sich eine Umrüstung finanziell oft nicht. Zumal es mit einem alleinigen Wechsel der Heizungsanlage bei älteren Gebäuden in vielen Fällen nicht getan ist. Wärmepumpen sind beispielsweise am effizientesten, wenn sie das Wasser in den Heizungsrohren auf vergleichsweise geringe Temperaturen erwärmen. Bei gut gedämmten Neubauten oder bei Fußbodenheizung reicht das auch vollkommen aus. Viele alte Gebäude sind aber schlechter gedämmt und verfügen nur über klassische Heizkörper.

Bei neuen Gebäuden könnte man allerdings relativ leicht auf erneuerbare Energie setzen.

T: Warum wird dann nach wie vor auch in vielen Neubauten mit fossilen Brennstoffen geplant?

E: Die Neuinstallation von Ölheizungen ist gesetzlich eingeschränkt und spielt praktisch keine Rolle mehr. Gasheizungen dagegen waren zuletzt sehr beliebt. Das liegt vermutlich daran, dass Gasheizungen bequem, billig und bekannt waren. Der Kunde muss sich im Endeffekt um nichts kümmern, da das Gas bisher immer zuverlässig durch die Rohre geliefert wurde. Durch ihre weite Verbreitung sind die Anlagen ausgereift und es gibt genügend Fachkräfte zur Installation und Wartung. Im Jahr 2017 wurden aber erstmals mehr Wärmepumpen installiert als Öl- und Gasheizungen. Durch den Angriff Russlands auf die Ukraine haben außerdem die Zweifel und Vorbehalte gegenüber klassischen Verbrennungsheizungen zugenommen, was den Alternativen einen starken Aufschwung bringt. Auf einmal wird die Versorgungssicherheit durch fossile Brennstoffe kritischer gesehen und die Rohstoffpreise sind teilweise drastisch gestiegen. Hier sind aber auch die Kommunen gefragt.

T: Könnten Sie das näher ausführen?

E: Mit Sonnenenergie kann man einen Haushalt eh nie komplett heizen. Insbesondere in den kalten, dunklen Wintertagen reicht die Sonneneinstrahlung bei üblichen Gebäuden einfach nicht, um die Räume auf eine angenehme Temperatur zu bringen. Bei einer Dachfläche, die in einem passenden Winkel nach Süden geneigt ist, kann man aber mit Sonnenkollektoren entweder direkt Wasser erwärmen und an sonnigen Tagen nutzen oder eine Photovoltaikanlage installieren. Mit einer Photovoltaikanlage und einer Wärmepumpe kann ein Haus über das gesamte Jahr gesehen mehr Energie liefern als es selbst benötigt. Dazu müssen aber dann auch Wärmepumpen erlaubt sein, was in manchen Wohngebieten aufgrund der Lärmemissionen von den Kommunen verboten wird.

T: Das ist ein gutes Stichwort: Wie groß sind denn die Schadstoffemissionen und wie viel Abfall fällt an?

E: Abfall gibt es abgesehen von den Anlagen selbst nur bei Pellets. Da es aber reine Holzreste sind, ist die Entsorgung unbedenklich und wird teilweise sogar als Dünger verwendet. Gas verbrennt weitestgehend rückstandsfrei, sodass keine Asche anfällt. Sehr viel problematischer sind insgesamt die Abgase. Abgesehen vom Heizen mit Elektrospeicheröfen und Heizlüftern haben die fossilen Brennstoffe Öl und Gas wenig überraschend die höchsten CO_2 -Emissionen pro kWh Wärmeenergie. Pelletheizungen haben dagegen nur etwa 1/10 der CO_2 -Emissionen und Solarthermie überhaupt keine. Wärmepumpen liegen zwischen Pellets und Gas und ihre genauen Emissionen entsprechen den Werten des verwendeten Stroms. Je nach Kraftwerk werden unterschiedlich viel Schadstoffe, zu denen auch Stickoxide und Feinstaub gehören, freigesetzt; allerdings nicht in den Wohngebieten. Durch den weiteren Ausbau von regenerativen Energien im Strombereich kann sich die Bilanz auch noch deutlich verbessern. Zumal man bei modernen Wärmepumpen mit Hilfe von einer kWh Strom dem Raum etwa die vierfache Wärmeenergie zuführen kann.

T: Sollte man dann überhaupt einen Wechsel der Heizungsanlage anstreben?

E: Eine neue Heizungsanlage ist immer mit Kosten von mehreren Tausend Euro verbunden³⁵. Am billigsten sind noch Gasheizungen mit 6 000 € bis 10 000 €. Wärmepumpen, für die gegebenenfalls noch Erdbohrungen notwendig sind, können schnell auch 15 000 € oder gar 30 000 € kosten. Entsprechend halte ich den Tausch einer funktionierenden Heizungsanlage in den meisten Fällen finanziell für keine gute Idee.

T: Wie viel bringt ein Heizungswechsel?

E: Das kann man pauschal nicht sagen, da es sehr stark vom Gebäude, der Personenzahl, deren Temperaturempfinden und natürlich den Marktpreisen abhängt. Deswegen ein konkretes Beispiel: Ein Haushalt in einem Altbau wurde bisher mit einer Gasheizung geführt und benötigte 16 000 kWh. Im Jahr 2021 lag der durchschnittliche Gaspreis bei gut 6 ct/kWh. Damit ergaben sich jährliche Kosten von knapp 1000 €.

Der durchschnittliche Preis für Wärmepumpenstrom lag im Jahr 2021 mit 23,8 ct/kWh deutlich über dem Gaspreis. Wie zuvor erwähnt kann man mit einer kWh Strom aber vier kWh Wärme im Gebäude nutzen, wodurch der Haushalt trotzdem nicht mal 50 € sparen würde.

Saniert man hingegen den Altbau kann man durch Mehrfachverglasung und moderne Dämmmaterialien die Heizkosten teilweise sogar halbieren.

Nachdem 2022 die Energiepreise drastisch gestiegen sind, lohnen sich alle Energiesparmaßnahmen noch schneller, auch wenn gleichzeitig leider auch die Baumaterialien immer teurer geworden sind. Deswegen mein Rat: Sanieren Sie Ihr Gebäude! Die Umwelt und Ihr Geldbeutel werden es Ihnen danken.

T: Das sind doch gute Schlussworte. Vielen Dank für das Gespräch.

35 Zum Zeitpunkt der Fertigstellung der Handreichung waren die Preise so großen Erhöhungen in kürzester Zeit unterworfen, dass jede Wahl von Preisbeispielen innerhalb kürzester Zeit veraltete. Die Aufgabenvorlage muss in diesem Punkt bei jeder Verwendung neu überarbeitet werden.

Anmerkungen³⁶

Aufgabe 1 demonstriert eine Möglichkeit, wie nach einer Phase eigenverantwortlichen Arbeitens faire Prüfungsbedingungen gewährleistet werden können: Die ersten drei Teilaufgaben setzen bewusst keine über die Plenumsphase hinausgehende Auseinandersetzung mit den Inhalten voraus. Teilaufgabe d öffnet die Aufgabenstellung und gibt den Prüflingen eine Wahlmöglichkeit (wie es beispielsweise auch in Schulaufgaben im Fach Deutsch praktiziert wird). Dadurch soll vermieden werden, dass ein Vorteil dadurch entsteht, zufällig in der „richtigen“ Teilgruppe gewesen zu sein.

Aufgabe 2 fordert von den Schülerinnen und Schülern eine Bewertung, dies erfolgt ohne Bevorzugung einer bestimmten „Expertengruppe“. Aufgabenstellungen, die genau zu einer der Expertengruppe passen, wurden vermieden.

Aufgabe 3 legt Schwerpunkte in den Kompetenzbereichen Bewerten und Kommunizieren. Die bewusste Loslösung von einzelnen behandelten Inhalten wird durch eine materialgestützte Aufgabenstellung erreicht. Durch einen entsprechend konstruierten Text, der so auch in einer Zeitung stehen könnte, und durch die teilweise vorausgefüllte Entscheidungstabelle ist es möglich, die Fähigkeit zur Durchführung einer Nutzwertanalyse zu zeigen. Das benötigte Faktenwissen wird weitgehend mit dem Material geliefert. Vorausgesetzt wird, dass die Schülerinnen und Schüler mit einem bestimmten Vorgehen vertraut sind – je nach zugrunde gelegter Methodik sähe die Entscheidungstabelle ggf. anders aus (Gewichtung der Kriterien, Punkte statt Rangplatz etc.).

Zu dieser Aufgabe gibt es eine ausführlichere Version im LIS.

Alternativ zu dieser Vorgehensweise könnten beispielsweise auch in Fortführung und Vertiefung des Kompetenzerwerbs in Jgst. 9 Texte von Klimawandelleugnern zur Bewertung vorgelegt werden, eine den Schülerinnen und Schülern unbekannte Karikatur kann als Anknüpfungspunkt zu einer Stellungnahme dienen oder ein zuvor nicht eigens thematisierter Blickwinkel angerissen werden, beispielsweise Vor- und Nachteile einer dezentralen Energieversorgung oder gesellschaftliche und politische Rahmenbedingungen / Steuerungsmöglichkeiten für die Energieversorgung der Zukunft.

36 Dieser Leistungsnachweis ist in erweiterter Form und mit weiterführenden Informationen im LIS zu finden.

IV Bewertung und Korrektur von Aufgaben

1. Bewertung von schriftlichen Prüfungsaufgaben

In Schulaufgaben und Stegreifaufgaben stehen im Sinne des LehrplanPLUS vermehrt Aufgaben im Vordergrund, bei denen Schülerinnen und Schüler mit Modellen arbeiten, Versuche beschreiben, auswerten oder planen oder aus Texten Informationen entnehmen. Sie formulieren ihre Lösungen daher häufiger in Textform und in Abbildungen (Schaltbildern, Zeichnungen von Modellen, Diagrammen) und weniger in Form von Rechnungen.

Für die Lehrkräfte ergeben sich v. a. folgende Herausforderungen:

- kompetenzorientierte Prüfungsaufgaben korrekturfreundlich gestalten
- für Aufgabenteile mit Textproduktion einen altersgerechten Erwartungshorizont festlegen
- sinnvolle und praktikable Abstufungen bei der Bewertung festlegen
- Unschärfe bei der Bewertung von Texten akzeptieren

Lösungsansätze zur Bewältigung dieser Herausforderungen werden im Folgenden für die verschiedenen Kompetenzbereiche exemplarisch beleuchtet.

Die Angaben S1 bis S7, E1 bis E11, K1 bis K10 und B1 bis B8 bei den Aufgaben beziehen sich dabei auf die Kompetenzen, die in den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife³⁷ (BiStas, siehe auch I.2) beschrieben sind. Hierbei steht – wie in der Abbildung des Kompetenzstrukturmodells rechts illustriert ist – „S“ für Sachkompetenz (im bayerischen Kompetenzstrukturmodell bezeichnet als *Modelle und Experimente nutzen*), „E“ für Erkenntnisgewinnungskompetenz (*Erkenntnisse gewinnen*), „K“ für Kommunikationskompetenz (*Kommunizieren*) und „B“ für Bewertungskompetenz (*Bewerten*). Eine völlig trennscharfe Zuordnung der Kompetenzen zu Aufgaben ist in der Regel nicht möglich, meist sind bei einer Aufgabe mehrere Kompetenzen erforderlich.



Jedes der folgenden Unterkapitel, z. B. 1.3 Kommunizieren, umfasst Aufgaben, bei denen der genannte Kompetenzbereich im Vordergrund steht oder besonders interessant erscheint. Kompetenzen werden für diesen Kompetenzbereich genau zugewiesen (also in 1.3 die Kompetenzen K1 bis K10), bezüglich anderer Kompetenzen wird nur der Bereich (z. B. B) angegeben.

Für jeden Kompetenzbereich wird mindestens eine Aufgabe mit Bewertungsschema und Korrekturbeispiel dargestellt, i. d. R. sind mehrere weitere Beispiele mit Erwartungshorizont oder Bewertungsschema aufgeführt. Für den – in Leistungsnachweisen meist am wenigsten berücksichtigten – Kompetenzbereich Bewerten werden in 1.4 zusätzlich noch Aufgabenbeispiele ohne weitere Erläuterungen gezeigt. Bereits beschriebene Bewertungsschemata könnten problemlos auf diese Aufgaben übertragen werden.

Die abgebildeten Schülerlösungen wurden bzgl. des Schriftbilds durch Abschreiben oder Abtippen verfremdet, so dass sie nicht mehr einzelnen Schülerinnen oder Schülern zugeordnet werden können. Sie sind aber durchweg authentisch. Alle Aufgaben sind der gemäß LehrplanPLUS passenden Jahrgangsstufe zugeordnet, auch wenn sie noch im G8 erstellt und bearbeitet wurden.

Bei der Bewertung von Lösungen gilt immer der Grundsatz, dass gegenüber dem Erwartungshorizont gleichwertige Lösungswege und Begründungsansätze gleichberechtigt sind (vgl. Hinweise zur Korrektur und Bewertung der Abiturprüfung).

37 Kultusministerkonferenz (2020), S. 13-21

1.1 Modelle und Experimente nutzen

Das **Nutzen physikalischer Verfahren** (S4 bis S7) steht bei den folgenden zwei Aufgaben aus dem Lernbereich „Elektrischer Strom“ (Ph8 1) im Vordergrund:

Aus einer Schulaufgabe Ph8 1 4 BE	Für ein Bauteil wurde die nebenstehende U-I-Kennlinie experimentell bestimmt. Zeichne die U-I-Kennlinie eines Ohm'schen Widerstands mit $R = 100 \Omega$ in obiges Diagramm ein. Beurteile ohne Rechnung, ob das experimentell untersuchte Bauteil bei 16 V einen Widerstand hat, der größer oder kleiner ist als 100 Ω .	
Mögliche Bewertungsschemata (abgestimmt auf Unterrichtssituation, vgl. III)	1 BE für das Zeichnen einer Geraden (S6) 1 BE für deren richtige Steigung (S7) 1 BE für den Vergleich des Widerstandswertes (S7); Dieser Vergleich kann nur mit Worten oder unterstützt durch Einzeichnungen in die Grafik erfolgen. Die Darstellungsform von Widerständen im U-I Diagramm wird genutzt, um Informationen zu erschließen (hier also auch K3) 1 BE für das Verwenden der fachtypischen Argumentationsstruktur, um das Ergebnis unter Verwendung von Fachbegriffen zu begründen	
Erreichte BE	<p>Schülerlösung</p> <p>4 BE</p> <p>Klarer graphischer Vergleich der Kennlinie bei 16 V; 0,5 BE ohne weitere Erklärung möglich (es fehlt die Folgerung, ob das einem größeren Widerstand entspricht)</p> <p><i>Das experimentell untersuchte Bauteil hat bei 16V einen Widerstand, der viel kleiner ist als 100 Ω, da seine U-I-Kennlinie oberhalb der des ohmischen Widerstands mit $R = 100 \Omega$ verläuft. Das heißt, dass bei gleicher Stromstärke durch das Bauteil mehrere Stromstärke fließt, weil die Energie weniger behindert werden muss an kleiner Widerstand heran. ✓</i></p>	
Anmerkung zum Korrekturbeispiel	<p>Das Fehlen des Wortes „Spannung“ wird als Flüchtigkeitsfehler bewertet und bleibt ohne Punktabzug, da die Erklärung sprachlich und fachsprachlich gemessen an den Anforderungen der achten Jahrgangsstufe exzellent gelungen ist.</p> <p>Die Anmerkungen in der Korrektur können auch bei anderen Fehlern sehr knappgehalten werden, z. B. „Begründung fehlt“ oder „fehlende Fachsprache“.</p>	

Aus einer Stegreifaufgabe Ph8 1 3 BE	<p>Für ein Schülerexperiment hatte Herr Forscher für seine Klasse ein Foto gemacht, das einen Stromkreis mit zwei parallel an der elektrischen Stromquelle angeschlossenen Widerstandsbauteilen zeigt. Leider ist ihm die Abbildung nicht gut gelungen, man kann bei den beiden Messgeräten nicht erkennen, ob sie als Voltmeter oder als Ampermeter dienen sollen. Entscheide für Messgerät 1 und für Messgerät 2, welche elektrische Größe damit gemessen werden soll, und gib kurz an, woran du das erkennst.</p>
Mögliche Bewertungsschemata	<p>1 BE für Entnahme der relevanten Informationen aus dem Bild (K) 1 BE für Entscheidung zu den Messgeräten (S5) 1 BE für Angabe der Kennzeichen für die Entscheidung (S5)</p> <p>Bei diesem Bewertungsschema können nicht alle BE unabhängig voneinander vergeben werden.</p> <p>An den Korrekturbeispielen ist dargestellt, dass nicht jeder Korrekturhaken für eine BE stehen muss.</p>
Erreichte BE	Schülerlösung
0 BE	<p>Messgerät 1: Hier würde ich in Ampere, dort können die Teilchen den Weg entscheiden. f</p> <p>Messgerät 2: Hier würde ich in Volt messen weil alle Teilchen durch das Messgerät müssen. f</p>
2,5 BE 0,5 BE Abzug für fachsprachlichen Fehler in der Formulierung	<p>Messgerät 1: ✓ Als Voltmeter da das Messgerät 1 zwischen den beiden Widerständen ist und somit Volt gemessen wird. Physik. Größe: Spannung Einheit: Volt</p> <p>Messgerät 2: ✓ Als Ampermeter da das Messgerät 2 im Stromkreis angeschlossen ist und somit Ampermist. Physik. Größe: Stromstärke Einheit: Ampere</p>

2 BE 1 BE Abzug, da Kennzeichen für Entscheidung unverständlich formuliert	<p>Messgerät 1: ✓ <u>das</u> <u>Es ist ein Voltmeter, da der Voltmeter nur zählt und damit den Stromkreis nicht unterbrechen muss.</u> <u>unklar</u></p> <p>Messgerät 2: ✓ <u>Es ist ein Amperemeter, da man sich in den Stromkreis stellen muss.</u> <u>f</u></p>
3 BE Begründung für 8. Jgst. akzeptabel formuliert	<p>Messgerät 1: ✓ <u>Voltmeter, da man damit den Unterschied von vor und nach den Widerständen misst.</u> ✓</p> <p>Messgerät 2: ✓ <u>Amperemeter, da die Elektronen durch dies hindurch müssen.</u> ✓</p>
3 BE	<p>Messgerät 1: ✓ <u>Soll die Spannung messen, da es nach und vor den Widerständen angeschlossen sind.</u> ✓</p> <p>Messgerät 2: ✓ <u>Soll die Stärke messen, da alle Elektronen durch das Amperemeter durch müssen.</u> ✓</p>

Im Lernbereich „Elektrischer Strom“ (Ph8 1) kann man auch gut prüfen, wie die Kompetenz der **Nutzung von Modellen** (S1 bis S3) zum Stromkreis entwickelt ist. Im Folgenden werden zwei ähnliche Aufgabenbeispiele zum Rolltreppenmodell (auch als Wasserrutschenmodell bezeichnet, s. II.2.2) verglichen.

	Alternative I	Alternative II
Aufgabe 5 BE		
	<p>Erläutere, dass die im Bereich des Drehkreuzes abschüssige Bahn im Rolltreppenmodell einen Sachverhalt im elektrischen Stromkreis falsch beschreibt. Beschreibe eine mögliche Änderung des Modells und erkläre, dass dieser Sachverhalt damit besser modelliert wird.</p>	<p>Erläutere zwei Aspekte des Rolltreppenmodells, die hinsichtlich der Übertragbarkeit auf den elektrischen Stromkreis problematisch sind und beschreibe für einen dieser Aspekte eine mögliche Verbesserung des Modells.</p>

	Alternative I	Alternative II
Erwartungs-horizont	<p>In einem unverzweigten Stromkreis ist die Stromstärke an jeder Stelle – also auch vor und nach einem Widerstand – gleich groß. Im Modell beschreibt die Anzahl der Kugeln, die pro Zeit durch einen Abschnitt des Bands fließen, die Stromstärke, diese wäre vor und nach dem Widerstand (Drehkreuz) nicht gleich groß.</p> <p>Eine geeignete Veränderung im Modell ist, dass die Kugeln durch unelastische Schnüre oder Stangen verbunden werden, dann ist die Geschwindigkeit aller Kugel auf dem Band gleich groß.</p>	<p>Abschüssige Bahn bzw. Stau am Drehkreuz, daher Stromstärke nicht konstant (ausführliche Formulierung siehe links).</p> <p>Die Kugeln können in der Kurve die Bahn einfach verlassen, was die Elektronen im realen Stromkreis nicht tun.</p> <p>Verbesserung: Kugeln verbinden (siehe links)</p> <p>Alternativ: Bahn mit Führungsrinne ausstatten</p>
Bewertung	<p>Erläuterung der Schwachstelle des Modells, inkl. sauberer Beschreibung der Analogien Modell und Stromkreis: 3 BE (S1 und K*) Beschreibung und Erklärung der Änderung: 2·1 BE (S1)</p>	<p>Identifizierung der Aspekte: 2·1 BE (K*) Erläuterung beider Aspekte: 2·1 BE (S1 und K) Beschreibung der Verbesserung: 1 BE (S1)</p>
	<p>*wenn dieses Modell nicht im Unterricht eingeübt wurde, dann gibt es auch einen Anteil von K, sonst nur S.</p>	
Unterschied für Prüflinge	Modell-Schwachstelle, die analysiert werden soll, ist vorgegeben; zwei etwas größere Teilpakete.	Freiheit, die Aspekte selbst auszusuchen; fünf Teilpakete; alle Aspekte führen zur gleichen Problematik (Modellierung der Stromstärke); Gefahr ist hoch, dass die Prüflinge nach dem ersten Aspekt verfrüht zur nächsten Aufgabe übergehen.
Korrektur durch Lehrkräfte	<p>Schneller, da weniger variantenreiche Lösungen</p>	
	<p>Abzugsverfahren ermöglicht für beide Aufgaben eine schnelle Korrektur.</p>	

Alternative II wurde in Form einer Stegreifaufgabe erprobt. Anhand der Schülerlösungen fällt auf, dass die Nennung der Schwachstellen und die Beschreibung einer Verbesserung zufriedenstellend funktionierten. Eine echte Erläuterung wenigstens eines Aspekts erfolgte sehr selten. Möglicherweise hatten die Schüler noch nicht das richtige Verständnis des Operators „erläutere“. Dieser Operator sollte verstärkt bei schriftlichen Hausaufgaben geübt werden. Öfter wurden zwei Verbesserungsvorschläge genannt. Dies kann ein Hinweis dafür sein, dass zu ungenau gelesen wurde oder es kann dem Prinzip Hoffnung geschuldet sein („ich schreib mal alles, was ich weiß“) – in jedem Fall darf das nicht mit einer zusätzlichen BE honoriert werden.

Erreichte BE	Schülerlösung
0 BE	<p>Es sieht so aus als würden die Kugeln (Elektronen), einzeln sein, wegen der Lücke zwischen ihnen, obwohl die ja immer im Kontakt sind, da hätte ich die Kugeln eng aneinander gemalt. Beschreibt nicht das Problem</p> <p>Außerdem hätte ich die elektrische Quelle noch deutlicher gemalt. Keine Lösung</p> <p>✗ 2. Aspekt</p>

Erreichte BE	Schülerlösung
2 BE	<p>Die Kugeln könnten sich am Drehkreuz stauen. ✓ <i>+ Erläuterung</i> ↑ deshalb könnte man eine Schnur zwischen den Kugeln spannen. ✓ <i># 2. Aspekt</i></p>
2 BE	<p>1. Die Kugeln würden sich nach^{vor und} dem Drehkreuz aufstauen. 2. Die Kugeln wären nicht immer gleich schnell. } ✓ <i>ein Aspekt</i> <i>+ Erläuterung / Übertragbarkeit auf Stromkreis</i></p> <p>Lösung: wenn alle Kugeln verbunden wären, dann würde eine alle anderen stoppen, und das Tempo wäre immer gleich, es würde sich auch nichts mehr aufstauen können. ✓ <i># 2. Aspekt</i></p>
3 BE	<p>Die Stromstärke kann nicht überall gleich sein, weil wenn die Kugeln den Berg runterrollen ist die Stromstärke <u>mehr</u> und wenn die Kugeln den <u>berg</u> hochgehen, dann ist die Stromstärke <u>weniger</u>. ✓ Dies könnte man lösen, indem man die Kugeln verbindet. ✓ <i># 2. Aspekt</i></p>
3 BE	<p>1. Problem, dass die Kugeln an manchen Stellen schneller oder langsamer als bei anderen Stellen sind. Dieses Problem könnte man mit einer Kette, also dass alle miteinander verbunden sind, lösen. ✓ <i>+ Erläuterung</i> <i>Übertragbarkeit</i></p> <p>2. Problem, dass die Kugeln herunterfallen können. <i>+ Erläuterung / Übertragbarkeit auf Stromkreis</i></p>
4,5 BE	<p>Da nach dem Drehkreuz eine Schräge ist und die Bälle schneller // <u>Satz!</u> rollen ↑ im Stromkreis ist das nicht so, dort ist überall die gleiche <i>Stärke</i> man könnte das Problem lösen, indem man die Kugeln verbindet und so alle gleich schnell rollen. ✓</p> <p>Die Kugeln würden auch <u>einfach</u> aus der Bahn rollen im Stromkreis gibt es <u>nur</u> einen Weg und die Elektronen können nicht <u>entweichen</u>. ✓ <i>nicht notwendigerweise</i></p> <p>- <u>2 BE</u> für fachsprachliche / fachliche Unsicherheit</p>

Berechnungen oder quantitative Abschätzungen haben in Prüfungsaufgaben einen wichtigen Stellenwert, sollten aber nicht mehr als ca. 50% der zu erreichenden Bewertungseinheiten abdecken (s. III.1.1). Dass im Unterricht Wert darauf gelegt wird, die gesuchten Größen schrittweise zu erarbeiten, sollte sich auch in den Prüfungen und bei der Vergabe von Bewertungseinheiten widerspiegeln:

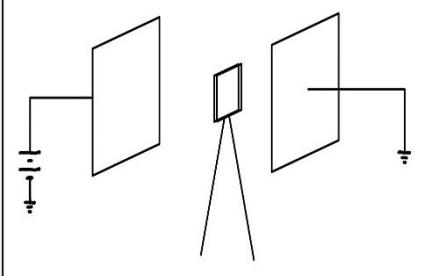
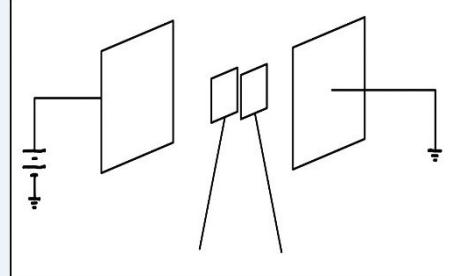
- Darstellen eines Ansatzes durch Nennung einer geeigneten Beziehung (z. B. $R = \frac{U}{I}$),
- ggf. Umformen auf die gesuchte Größe,
- Einsetzen der gegebenen Größen mit Einheiten, ggf. Umwandlung von Einheiten,
- Berechnung des Ergebnisses, meist unter Verwendung des Taschenrechners,
- Formulieren des Ergebnisses mit sinnvoller Genauigkeit und erwarteter Einheit (z. B. im Falle des Widerstands 12 Ω statt 12 $\frac{V}{A}$).

Ph13 4 (S3, S7)	Berechnen Sie den Q-Wert für den β -Zerfall von ^{210}Po .
Erreichte BE 6 BE	$Q = -\Delta m c^2 = (m_{\nu} - m_n) c^2 = [m_{\nu}(^{210}_{84}\text{Po}) - m_{\nu}(^{4}_{2}\text{He}) - m_{\nu}(^{206}_{82}\text{Pb})] c^2$ $Q = [209,982874 - 4,002603 - 205,974465] \text{ uc}^2$ $Q = 5,806 \cdot 10^{-3} \text{ uc}^2$ $Q = 5,806 \cdot 10^{-3} \cdot 931,49 \text{ MeV} = \underline{\underline{5,4082 \text{ MeV}}}$ <p>Wurde im Unterricht die Anwendung des Konzepts der gültigen Ziffern vereinbart, dann würde man bei der Bewertung 0,5 BE abziehen, da das Ergebnis mit der falschen Anzahl von Ziffern (richtig: 4 GZ) formuliert ist. Wurde nur ein „sinnvolles Runden“ vereinbart, dann ist kein Abzug erforderlich.</p>

Ph12.1 7 BE (S3, S7)	Ein Plattenkondensator hat die Plattenfläche 16 dm^2 und den Plattenabstand 20 cm. Er wird über eine Spannungsquelle der Spannung 4,9 kV aufgeladen und danach von dieser getrennt. Zeigen Sie, dass die Kapazität des Kondensators 7,1 pF beträgt und berechnen Sie die Ladung auf den Kondensatorplatten.
Erreichte BE 4,5 BE	<p>Schülerlösung</p> $C = \epsilon_0 \frac{A}{d} \quad (-1BE) \quad \text{Fehler Umwandlung } 16 \text{ dm}^2 = 0,16 \text{ m}^2 \quad (-\frac{1}{2}BE)$ $C = 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{\text{As}}{\text{Vm}} \cdot \frac{0,16 \text{ m}^2}{0,2 \text{ m}} = 7,08 \cdot 10^{-13} \text{ F} \quad \underline{\underline{7,1 \text{ pF}}} \quad \text{Nein}$ $C = \frac{Q}{U} \rightarrow Q = C \cdot U = 7,08 \cdot 10^{-13} \text{ F} \cdot 4900 \text{ V} = 3,4632 \cdot 10^{-9} \text{ C}$ <p>Kontrollergebnis verwenden $(-\frac{1}{2}BE)$</p> <p>$1p = 10^{-12}$ siehe FS</p> <p>$4,5 \quad 17BE$</p> <p>Das Korrekturbeispiel zeigt ein Abzugsverfahren. Die Lehrkraft hat angemerkt, an welchen Stellen der Punktabzug erfolgt (in Summe -2,5 BE). Die Lehrkraft hat keine Korrekturhaken für „richtig“ gesetzt.</p>

1.2 Erkenntnisgewinnen

„Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit [...] diese zu verknüpfen, um **Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können** [...].“³⁸ Im Folgenden wird eine entsprechende Aufgabe für die Oberstufe vorgestellt. Wichtig für die Zuordnung zur Erkenntnisgewinnung ist, dass der Versuch vorab nicht im Unterricht durchgeführt und die Größe „Flächenladungsdichte“ nicht eingeführt war (ansonsten hätte die Aufgabe den Schwerpunkt bei *Modelle und Experimente* nutzen (S)).

Klausur Ph12 1	<p>Ein luftgefüllter Plattenkondensator hat die Plattenfläche 16 dm^2 und den Plattenabstand 20 cm. Er wird über eine Spannungsquelle der Spannung 4,5 kV aufgeladen.</p> <p>a) Berechnen Sie die Kapazität des Kondensators und die Ladung auf den Kondensatorplatten. [Zur Kontrolle: $7,1 \text{ pF}$]</p> <p>In den Kondensator wird nun senkrecht zu den Feldlinien ein kleines, ungeladenes, sich berührendes Metallplattenpaar mit der Plattenfläche A' gebracht (s. Abb. 1). Diese kleinen, an Isolierstielen befestigten Platten, werden im Feld des Kondensators getrennt (s. Abb. 2). Eine dieser Platten wird (außerhalb des Feldes) über einen Messverstärker entladen, der dann die abfließende Ladungsmenge Q' anzeigt.</p>										
7 BE (S)	  <p>Abb. 1</p> <p>Abb. 2</p> <p>b) Zeichnen Sie in Abb. 2 für alle vier Platten das Vorzeichen der Ladung ein. Geben Sie den physikalischen Prozess an, der zur Aufladung der kleinen Platten führt.</p> <p>Die Messung wird für Plattenpaare mit einem jeweils anderen Flächeninhalt A' wiederholt, die Messergebnisse sind in der Tabelle dargestellt:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>A' in cm^2</th> <th>9,0</th> <th>16</th> <th>25</th> <th>36</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <th>Q' in nC</th> <td>0,14</td> <td>0,33</td> <td>0,48</td> <td>0,75</td> </tr> </tbody> </table> <p>c) Erstellen Sie ein $A'-Q'$-Diagramm und begründen Sie, dass Q' und A' zueinander direkt proportional sind. Bestimmen Sie σ aus dem Diagramm, so dass $Q' = \sigma \cdot A'$. [Zur Kontrolle: $\sigma \approx 0,20 \mu \text{C/m}^2$]</p> <p>Die Größe σ bezeichnet man als Flächenladungsdichte.</p> <p>d) Begründen Sie unter Verwendung des Feldlinienmodells (Skizze!), dass in Abb. 2 die Flächenladungsdichte der kleinen Platten genau so groß ist wie die Flächenladungsdichte der Kondensatorplatten und beschreiben Sie das elektrische Feld zwischen dem kleinen Plattenpaar.</p> <p>e) Berechnen Sie die Feldstärke E des als homogen angenommenen elektrischen Feldes zwischen den (großen) Kondensatorplatten. Zeigen Sie, dass die Flächenladungsdichte σ der Kondensatorplatten auch über die Formel $\sigma = E \cdot \epsilon_0$ berechnet werden kann.</p>	A' in cm^2	9,0	16	25	36	Q' in nC	0,14	0,33	0,48	0,75
A' in cm^2	9,0	16	25	36							
Q' in nC	0,14	0,33	0,48	0,75							
3 BE (S)											
9 BE (S, E4, E7)											
5 BE (S, E4)											
6 BE (S)											

38 Kultusministerkonferenz (2020), 2.2, S. 13-15

6 BE (S, B, K)	f) In einem Praktikum sollen Studierende die Feldstärke eines vom Praktikumsleiter mit unbekannter Spannung geladenen Plattenkondensators experimentell bestimmen. Sie haben ein Maßband, ein kleines Metallplattenpaar und den in der Aufgabe oben beschriebenen Messverstärker zur Verfügung. Schreiben Sie eine kurze Praktikumsanweisung für die Studenten. Gehen Sie dabei auch auf die Sicherheit beim Experimentieren ein
Bewertung Teilaufgabe c)	1 BE: Abszisse für Flächeninhalt, Ordinate für Ladung 2·1 BE Achsenbeschriftung (geeignete Skalierung, Größe, Einheit) 2 BE Messwerte, 1 BE Ausgleichsgerade, 1 BE Begründung Proportionalität 2 BE Bestimmung σ aus der Steigung der Ausgleichsgeraden
Erreichte BE	Schülerlösung
7 BE	<p></p> <p><i>reicht nicht als Begründung, + Ursprungsgerade Die Steigung des Graphen ist konstant, d.h., dass das Verhältnis Q' / A' proportional ist.</i></p> <p>$Q' = \sigma \cdot A'$</p> <p>$0,75 \text{ nC} = \sigma \cdot 36 \text{ cm}^2 \quad : 36 \text{ cm}^2$</p> <p>$\frac{0,75 \text{ nC}}{36 \text{ cm}^2} = \sigma$</p> <p>$0,021 \frac{\text{nC}}{\text{cm}^2} = \sigma$</p> <p><i>+ Steigung der Ausgleichsgeraden verwenden (der verwendete Messwert liegt nicht darauf!)</i></p>

1.3 Kommunizieren

Sprachliche Bildung ist ein fächerübergreifendes Bildungsziel: „Das Fach Physik trägt durch die gezielte Einführung und fortwährende Einübung der Fachsprache, verbunden mit einer konsequenten Unterscheidung von der Alltagssprache, zur sprachlichen Bildung bei. Die Schülerinnen und Schüler erschließen sich Fachtexte und stellen ihre eigenen Ideen, wie es für die naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung kennzeichnend ist, sach- und adressatengerecht in mündlicher und schriftlicher Form vor“ (LehrplanPLUS)³⁹.

Wenn der – im Physikunterricht erreichte – Kompetenzzuwachs der sprachlichen Bildung überprüft werden soll, befürchten Lehrkräfte bisweilen, dass bei diesen Aufgabentypen ähnlich wie im Deutsch- oder Sprachunterricht (kleine) Aufsätze zu erstellen bzw. zu korrigieren sind, was für eine gelungene Bearbeitung zusätzliche Fähigkeiten erfordert und auch den Lehrkräften bei der Korrektur mehr abverlangt. Bei der Überprüfung des Kompetenzbereichs *Kommunizieren* geht es aber nicht darum, zu bewerten, ob Schülerinnen und Schüler sich stilistisch gut ausdrücken können, sondern darum, ob sie einen physikalischen Sachverhalt unter Verwendung von Fachsprache korrekt strukturiert formulieren können.

Gemäß der BiStas⁴⁰ führen schwerwiegende und gehäufte Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit oder gegen die äußere Form zu einem Abzug von bis zu zwei Punkten (gemeint sind Notenpunkte gemäß der Oberstufenvereinbarung). Verstöße gegen die sprachliche Richtigkeit sind zum Beispiel grammatisch falsche Bezüge oder falsche Schreibweisen („das Tempo währe gleich“, „Stehgreifaufgabe“ oder „Meßung“) oder auch Satzbrüche („Die Dichte der Ladung der Fläche ist überall im Kondensator wie man an den Feldlinien erkennen kann so auch an den kleinen Platten“). Ein Abzug von Punkten sollte mit Augenmaß erfolgen, eben nur bei wirklich schwerwiegenden und gehäuften sprachlichen Fehlern.

Fachliche Fehler sind z.B. „Stromspannung“, „ohmischer Widerstand“ oder „dielektrische Influenz“. Die Grenzziehung zwischen fachlichen und sprachlichen Fehlern oder Unbeholfenheit kann bisweilen schwierig sein (z. B. „Widerstand“ oder „zeichnet man einen Abhängigkeitsgraphen, so erkennt man einen linearen Graphen“). In jedem Fall sollten man darauf achten, dass man einen Fehler nicht zweimal ahndet, indem man ihn als fachlichen und als sprachlichen Fehler wertet.

Bei der Formulierung von physikalischen Sachverhalten zeigt sich nur ein Teil der Kompetenz Kommunizieren. Diese beinhaltet auch die Entnahme von Informationen aus Texten oder Diagrammen sowie das Erstellen selbstgewählter und geeigneter Diagramme zur Aufbereitung physikalischer Inhalte (K3, K6). Solche Aufgabenformen können unabhängig von produktiver Sprachkompetenz erfolgreich bearbeitet werden und mithilfe eines durchdachten Bewertungsrasters effizient korrigiert werden.

Beispiel für ein Bewertungsschema bei Aufgaben mit Textproduktion

Das Bewertungsschema des nachfolgenden Beispiels orientiert sich am Erwartungshorizont und berücksichtigt, dass die Schülerinnen und Schüler zur Bearbeitung der Aufgabe Informationen aus einem Diagramm oder Text entnehmen mussten:

Erwartungshorizont und Bewertungsschema (hier maximal 7 BE erreichbar)	
4 BE	Entnahme der gesuchten Informationen aus Text / Bild und fachsprachlich korrekte Wiedergabe. Dazu gehören: <ul style="list-style-type: none">• als Pflichtumfang zwei Aspekte, die unbedingt genannt werden müssen und je 1 BE liefern und• andere Aspekte, die ebenfalls jeweils 1 BE liefern können, allerdings in Summe nicht mehr als 2 BE.
2 BE	Inhaltliche Erklärung 2 BE: volle inhaltliche Tiefe 1 BE: Inhalte teilweise oberflächlich beschrieben 0 BE: Inhalte nur sehr oberflächlich oder nur sehr unvollständig beschrieben
1 BE	fachsprachliche Formulierung 1 BE: korrekt, stringent, gut strukturiert 0 BE: sonst

39 s. www.lehrplanplus.bayern.de/fachprofil/gymnasium/physik

40 Kultusministerkonferenz (2020), 3.1.2, S. 24

Klausur Ph13 1 eA 6 BE (K3, K4, K5, S)	<p>Ihr Großvater, dessen letzte Physikstunde bereits viele Jahre zurückliegt, hat auf dem Flohmarkt die rechts abgebildete alte Sonderbriefmarke⁴¹ aus dem Jahr 1979 gefunden. Er wüsste gerne, welche physikalischen Inhalte auf der Marke dargestellt sind. Erläutern Sie Ihrem Großvater drei unterschiedliche physikalische Fakten bzw. Zusammenhänge und ihre künstlerische Umsetzung – ihr Opa soll danach den physikalischen Sachverhalt und die damit zusammenhängende Darstellung auf der Briefmarke besser verstehen. (Hinweis: Sie dürfen auch kritisch zu Aspekten der Darstellung Stellung nehmen.)</p>
Bewertung Teilaufgabe c)	<p>je 1 BE für Entnahme dreier relevanter Informationen aus der Briefmarke und Wiedergabe dieser Informationen in korrekter Fachsprache (K3):</p> <ul style="list-style-type: none"> „Muss-Umfang“: Darstellung Photoeffekt: Licht fällt auf eine Oberfläche und löst Elektronen aus; Zwei weitere der folgenden Darstellungen: Photokathode, Licht als Welle, Farben des Lichts, Grenzwellenlänge, unterschiedlich lange Geschwindigkeitspfeile für die herausgelösten Elektronen in Abhängigkeit von der Farbe des eingestrahlten Lichts <p>2 BE inhaltliche Erklärung der Zusammenhänge, d. h. des Photoeffekts (S)</p> <p>1 BE für fachsprachlich korrekte und gut strukturierte Erklärung der physikalischen Zusammenhänge (K4, K5)</p>
Erreichte BE	Schülerlösung
2 BE	<p>Auf der Briefmarke zu sehen ist Licht verschiedener Farben bzw. Wellenlängen. Die untergliederung des Lichts erfolgt durch unterschiedlich große Wellenlängen, mit unterschiedlich viel Energie und somit auch Farben. Allerdings kann Licht nicht nur als Welle definiert werden, sondern auch als einzelnes Photon. Dies nennt man Welle-Teilchen Dualismus; Hier dargestellt durch den wellenförmigen Regenbogen, und die einzelnen schwarzen Punkte mit Richtungsvektoren. das sind keine Photonen, sondern Elektronen ...</p> <p># Es geht um den Photoeffekt ...</p>
5 BE	<p>Auf der Briefmarke zu sehen ist der Photoeffekt (von Albert Einstein, entdeckt ...). Hierbei trifft Licht aller Wellenlängen auf eine Kathode. Diese ist auf der Briefmarke der dunkelgraue Balken am unteren Ende, in dem "Lichtelektrischer Effekt" geschrieben steht. Das Licht aller Wellenlängen ist durch die bunten wellenförmigen Balken beschrieben (Farben des Regenbogens). Sollte das Licht genug Energie haben, um ein Elektron aus der Kathode auslösen zu können, tut es dies auch. Die Elektronen "schießen" dann in alle Richtungen aus der Kathode heraus, auf der Briefmarke sind die ausgelösten Elektronen die gepunkteten Linien, an welchen Enden sich unterschiedlich lange Pfeile befinden. Die Pfeillängen könnten hier die kinetische Energie der Elektronen stehen. Denn je "roter" das Licht ist, desto weniger Energie hat es. Im Orangenen Bereich der Briefmarke ist der Pfeil sehr kurz und er wird in Richtung des blauen Lichts immer größer.</p>



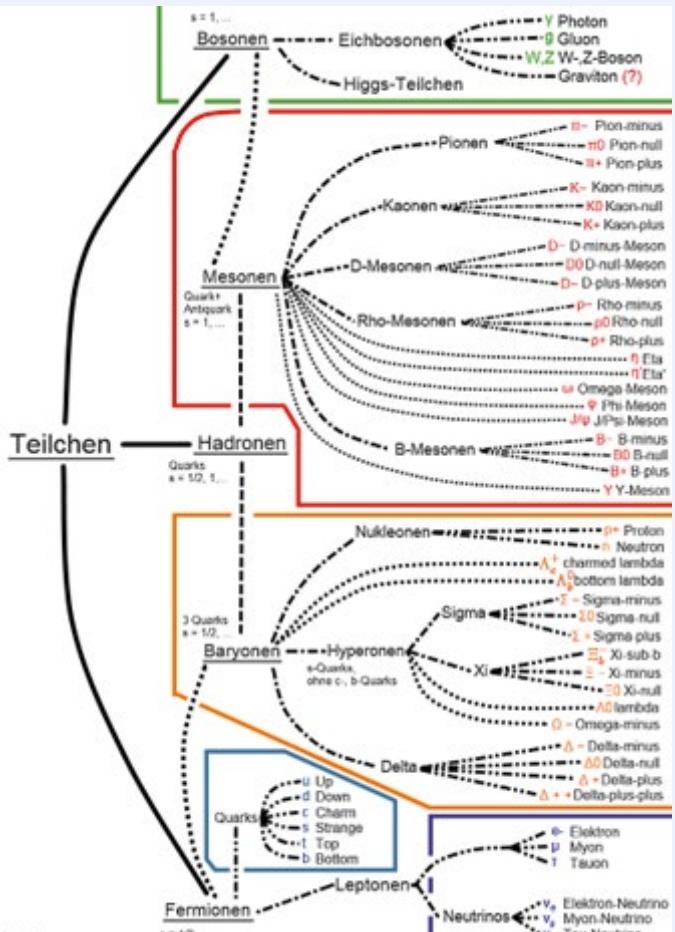
Erreichte BE	Schülerlösung
5 BE	<p>Allerdings müsste die <u>Anzahl</u> der ausgelösten Elektronen im blauen Bereich am <u>Größten</u> sein, da es die höchste Energie hat und die beiden <u>Grünen</u> Bereich keine <u>höhere</u> Bestrahlung besitzen. <u>Failem Zusammenhang</u> <u>Anzahl Elektronen</u> \leftrightarrow <u>Energie Licht</u>. Hat Licht genug Energie, kommt es auf die Bestrahlungsstärke <u>darauf</u> an. Steigt diese, steigt proportional auch die Anzahl ausgelöster Elektronen. Reicht die Lichtenergie nicht aus (wie auf der Briefmarke beim roten Balken) so werden dort keine Elektronen freigesetzt. ✓</p> <p>1BE Abzug Nj. fachl. Fehler</p>
3 BE	<p>Es geht um den Photoeffekt. Durch die verschiedenen <u>Farben</u> und die <u>dazugehörigen</u> Pfeile wird gezeigt, dass bei <u>rotem</u> Licht z.B. kein Photoeffekt stattfindet, weil es eine <u>große</u> Wellenlänge besitzt und somit eine <u>kleine</u> Frequenz. Die Frequenz spielt hier eine Rolle, da der Photoeffekt erst ab einer bestimmten, vom Material abhängigen <u>Grenzfrequenz</u> stattfindet. Bei <u>blauem</u> Licht findet der Photoeffekt <u>hingegen sofort</u> statt, weil das Licht <u>kurzwellig</u> ist und somit eine <u>große</u> Energie besitzt. Frequenz hat. Farben des Lichts ✓</p> <p>f: Auslösezeit ist nicht abhängig von Frequenz, solange $f > f_{\text{max}}$ (1BE)</p> <p>Im Übrigen werden beim Photoeffekt Elektronen aus einem Metall ausgelöst indem sie mit im Licht vorhandenen Photonen in Wechselwirkung treten, wobei die Photonen ihre Energie an die Elektronen abgeben und die Elektronen so genügend Energie besitzen um sich aus dem Metall zu lösen. ($f_{\text{ph}} > f_{\text{max}}$)</p> <p>✓ Erläuterung einer weiteren Zusammenhang mit Bezug zur Briefmarke</p> <p>✓ bessere Struktur in der Erklärung und weniger Wiederholungen</p>

Im folgenden Aufgabenbeispiel sind die bildlich dargestellten Informationen weniger vielschichtig als in der Aufgabe mit der Briefmarke:

<p>W-Seminar „Fundamentele Teilchen und Kräfte“ oder Ph13 3 eA</p> <p>4 BE (S, K3, K4)</p>	<p>Als der theoretische Physiker Isidor Isaac Rabi im Jahr 1937 von der Entdeckung des Myons informiert wurde, soll er erstaunt ausgerufen haben „Who ordered that?“. Erläutern Sie unter Einbeziehung dieser Anekdote und der Abbildung oben, dass die Entdeckung des Myons einen Wendepunkt in der Teilchenphysik darstellte.</p>
--	---

Erwartungshorizont	<ol style="list-style-type: none"> (1) Neutron, Proton, Elektron und Positron waren zum Zeitpunkt der Entdeckung des Myons ausreichend, um alle bekannten Materieformen sowie atomare bzw. kernphysikalische Prozesse zu beschreiben. Es war kein „Bedarf“ an neuen Teilchen. (2) Das Myon ähnelte – abgesehen von seiner größeren Masse – dem Elektron („schwerer Bruder“). Die Entdeckung des Myons stellt somit einen Hinweis auf die damals nicht erwartete Existenz von „Familien“ von Elementarteilchen dar. (3) Die Entdeckung des Myons war der Auftakt des Nachweises einer Vielzahl neuer Teilchen Ende der 1940er-Jahre und danach (z. B. Pionen und Kaonen, wie in der Abbildung, später Neutrinos, Quarks, Austauschbosonen u. a. m.), deren Zusammenhänge erst das Standardmodell der Teilchenphysik einordnete.
Bewertungsschema	<p>1 BE: Entnahme von Informationen aus der Abbildung (erkennbar durch Verwendung dieser Informationen in der Erläuterung)</p> <p>1 BE: Eingehen auf das Zitat „Who ordered that?“</p> <p>2 BE: Zwei der Punkte: (1) - (3)</p>

Beim nächsten Beispiel liegt der Fokus auf der Entnahme von Informationen aus der Abbildung. Es ist kaum Textproduktion erforderlich, trotzdem sind viele BE gerechtfertigt und die Aufgabe ist schnell zu korrigieren.

Stegreifaufgabe Ph13 3 eA oder Seminar 3 BE 3 BE (K3)	<p>Nennen Sie ausgehend von der Darstellung⁴² der Teilchen in der Abbildung</p> <ol style="list-style-type: none"> a) ein gemeinsames und ein unterschiedliches Merkmal von Mesonen und Baryonen b) eine Gemeinsamkeit und einen Unterschied zwischen Eichbosonen und Quarks
	
Bewertungsschema	<ol style="list-style-type: none"> a) Gemeinsamkeit: z. B. beide gehören zu den Hadronen (1 BE) Unterschied: z. B. Mesonen bestehen aus 2 subatomaren Teilchen (Quark/Antiquark), Baryonen aus 3 (2 BE) b) Gemeinsamkeit: z. B. beide lassen sich nicht in weitere Teilchen zerlegen (1 BE) Unterschied: z. B. Eichbosonen haben ganzzahligen Spin, Quarks haben Spin 1/2. (2 BE)

42 Bt-bt: Overview of all known subatomic particles without anti-particles german, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Overview_of_all_known_subatomic_particles_without_anti-particles_german.png, auf Wikimedia Commons, lizenziert unter [CC BY-SA 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/3.0/) [abgerufen am 08.12.2022].

Meist werden in Aufgaben neben der Kommunikationskompetenz weitere Kompetenzen geprüft. Hier sollte man darauf achten, dass eine **Entnahme von Informationen** aus Texten oder Darstellungen auch mit BE honoriert und im Zeitbedarf für die Aufgabe mitberücksichtigt werden muss.

Aus einem Test Ph8 3 3 BE (S, K2) 3 BE (S, K4)	Um Gruppen von Wanderern vor einer möglichen Überlastung einer Brücke zu warnen, wurde ein Schild angebracht, das du in der Abbildung unten links erkennen kannst. a) Begründe, dass ein Physiker dieses Schild so nicht erstellen würde und erstelle einen eigenen Entwurf unten in der Mitte. b) Stell dir vor, dass eine baugleiche Brücke in einer künftigen Siedlung auf dem Mond aufgestellt wird, wo die Fallbeschleunigung nur ca. ein Sechstel von der auf der Erde beträgt. Der Brückenbauer überlegt, welches Schild er auf dem Mond anbringen sollte. Stelle deinen – physikalisch korrekten – Vorschlag unten rechts dar und begründe diesen.						
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 33%; padding: 5px;">Schild vor der Brücke:</td> <td style="width: 33%; padding: 5px;">Dein Vorschlag für das Schild (auf der Erde):</td> <td style="width: 33%; padding: 5px;">Dein Vorschlag für das Schild auf dem Mond:</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center; padding: 10px;"> </td> <td></td> <td></td> </tr> </table>	Schild vor der Brücke:	Dein Vorschlag für das Schild (auf der Erde):	Dein Vorschlag für das Schild auf dem Mond:			
Schild vor der Brücke:	Dein Vorschlag für das Schild (auf der Erde):	Dein Vorschlag für das Schild auf dem Mond:					
Bewertungs-schema	<p>a) z.B.: Das Schild ist physikalisch nicht richtig, da die angegebenen 480 kg keine Kraft, sondern eine Masse beschreiben. z.B.: Wenn die Belastungsgrenze der Brücke durch eine maximale Masse beschrieben wird (was verständlicher ist als die Angabe einer maximalen Kraft), dann würde der Physiker den Begriff „Tragkraft“ durch „maximale Masse“ ersetzen. Eigenes Schild: „Maximale Tragkraft 4,7 kN“ (oder auch 4709 N, Verstoß gegen sinnvolles Runden wird in dieser Aufgabe nicht sanktioniert) oder maximale Masse 480 kg.</p> <p>b) z.B.: Schild mit „Maximale Masse: 2880 kg“; Auf dem Mond ist die Brücke mit der gleichen Kraft belastbar wie auf der Erde. Da die Fallbeschleunigung 1/6 von der der Erde beträgt, kann die Brücke die 6-fache Masse tragen. z.B.: Schild mit „Maximale Tragkraft 4,7 kN“. Die maximale Kraft, mit der die Brücke belastet werden kann, ist auf dem Mond unverändert.</p>						
Bewertungs-schema	<p>a) 1 BE Entnahme der relevanten Informationen aus dem Bild (K2) 1 BE Begründung (S) 1 BE Eigenes Schild (S)</p> <p>b) 2 BE Begründung (S, K4) 1 BE Eigenes Schild (S)</p>						
Erreichte BE	Schülerlösung						
2 BE	<p><i>Gewichts-</i> <i>Was meinst du genau?</i></p> <p>a) <i>Die Kraft ist immer ortsabhängig, weshalb die Aussage immer angepasst werden muss.</i></p> $F_g = m \cdot g = 480 \text{ kg} \cdot 9,81 \text{ m/s}^2 = 4708,8 \text{ N} \quad \checkmark \quad \text{+ [F] + kg}$ <p><i>Kraft</i> <i>max. 4708,8 N</i> \checkmark</p>						
2 BE	<p>b) <i>Auf dem Schild sollte 2880kg stehen, da die Schwerkraft auf dem Mond nur ein Sechstel beträgt. D.h. die Brücke kann das 6-fache Gewicht tragen, das sie auf der Erde tragen könnte.</i></p> <p><i>Tragkraft:</i> <i>max 2880kg</i></p> <p><i>f: Du kannst die Fachbegriffe Masse, Gewicht, Kraft, Gewichtskraft nicht richtig unterscheiden. (-1BE)</i></p>						

1.4 Bewerten

Im Laufe eines Schuljahres sollten alle Kompetenzbereiche geprüft werden, somit auch der Kompetenzbereich *Bewerten* (B). Es empfiehlt sich ein zunächst dosierter aber konsequent wiederkehrender Einsatz in Prüfungsaufgaben. Um die Schüler an Aufgaben dieses Kompetenzbereichs heranzuführen, sollte man zu Beginn Entscheidungen mit engem Bezug zur Alltagswelt der Schülerinnen und Schüler reflektieren oder bewerten lassen.

Auch in diesem Abschnitt werden anhand der dargestellten Korrekturen von Schülerantworten nur exemplarische Möglichkeiten aufgezeigt. In der Regel gibt es zu jedem Korrekturvorschlag mehrere gleichberechtigte Alternativen. Welche gewählt wird, hängt auch davon ab, worauf im Unterricht ein besonderes Augenmerk gelegt wurde.

Zwei Beispiele aus dem Lernbereich „Elektrischer Strom“ (Ph8 1) zeigen, dass Bewertungsaufgaben bereits in den unteren Jahrgangsstufen sinnvoll in Prüfungen eingesetzt werden können.

Aus einer Schulaufgabe Ph8 1 3 BE (B4, B6)	[In den Teilaufgaben vorher wurde die Stromstärke in einem Föhn, die Leitfähigkeit von Badewannen und Schutzmechanismen wie RCD-Schalter bearbeitet ⁴³]. In der Gebrauchsanweisung des Föhns findet man den Warnhinweis, dass ein Föhn sich nicht in der Nähe einer mit Wasser gefüllten Badewanne befinden darf. Bewerte die Entscheidung einer Person, sich trotzdem in der Wanne zu föhnen. Gehe dabei auf einen physikalischen und einen nicht-physikalischen Aspekt ein.	
Erwartungshorizont	Schon kleine Stromstärken können für Menschen gefährlich werden. Der Föhn wird mit 230 V betrieben und kann damit zu sehr hohen und möglicherweise tödlichen Stromstärken im Körper in der Badewanne führen. Die Person in der Badewanne kann nicht davon ausgehen, dass sie die vom Föhn ausgehenden Gefahren vollständig einschätzen kann. Daher sollte sie die Angaben der Betriebsanleitung beachten. Ich finde die Entscheidung der Person falsch.	
Bewertungsschema	Alternative 1: Beschreibung zweier Aspekte: 2·1 BE Bewertung der Entscheidung: 1 BE Vorteil: Schnell zu korrigieren, z. B. durch Abzugsverfahren	Alternative 2: Nennung der beiden Aspekte: 1 BE Bewertung der Entscheidung: 1 BE Schlüssige Formulierung der gesamten Antwort: 1 BE Vorteil: Abstufung der Bewertung durch Berücksichtigung einer unterschiedlichen Qualität in der Formulierung möglich
Erreichte BE	Schülerlösung	
3 BE	<p>Ich halte dies für keine gute Entscheidung, da die Stromstärke eines Föhns leicht ^⑧ zum Tod führen kann und die Person so lang man in der Wanne sitzt doch oft sowieso wieder nass werden ⑧ ^⑨ Nicht die „Stromstärke des Föhns“, sondern der zu geringe Widerstand einer Menschen führt (möglicherweise) zum Tod.</p>	
Anmerkung	Zum nicht-physikalischen Aspekt: Die vorliegende Schülerlösung ist ein Beispiel dafür, dass manchmal auch völlig unerwartete Antworten produziert werden, die nicht dem von der Lehrkraft formulierten Erwartungshorizont entsprechen. Hier sollte man wohlwollend prüfen, ob der Prüfling nicht trotzdem die Aufgabe entsprechend der Fragestellung richtig bearbeitet hat. Dies ist im vorliegenden Fall so, es wurde ein praktischer Aspekt angeführt. Dabei wurde klar zwischen einem physikalischen und einem nicht-physikalischen Aspekt unterscheiden. Für die Jgst. 8 ist das angemessen.	

43 Der vollständige Leistungsnachweis ist im LIS zu finden; s. <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen-kacheln/lernbereich/215742/fachlehrplaene/gymnasium/8/physik>

Erreichte BE	Schülerlösung	
Schülerlösung erreichte BE: 3 BE	<p>Ich halte dies für keine gute Entscheidung, da die Stromstärke eines Fäns leicht zum Tod führen kann und die Haare, so lang man in der Wärme sitzt doch am sowieso werden nass werden. ⊗ Nicht die „Stromstärke des Fäns“, sondern der zu geringe Widerstand einer Menschen führt (möglicherweise) zum Tod.</p>	
Anmerkung	Zum nicht-physikalischen Aspekt: Die vorliegende Schülerlösung ist ein Beispiel dafür, dass manchmal auch völlig unerwartete Antworten produziert werden, die nicht dem von der Lehrkraft formulierten Erwartungshorizont entsprechen. Hier sollte man wohlwollend prüfen, ob der Prüfling nicht trotzdem die Aufgabe entsprechend der Fragestellung richtig bearbeitet hat. Dies ist im vorliegenden Fall so, es wurde ein praktischer Aspekt angeführt. Dabei wurde klar zwischen einem physikalischen und einem nicht-physikalischen Aspekt unterscheiden. Für die Jgst. 8 ist das angemessen.	
Stegreifaufgabe Ph8 1 3 BE (B4, B6, S)	<p>Jonas erzählt: „Als ich neulich eine zweite Mehrfachsteckdose kaufte, um meine Mehrfachdose zu verlängern und endlich mehr Steckplätze zu haben, war da ein Zettel dabei mit der Aufschrift »Nicht hintereinander stecken«. Ich habe es trotzdem gemacht und es klappte einwandfrei. Der Verkäufer sagte nur, der Zettel wäre wegen irgendeiner Verordnung vorgeschrieben.“</p> <p>Bewerte die Entscheidung von Jonas, führe dabei jeweils ein physikalischen und einen nichtphysikalischen Aspekt auf.</p>	
Erwartungs-horizont	<p>Die Entscheidung von Jonas ist falsch:</p> <p>Physikalischer Aspekt: Das Hintereinanderschalten von Mehrfachsteckdosen kann zu hohen Stromstärken und somit zu einer starken Wärmeentwicklung führen, die einen Brand auslösen könnte (Nicht erwartet wird die Erklärung, dass ein RCD-Schutzschalter – ehemals FI-Schutzschalter genannt – hier keinen Schutz bietet).</p> <p>Nichtphysikalischer Aspekt: Ein Warnhinweis des Herstellers bzw. die Verordnung dazu ist i. d. R. begründet, daher sollte man sich keinesfalls darüber hinwegsetzen, schon gar nicht, wenn man den Hintergrund des Warnhinweises nicht sicher kennt und die Gründe nicht verstanden hat (Vorsichtsprinzip).</p>	
Bewertungs-schema	<p>Klar formulierte Bewertung: 1 BE Physikalischer Aspekt: 1 BE Nichtphysikalischer Aspekt: 1 BE</p> <p>Falls nur formuliert wird „Entscheidung ist falsch“: 0 BE</p>	

Erreichte BE	Schülerlösung
0 BE	<p>Die Aufschrift meint damit, dass man keine <u>Reihenschaltung</u> machen sollte, da die Stromstärke dadurch weniger wird und die Geräte dadurch auch weniger bekommen, sie könnten kaputt gehen und die Firma würde auf den Kosten sitzen bleiben, wenn sie das nicht drauf schreiben würde.</p> <p>in sich nicht stimmt, du argumentierst doch, dass die Stromstärke niedrig ist... Der begründet mit dem <u>Aspekt Hoffnung</u>, warum der Hersteller den Hinweis gibt, jedoch nicht warum sich <u>Jouar</u> entscheidet, es trotzdem ein zu tun.</p>
0,5 BE	<p>Physikalisch: Wenn man bei dem ersten <u>mehr</u>fachstecker den zweiten einsteckt und in den zweiten noch seine <u>geräte</u> einsteckt, wird beim ersten Stecker, da man den zweiten einsteckt, viel mehr <u>Energie</u> gebraucht, das hält wahrscheinlich das <u>Kabel</u> nicht aus. <u>H</u> Begründung: <u>Temperaturausstieg</u> ...</p> <p># <u>Nicht physikalischer Aspekt</u> und <u>Bewertung Entscheidung</u></p>
1 BE	<p>In einer Mehrfachsteckdose ist eine <u>Parallelschaltung</u> und bei einer Parallelschaltung erhöht sich die Stromstärke, also A. Wenn man dann noch eine Mehrfachsteckdose dranhängt, erhöht sich die Stromstärke noch einmal, aber es ist möglich, dass die <u>Elektrische Quelle</u>, also in dem Fall die Steckdose, nicht genug und schnell genug die Elektronen schicken kann, also das sie zu wenige <u>Volt</u> hat, was dazu führt, dass <u>man alle Geräte</u>, die angesteckt sind, einschaltet, das sie nicht ihre <u>Volle Leistung</u> bzw. gar keine zeigen oder dass es einen Kurzschluss gibt.</p> <p># <u>nicht physikal. Argument</u> und <u>Bewertung Entscheidung</u></p>
1 BE	<p>Physikalisch: Jonas <u>Arbeit</u> ist falsch, da dieses Beispiel eine <u>Reihenschaltung</u> ist. Es funktionieren alle drei Handykabel <u>aber sehr schwach</u>. <u>physik. Aspekt</u> falsch. Nicht-Physik: Man sollte auf <u>benutzeranweisungen</u> hören, da etwas <u>schlimmes</u> passieren könnte</p> <p># <u>Bei deinem „physik. Aspekt“ passiert nichts „Schlimmes“?</u></p>
2 BE	<p>Physikalisch: Das was er gemacht hat, ist nicht schlimm, wenn man richtig auf die <u>Leistung</u> des <u>Geräts</u> achtet und aufpasst, es nicht durch zu viel Leistung kaputt zu machen.</p> <p>Diese Größe haben wir noch nicht besprochen. Als Zwischenstrich fehlt „habe Stromstärke...“</p> <p>Nicht Phys.: Weil da steht, dass man es nicht machen muss, dann sollte man es nicht machen.</p> <p>Deswegen ist <u>was er gemacht</u> hat blöd. ✓ (Satz)</p> <p>- 1BE, da sowohl der physik. als auch der nicht-physikalische Aspekt nicht sinnvoll formuliert sind.</p>

Den Schwerpunkt „Die Lernenden bilden sich reflektiert und rational in außerfachlichen Kontexten ein eigenes Urteil“ (BiStas)⁴⁴ findet man auch in folgendem Aufgabebeispiel aus der Abiturprüfung 2021:

Abitur BY 2021, Ph12-Astro- physik 1 3 BE (B4)	Die Kosten des Projekts* betragen insgesamt mehr als 123 Mio. €. Bewerten Sie, ob es vertretbar ist, eine so große Summe in die Erforschung eines Asteroiden zu investieren *Die Aufgaben a) bis f) hatten den Asteroiden Ryugu und dessen Erforschung mit der Sonde Hayabusa 2 als Kontext.
Erwartungs- horizont	z. B. Zustimmung durch Begründung der Notwendigkeit der Grundlagenforschung
Bewertungs- schema	Klares, begründetes Urteil erkennbar: 1 BE. Abgestuft nach Qualität der Begründung bis zu 2 weitere BE. Bei Entscheidung ohne stichhaltige Begründung: 0 BE.
Erreichte BE	Schülerlösung
1 BE	<i>Ich finde das schon vertretbar, weil die Erforschung eines Asteroiden interessant ist und schließlich ist Forschung immer teuer. ✓</i> <i># genauer</i>
3 BE	<i>Es ist vertretbar, solche Summen in die Erforschung von Asteroiden zu investieren, wenn sich dadurch deutliche Fortschritte in der Wissenschaft, z.B. Materialforschung etc. ergeben. Außerdem kann die Erforschung der Asteroiden Aufschlüsse über die Entstehung der ^{Sonnen}milchstraße geben und die Erforschung des Flugverhaltens uns vor potentiellen Gefahren durch Einschläge von Himmelkörpern auf der Erde bewahren. Andererseits können diese Summen auch für andere sinnvolle Projekte auf der Erde eingesetzt werden, z.B. soziale Gerechtigkeit, Infrastruktur etc.</i>

In höheren Jahrgangsstufen können Schülerinnen und Schüler auch (einfache) englischsprachige Aussagen erläutern und dabei ihre Kompetenzen zu „Die Lernenden erläutern aus verschiedenen Perspektiven Eigenschaften einer [...] Argumentation“ (BiStas)⁴⁵ zeigen.

44 Kultusministerkonferenz (2020), 2.4, S. 17-18

45 Kultusministerkonferenz (2020), 2.4, S. 18

Klausur Ph13 1 3 BE (B1, K, S)		Erläutern Sie folgendes Zitat von Werner Heisenberg ⁴⁶ „Die Wirklichkeit, von der wir sprechen können, ist nie die Wirklichkeit an sich, sondern [...] eine von uns gestaltete Wirklichkeit.“ ⁴⁷ Führen Sie dabei einen physikalischen und einen außerphysikalischen Aspekt an. Oder analog mit dem englischsprachlichen Zitat: „What we observe is not nature itself, but nature exposed* to our method of questioning.“ ⁴⁸ *to expose sth.: etwas aussetzen
Erwartungs-horizont		Physikalisch: z. B.: Ein Beispiel hierfür ist das Doppelspaltexperiment mit Elektronen: Es gibt kein Interferenzmuster, wenn eine Ortsmessung der Elektronen an einem der Spalte erfolgt (Komplementarität). Außerphysikalisch: z. B.: Jeder Mensch hat eine subjektive Wahrnehmung seiner Umwelt, da die Wahrnehmung auch von Erfahrungen, Sozialisierung und kognitiven Fähigkeiten abhängt (Konstruktivismus). In beiden Fällen beeinflussen wir die Wahrnehmung und da wir Wahrnehmung meist mit Wirklichkeit gleichsetzen, gestalten wir unsere Wirklichkeit.
Bewertungs-schema		1 BE. Physikalischer Aspekt (Beispiel) ist treffend beschrieben 1 BE: Nicht-physikalischer Aspekt (Beispiel) ist treffend beschrieben 1 BE: Bezugnahme auf das Zitat klar erkennbar
Erreichte BE	Schülerlösung	
1 BE	<p><i>Physik: Wie bereits in c) * beschrieben (-> Zusammenbruch Interferenzmuster), zwingt man ein System, wenn man eine Messung durchführt, einen bestimmten ^{zu fassen} Wert anzunehmen -> von uns gestaltete Wirklichkeit ✓</i></p> <p><i>Außer-physikalisch: In bestimmten Situationen erdenkt man sich die Wirklichkeit etwas schöner als etwas ist. ^{zoukante / klarer beschrieben}</i></p> <p><i>*Schüler hat in Teilaufgabe c) die Komplementarität als einen der Wesenszüge der Quantenphysik beschrieben</i></p>	
3 BE	<p><i>In Zusammenhang mit der Physik (Quantenphysik) spielt Heisenberg auf den Effekt an, dass Quantenobjekte erst durch Beobachtung (=Messung) einen bestimmten Zustand annehmen✓, somit "gestalten" wir die Wirklichkeit durch unsere Fähigkeit der Beobachtung. ✓</i></p> <p><i>Außer-physikalisch könnte das Zitat darauf hinweisen, dass jeder "seines Glückes Schmied" ist, das heißt, man sein Leben selbst in die Hand nehmen muss (=Wirklichkeit gestalten) und etwas ändern kann, wenn es einem nicht gefällt. nicht ganz verständlich (-2BE)</i></p>	

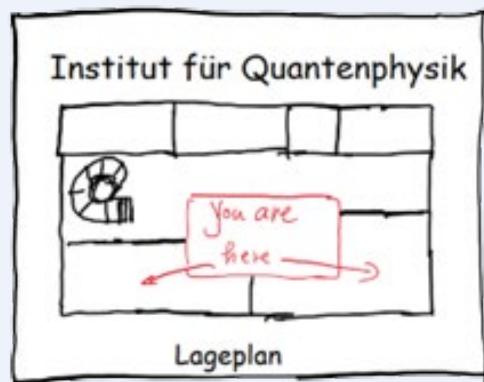
46 Foto: Friedrich Hund (2013): Werner Heisenberg 1926, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heisenberg_Werner_1926.jpeg, auf Wikimedia Commons, lizenziert unter [CC BY 3.0](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/) [abgerufen am 08.12.2022]

47 Heisenberg (1989), S. 59

48 Heisenberg (1971), S. 57

Erreichte BE	Schülerlösung
3 BE	<p>Heisenberg sagt damit aus, dass der Mensch noch lange nicht alles über die Physik weiß und dass physikalische Gegebenheiten, die uns heute als selbstverständlich erscheinen, in der Zukunft komplett relativiert werden können: Bis zur Entdeckung des Photoeffekts waren die Menschen sich sicher, Licht wäre "wellenförmig", durch den Photoeffekt änderte sich einiges, neue Ansätze kamen hinzu (-> Quantenphysik). ✓</p> <p>Auch außerhalb der Physik hat dieses Zitat Bedeutung: Für jeden Menschen ist die Realität anders. Sie setzt sich v.a. aus der Weltanschauung, den politischen und religiösen Überzeugungen und den Gefühlen der Person zusammen, was es unmöglich macht, dass es für 2 Personen die gleiche Realität gibt. ✓</p> <p>Somit ist die Wirklichkeit sowohl in der Physik, als auch im Alltag lediglich vom Menschen als solche empfunden, denn sie setzt sich aus momentanen, veränderbaren <u>Annahmen</u> zusammen. Somit finde ich dieses Zitat durchaus sinnvoll und zutreffend. ✓</p>

Schülerinnen und Schüler können auch aufgefordert werden, „Informationen und deren Darstellung aus Quellen [...] hinsichtlich Vertrauenswürdigkeit und Relevanz“ zu beurteilen oder „die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in [...] alltäglichen Zusammenhängen“ zu reflektieren (BiStas),⁴⁹ was mit folgenden beiden Aufgaben exemplarisch gezeigt wird:

Stegreifaufgabe Ph13 1 3 BE (K, S, B2, B8)	<p>Beurteilen Sie die im Cartoon angedeutete Auswirkung der Quantenphysik im Alltag.</p> <div style="text-align: right;">  </div>
---	---

49 Kultusministerkonferenz (2020), 2.4, S. 17

Ph13 1 (K3, B2, B8)	<p>Dipl. Psych. Manuela Pietza vom Institut für Transkulturelle Gesundheitswissenschaften in Frankfurt (Oder) veröffentlichte 2014 eine „Kontrollierte Studie zur Wirksamkeit der Quantenheilung“. Ein Ausschnitt aus der Arbeit ist unten dargestellt.</p>
3 BE	a) Beschreiben Sie (kurz) den physikalischen Hintergrund von „auf der Ebene von Elementarteilchen (...) die Welleneigenschaft dieser Teilchen kollabieren lassen“.
3 BE	b) Beurteilen Sie die Vertrauenswürdigkeit des Verfahrens der Quantenheilung anhand des dargestellten Ausszugs der Studie.
3 BE	c) Beschreiben Sie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen für die Entscheidung, ob man sich einer Quantenheilung unterzieht.
Es ist möglich, eine Auswahl aus den drei Teilaufgaben vorzunehmen.	<p>„Insbesondere lehnen die Begründer der Quantenheilung sich an die folgende Entdeckung aus der Quantenmechanik an: Ein Akt des Beobachtens könnte das Beobachtete dazu bringen, sich in einem bestimmten Zustand zu realisieren. [...]. Für den Behandelten könnte es demnach bedeuten, dass seine bisherigen Denkmuster durch eine Quantenheilungsbehandlung in eine Instabilität gebracht werden, aus der heraus eine neue Lebenssichtweise durch eine Umstrukturierung der Gedanken entstehen könnte, die wiederum Verhaltensänderungen und Gesundung zur Folge hätten. Dabei wird eine sogenannte ‚Zwei-Punkte-Methode‘ als auslösender Effekt betrachtet. Der Behandler berührt den Patienten an zwei willkürlich gewählten Körperpunkten oder nah am Körper [...]. Die anfänglich gedankliche Verbindung des Behandlers zwischen zwei Punkten soll [...] auf der Ebene von Elementarteilchen, hier Photonen oder Elektronen, die Welleneigenschaft dieser Teilchen kollabieren lassen. [...]. Durch die Veränderung auf der Bewusstseinsebene könnte ein Neuaufbau der Zellenstruktur des Patienten induziert werden. Dieser Neuaufbau wirke auch auf die umgebende Struktur und ermögliche so, dass sich Atome bis hin zu den Molekülen neu ordnen und dadurch Heilungsprozesse, im Sinne einer psychischen und physischen Befindlichkeitsänderung, initiiert werden könnten [...].“</p>
Lässt man b) weg, so kann der Auszug der Studie um den letzten Abschnitt gekürzt werden.	<p>„Die Quantenheilungsmethode als Behandlungsverfahren dauert ungefähr 20 Minuten. [...]. Für den Behandler ist eine Anamnese* nicht erforderlich. Der Patient wird nach einem kurzen Vorstellungsgespräch aufgefordert, sich wiederholt gedanklich die zu erreichende Heilungssituation vorzustellen. [...] Währenddessen ist der Therapeut dem Patienten gegenüber zugewandt und achtsam. In seinen Gedanken stellt er sich dessen Heilung als bereits erfolgt vor. Der Patient wird anfänglich aufgefordert sein Krankheitsthema kurz zu reflektieren und sich im Folgenden ebenso eine Ausrichtung einer idealen Heilung vorzustellen.“⁵⁰</p>
	<p>*Anamnese: Gespräch mit dem Patienten zur Erfragung von medizinisch relevanten Informationen mit dem Ziel der Erfassung der Krankheitsgeschichte.</p>
Bewertungsschema	<p>b) 1 BE: Formulierung eines klaren Urteils (Verfahren ist nicht vertrauenswürdig) 2 BE: Untermauerung des Urteils durch Verwendung von Textstellen, z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Hinweis auf fachlich falsche Aussagen (z.B. eine Veränderung auf der Bewusstseinsebene führt nicht zur Neuordnung von Atomen) – Behandlungen, die ohne vorherige Anamnese durchgeführt werden, können sehr gefährlich sein und sind nicht akzeptabel, <p>c) 2 BE: Es werden mindestens zwei physikalische Kompetenzen und deren Auswirkung auf eine Entscheidungsfindung beschrieben, z. B.</p> <ul style="list-style-type: none"> – Menschen mit physikalischen Kompetenzen wissen, dass sich wissenschaftliche Methoden mit Versuchen belegen lassen und können sich über diese informieren. – Menschen mit physikalischen Kompetenzen können Fehlschlüsse oder Brüche in vermeintlich fachlichen Argumentationsketten leichter erkennen. <p>1 BE: Fazit/ Schlussfolgerung: physikalisch kompetente Menschen entscheiden sich i. d. R. dagegen, sich einer Quantenheilung auszusetzen.</p>

Bei den folgenden Aufgaben können Prüflinge ihre Kompetenzen zeigen zu „**Die Lernenden entwickeln anhand relevanter Bewertungskriterien Handlungsoptionen** in [...] alltagsrelevanten Entscheidungssituationen mit fachlichem Bezug und wägen sie gegeneinander ab“ (BiStas)⁵¹:

Klausur Ph13 4	Mitte des 20. Jahrhunderts wurde entdeckt, dass man farblose Topase (Edelsteine) durch Bestrahlung mit Neutronen in blaue Topase verwandeln und somit eine erhebliche Wertsteigerung erzielen kann. Da durch diese Bestrahlung radioaktive Folgeprodukte im Topas entstehen, können derart bearbeitete Edelsteine noch Jahre nach der Bestrahlung eine deutlich erhöhte Radioaktivität aufweisen.
3 BE (B3, S, K)	Formulieren Sie zwei mögliche unterschiedliche gesetzliche Regelungen für Juweliere in Bezug auf Verwendung bestrahlter Topase und wägen sie diese gegeneinander ab.
Klausur Ph11 Biophysik	Bei Ihrem Mitschüler Peter soll eine MRT-Untersuchung des Knies durchgeführt werden. Da Peter Physik schon abgelegt hat und weiß, dass Sie sich im Unterricht mit dem MRT (Magnetresonanztomographie, auch Kernspintomographie genannt) als Anwendungsbeispiel für magnetische Felder beschäftigt haben, schreibt er Ihnen nun eine Mail: „Hab' morgen MRT am Knie, wird da auch bestrahlt, ähnlich wie beim Röntgen? Ist ein MRT gefährlich?“
6 BE (B3, S, K)	Beantworten Sie diese Mail und geben Sie eine begründete Empfehlung ab, ob Peter die Untersuchung durchführen lassen soll.

Der Kompetenzbereich „**Die Lernenden beurteilen Technologien und Sicherheitsmaßnahmen hinsichtlich ihrer Eignung und Konsequenzen und schätzen Risiken, auch in Alltagssituationen, ein**“ (BiStas)⁵² bezieht Themen hoher gesellschaftlicher Relevanz und Bezug zur Lebenswelt mit ein:

Abitur BY 2021, Ph 12-2 4 BE (B6)	Aufgrund des Zerfalls von ^{210}Pb wird bei täglich 20 gerauchten Zigaretten eine weitere Äquivalentdosis von etwa 0,4 mSv pro Jahr aufgenommen. Bewerten Sie die jährliche Strahlenbelastung durch diesen Tabakkonsum unter Verwendung von Abb. 2.	<p>Effektive Jahresdosis pro Person in mSv in Deutschland</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Kategorie</th> <th>Dosis (mSv)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Röntgendiagnostik (R)</td> <td>1,8</td> </tr> <tr> <td>Nahrung (N)</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>Terrestrische Strahlung (T)</td> <td>0,4</td> </tr> <tr> <td>Kosmische Strahlung (K)</td> <td>0,3</td> </tr> <tr> <td>Inhalation von Radon (I)</td> <td>1,1</td> </tr> <tr> <td>Forschung und Technik (F)</td> <td>0,04</td> </tr> <tr> <td>Nuklearmedizin (M)</td> <td>0,04</td> </tr> </tbody> </table> <p>Abb. 2</p>	Kategorie	Dosis (mSv)	Röntgendiagnostik (R)	1,8	Nahrung (N)	0,3	Terrestrische Strahlung (T)	0,4	Kosmische Strahlung (K)	0,3	Inhalation von Radon (I)	1,1	Forschung und Technik (F)	0,04	Nuklearmedizin (M)	0,04
Kategorie	Dosis (mSv)																	
Röntgendiagnostik (R)	1,8																	
Nahrung (N)	0,3																	
Terrestrische Strahlung (T)	0,4																	
Kosmische Strahlung (K)	0,3																	
Inhalation von Radon (I)	1,1																	
Forschung und Technik (F)	0,04																	
Nuklearmedizin (M)	0,04																	
Erwartungs-horizont	z. B.: Die jährliche durch diesen Tabakkonsum verursachte Äquivalentdosis beträgt etwa 0,4 mSv durch ^{210}Pb und 0,2 mSv durch ^{210}Po (Ergebnis aus vorheriger Teilaufgabe), also ca. 0,6 mSv. Das ist vergleichbar mit der Äquivalentdosis, die in Summe durch Nahrungsaufnahme und kosmische Strahlung verursacht wird, im Gegensatz zu diesen aber vermeidbar. Da es keine untere Grenze gibt, unterhalb derer eine Strahlenbelastung mit Sicherheit ungefährlich ist, sollte man besser nicht rauchen.																	
Bewertungs-schema	<p>1 BE: Bestimmung der gesamten durch den Tabakkonsum verursachten Äquivalentdosis entsprechend der vorliegenden Information</p> <p>1 BE: Vergleich mit effektiver Jahresdosis für selbst ausgewählte Umfänge aus gegebener Abbildung</p> <p>2 BE: Klares, begründetes Urteil</p>																	

51 Kultusministerkonferenz (2020), 2.4, S. 17

52 Kultusministerkonferenz (2020), 2.4, S. 18

Erreichte BE	Schülerlösung
3 BE 3 BE	<p>Aus dem Diagramm ergibt sich eine effektive Jahressdosis von 4,0mSv. Die zusätzliche Belastung durch ^{210}Po entspricht ca. 10% davon und entspricht in etwa der Dosis, die ohnehin schon durch die Nahrung aufgenommen wird. Die jährliche Strahlenbelastung liegt daher in keinem gefährlichen Bereich, jedoch sollte man sich bei langfristig intensivem Zigarettenkonsum bewusst sein, dass man so die Wahrscheinlichkeit für stochastisch auftretende Folgeschäden unnötig erhöht.</p> <p>✓ Berücksichtigung Strahlenbelastung durch ^{210}Po (-1 BE)</p>
Abitur BY 2019 Ph 12-2 6 BE (B6)	Bewerten Sie den Einsatz eines Fusionsreaktors zur Energieversorgung, indem Sie jeweils zwei Argumente für und gegen diese Technologie abwägen.
Abitur BY 2020 Ph 12-2 4 BE (B6)	In Privathaushalten sind Rauchmelder mit radioaktivem Präparat mittlerweile von Geräten mit einem optischen Messprinzip verdrängt worden. Diese nutzen die Streuung von Licht durch Rauch aus und arbeiten vergleichbar zuverlässig. Ein Verbot der Ionisationsrauchmelder in Privathaushalten wird diskutiert. Bewerten Sie ein solches Verbot hinsichtlich Einsatz und Entsorgung dieser Geräte aus Sicht des Strahlenschutzes.
Stegreifaufgabe Biophysik 5 BE (B6)	Fußballspieler werden, bevor sie von einem Verein unter Vertrag genommen werden, einem umfangreichen Gesundheits-Check-up unterzogen: z. B. Blutuntersuchungen, EKG, MRT, CT und Ultraschall. Bewerten Sie die Verhältnismäßigkeit, einen jungen Sportler diesen Untersuchungen auszusetzen.

In einem abschließenden Beispiel zur Bewertungskompetenz reflektieren Schülerinnen und Schüler „Auswirkungen physikalischer Weltbetrachtung sowie die Bedeutung physikalischer Kompetenzen in historischen, gesellschaftlichen oder alltäglichen Zusammenhängen“ (BiStas)⁵³.

Klausur Oberstufe	In seinem Internet-Auftritt schreibt das bayerische Kultusministerium: „Die Förderung der Interessen und Fähigkeiten von Kindern und Jugendlichen im MINT-Bereich (MINT: Mathematik, Informatik, Naturwissenschaften, Technik) ist sowohl für die individuellen Zukunftschancen der Heranwachsenden als auch für die Wettbewerbs- und Zukunftsfähigkeit unseres Landes von zentraler Bedeutung.“ ⁵⁴
5 BE (B8)	Begründen Sie anhand von zwei der Lerninhalte des bisherigen Oberstufenkurses Physik diese zentrale Bedeutung. Sie können sowohl erworbene Wissen als auch erlernte Arbeits- oder Denkweisen berücksichtigen.

53 Kultusministerkonferenz (2020), 2.4, S. 18

54 s. <https://www.km.bayern.de/ministerium/schule-und-ausbildung/erziehung/mint.html>

2. Bewertung von besonderen Aufgabenarten

2.1 Bewertung von Experimentalkompetenz im Unterricht

Auch die Planung, Durchführung, Auswertung oder Präsentation von Schülerexperimenten kann Basis für eine Note sein. Wie bei jeder Leistungsbewertung, muss auch hier die Urheberschaft der Leistung klar sein:

- Es ist nicht zulässig, bei Gruppenarbeiten allen Schülerinnen und Schülern der Gruppe eine „Einheitsnote“ zu geben, vielmehr muss der Beitrag jedes Einzelnen zur Gruppenarbeit klar ersichtlich sein und nur dieser darf Basis für die individuelle Note sein. Bei vielen Experimenten ist Einzelarbeit möglich.
- Es muss ausgeschlossen werden, dass Eltern oder andere Personen sich so einbringen, dass die Note dadurch beeinflusst wird. Daher sollte alles, was bewertet wird, im Unterricht erarbeitet werden.

Zur Notenbildung ist es praktisch, eine einheitliche Punkteverteilung zu Grunde zu legen, z.B. folgende:

BE	20	19	18	17	16	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4 - 0
Note		1			2			3			4			5			6
Punkte	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1		0

Die Kriterien bei der Bewertung können sehr unterschiedlich sein, z.B.:

- planerische Leistung (je nach Kompetenzerwartung der Jahrgangsstufe)
- Versuchsdurchführung (Geschick, Selbständigkeit, Lernen aus Fehlschlägen, Geschwindigkeit ...)
- Dokumentation von Messwerten (eindeutige Zuordnung, Einheiten, Vollständigkeit, Übersichtlichkeit, Anzahl)
- Auswertung mit geeigneten Mitteln (Berechnungen, Diagramme, Tabellenkalkulation, Visualisierung ...)
- Dokumentation bzw. Protokollführung (Einhaltung der Vorgaben zum Aufbau des Protokolls, Fachsprache in der Versuchsbeschreibung, Sauberkeit und Übersichtlichkeit der Darstellung)
- Präsentation (adressatengerecht, fokussierend, Interesse weckend, anschaulich, fachlich präzise)
- Beantwortung der dem Experiment zugrundeliegenden Forschungsfrage

Die Bewertung eines Versuchs kann sehr umfangreich und zeitaufwändig sein. Daher bietet es sich an, nur einen Teilumfang zu bewerten: Bei einem Versuch könnte z.B. die Messung und Auswertung im Vordergrund stehen, bei einem anderen Versuch die Versuchsplanung und Dokumentation oder die Auswertung und Präsentation der Ergebnisse. Mit Blick auf die Arbeitsbelastung der Lehrkraft ist es naheliegend, immer nur einen Teil der Klasse zu bewerten.

Will man – wie bei den unten dargestellten Bewertungsschemata A und B – die Versuchsdurchführung bewerten, dann kann ein Beobachtungsbogen, den die Lehrkraft während des Unterrichts bei den Experimentiergruppen ausfüllt, sehr hilfreich sein. Der Beobachtungsbogen ist im Regelfall spezifisch passend für den durchgeführten Versuch zu gestalten. Als Beispiel ist ein Beobachtungsbogen für die Aufnahme einer Diodenkennlinie wiedergegeben, der auch Basis für eine Notenbildung bzgl. Versuchsdurchführung sein kann:

Bewertungsbogen „Aufnahme einer Diodenkennlinie“ (Jgst. 10, Profilbereich NTG)

Name: _____ Datum: _____

Die formulierten Ziele wurden erreicht:	trifft nicht zu	trifft eher nicht zu	trifft eher zu	trifft voll und ganz zu
Aufbau Stromkreis mit Hilfe der Beschreibungen				x
Einbau und Einstellung Spannungsmessgerät				x
Einbau und Einstellung Strommessgerät	x			
Verteilung der Spannungswerte über den gesamten Messbereich und dichtere Messpunkte im Bereich der Schwellenspannung		x		
Selbständigkeit in der Durchführung, ggf. rasche Aufnahme und Umsetzung von Hilfestellung			x	

Die Anzahl der Kreuze in jeder der vier Spalten wird von links nach rechts mit 0 BE, 1 BE, 3 BE bzw. 4 BE multipliziert. Insgesamt sind maximal 20 BE erreichbar, die Umrechnung in eine Note erfolgt wie oben beschrieben:

$$1 \cdot 0 \text{ BE} + 1 \cdot 1 \text{ BE} + 1 \cdot 3 \text{ BE} + 2 \cdot 4 \text{ BE} = 12 \text{ BE}; \quad \text{Note 3}$$

Im Folgenden sind drei **unterschiedliche Schemata** zur Bewertung von Experimentalkompetenz dargestellt, es sind immer maximal 20 BE erreichbar, passend zu obigem Notenschlüssel.

A: Bewertung eines Versuchs, bei dem **keine Planung** durch die Schülerinnen und Schüler erforderlich ist.

Bewertung Versuchs-durch-führung	Bewertung Versuchsdokumentation							Summe
	Selbständigkeit	Versuchziel	Aufbau	Beschreibung der Durchführung	Messergebnisse	Auswertung der Messergebnisse	Sauberkeit/Übersichtlichkeit der Darstellung	
__/2	__/1	__/3	__/2	__/6	__/4	__/2	__/20	

B: Bewertung eines Versuchs, bei dem eine **selbständige Planung**, Durchführung und Dokumentation im Vordergrund steht.

Bewertung Versuchspräparation und Durchführung			Bewertung Dokumentation		Summe
Kreativität	Geschick	Selbständigkeit	Versuchsaufbau, Durchführung	Messergebnisse	
__/3	__/2	__/5	__/5	__/5	__/20

C: Bewertung eines Versuchs, bei dem die Messwerte gegeben sind und die Schülerinnen und Schüler nur die **Auswertung** und **Präsentation** der Ergebnisse vornehmen.

Bewertung Versuchsauswertung		Bewertung Dokumentation			Summe
Auswertung Messergebnisse	Geeignete Darstellung der Ergebnisse (z. B. Diagramm)	Adressatengerechte Präsentation und geeignete Medien	Korrekte Fachsprache		
__/6	__/5	__/4	__/5	__/20	

2.2 Bewertung von Multiple-Choice-Aufgaben

Typisches Kennzeichen dieses oft auch „Ankreuzaufgaben“ genannten Formats ist, dass die Lösung nicht frei formuliert werden kann, sondern eine vorgegebene Auswahl die Grundlage ist. Im Folgenden wird auf zwei Aufgabenarten^{55, 56} eingegangen:

Single-Choice (SC)-Aufgaben: Es gibt EINE einzige richtige Antwort („Single-Choice“). Alle anderen Antwortmöglichkeiten sind eindeutig falsch.

Multiple-Choice (MC)-Aufgaben: Eine, mehrere oder alle Antworten können richtig sein. Wichtig ist auch hier, dass es keinen Interpretationsspielraum gibt und die Antwortmöglichkeiten eindeutig richtig bzw. falsch sind.

Für einen – dosierten – Einsatz von Multiple- bzw. Single-Choice-Aufgaben im Physikunterricht oder in Prüfungen spricht aus der Sicht der Schülerinnen und Schüler, dass die Kompetenzmessung von einigen Fähigkeiten (schreiben, formulieren etc.) entkoppelt ist, und aus der Sicht der Lehrerinnen und Lehrer, dass diese Aufgaben ohne großen Zeitaufwand korrigiert werden können und zielgenau einzelne Kompetenzen abprüfen können. Deshalb können Multiple- bzw. Single-Choice-Aufgaben auch zum Wiederholen zu Beginn oder am Ende einer Lerneinheit eingesetzt werden können. Im Unterricht ist der Einsatz einer **interaktiven Präsentationssoftware** zur Auswertung und Ergebnisdarstellung mit **Live-Feedback** sehr gut geeignet. Hierzu gibt es etliche Anwendungen, die im Rahmen der schulischen Datenschutzbestimmungen betrieben werden können. Unabhängig davon, welche Software verwendet werden soll, muss dies mit dem Datenschutzbeauftragten der Schule vor der Verwendung abgeklärt werden⁵⁷.

Eine Multiple- bzw. Single-Choice-Aufgabe besteht immer aus einem **Aufgabenstamm** und **Antwortoptionen**. Der Aufgabenstamm umfasst Problembeschreibung und Fragestellung, sollte einfach und klar formuliert sein und alle für die Lösung der Aufgabe erforderlichen Informationen enthalten. Die falschen Antwortoptionen sind für die Schwierigkeit wichtiger als die richtigen. Sie sollen für den unwissenden Prüfling plausibel erscheinen, dürfen die wissenden Prüflinge aber nicht verwirren. Es bietet sich an, häufige Fehlvorstellungen oder falsche physikalische Konzepte einzubauen. Alternativantworten, die unplausibel, trivial bzw. völlig unsinnig sind, sollen nicht verwendet werden, da sie zu leicht ausgeschlossen werden können und damit die Trefferwahrscheinlichkeit bei reinem Raten steigt. Alle Antwortoptionen sollten etwa gleiche Länge besitzen und grammatisch passend zum Aufgabenstamm formuliert sein. Die richtige Antwort darf nicht als einzige in ihrer Formulierung Ähnlichkeiten zum Aufgabenstamm oder zum Lehrbuch aufweisen.

Aufgabenstamm z. B.	Ein negativ geladener Stab wird von rechts an eine ungeladene, isoliert aufgestellten Metallkugel gebracht, ohne diese zu berühren. Kreuze die eine richtige Aussage an.
Antwortoptionen z. B. (hier n=5)	Die gesamte Metallkugel lädt sich negativ auf. Die gesamte Metallkugel lädt sich positiv auf. Die Kugel bleibt ungeladen. Die linke Seite der Metallkugel ist positiv, die rechte negativ geladen. Die Kugel bleibt ungeladen. Die rechte Seite der Metallkugel ist positiv, die linke negativ geladen. Die Metallkugel zeigt keinerlei Veränderung.

Die Bewertung von SC-Aufgaben

(A) „**Alles oder nichts**“: Es wird eine Bewertungseinheit (BE) oder mehr – je nach Gewichtung der Frage – gutgeschrieben, wenn die richtige Antwort angekreuzt wurde. Andernfalls werden keine BE vergeben (Schema A1).

Die Tabelle unten zeigt den Zusammenhang zwischen Anzahl der Antworten, Anzahl der Aufgaben und der Wahrscheinlichkeit (in Prozent), dass ein Prüfling – entsprechend der Binomialverteilung – trotz Raten mehr als 50 % der Aufgaben richtig beantwortet (also in der Oberstufe mindestens 6 Notenpunkte erzielt).

55 Technischen Universität München (TUM), Hochschulreferat Studium und Lehre (2012)

56 Wirtschaftsuniversität Wien, Teaching & Learning Academy (2019)

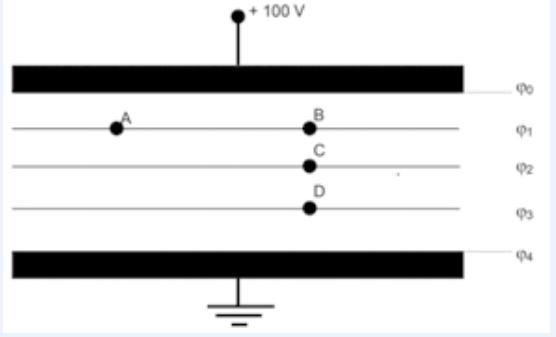
57 Mebis Redaktion (2020)

Anzahl Antworten	Single-Choice		
	zwei	drei	vier
5 Aufgaben	50%	21%	10,4%
10 Aufgaben	62,3%	21,3%	7,8%
20 Aufgaben	58,8%	9,2%	1,4%
30 Aufgaben	57,2%	4,4%	0,3%

Daraus folgt, dass man zur Berücksichtigung der „Ratewahrscheinlichkeit“ bei Verwendung von nur wenigen Antwortoptionen den Bewertungsschlüssel verändern sollte (siehe z. B. nächste Seite, Schema A2) oder erst dann BE auf die Aufgabe geben sollte, wenn der Prüfling besser ist, als jemand, der rät (Schema A3). Je mehr Antwortoptionen angeboten und je mehr Aufgaben gestellt werden, desto kleiner wird die „Ratewahrscheinlichkeit“ und desto eher kann man auf ungewohnte Schemata wie (A2) oder (A3) verzichten.

(B) **Gemischte Bewertung:** Bei je n Antwortoptionen (z. B. $n = 3$) gibt es eine BE auf das Ankreuzen der richtigen Antwort und je $1/(n-1)$ (hier 0,5) BE Abzug auf das Ankreuzen einer falschen Antwort. Bei vier richtigen und zwei falschen Antworten hätte man also 3 BE. Fragen, bei denen keine Antwort oder mehr als eine angekreuzt wurden, gehen nicht in die Wertung ein. Um eine negative Punktzahl als Gesamtergebnis einer Aufgabe zu vermeiden, wird man null BE als Untergrenze für das Gesamtergebnis festlegen.

Folgende SC-Aufgabe mit vier Teilaufgaben kann in der Jgst. 12 eingesetzt werden:

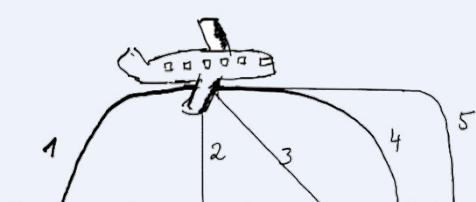
Aus einer Stegreifaufgabe Ph12 1 2-4 BE je nach Wahl des Bewertungsschemas	In den ersten Teilaufgaben der Stegreifaufgabe wurden u. a. die Potentiale ϕ_0 bis ϕ_4 bestimmt sowie die Änderung der potentiellen Energie bei einer Verschiebung einer negativen Probeladung von $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$										
	Aufgabe: Entscheiden Sie, ob folgende vier Aussagen richtig (r) oder falsch (f) sind. Anmerkung: Je nach gewähltem Bewertungsschema erfolgt hier ein entsprechender Hinweis an die Schülerinnen und Schüler, z. B. bei (A2): „Je richtige Antwort +1 BE, je falsche Antwort -1 BE, jedoch nicht weniger als insgesamt 0 BE möglich“.	<table border="1" data-bbox="404 1583 1405 2077"> <thead> <tr> <th>Aussage</th> <th>richtig/ falsch</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Bei Verwendung einer positiven Probeladung $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ändert sich bei den Ergebnissen von i bis iv lediglich das Vorzeichen.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bei Verwendung einer positiven Probeladung $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ändert sich bei den angegebenen Potentialen ϕ_0 bis ϕ_4 das Vorzeichen.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bei Anlegen einer Spannung von +200 V an die obere Platte und unverändertem Plattenabstand halbieren sich bei den Ergebnissen von i bis iv die Werte.</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Bei Anlegen einer Spannung von +100 V an die obere Platte und einer Halbierung des Plattenabstands halbieren sich bei den Ergebnissen von i bis iv die Werte.</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>	Aussage	richtig/ falsch	Bei Verwendung einer positiven Probeladung $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ändert sich bei den Ergebnissen von i bis iv lediglich das Vorzeichen.		Bei Verwendung einer positiven Probeladung $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ändert sich bei den angegebenen Potentialen ϕ_0 bis ϕ_4 das Vorzeichen.		Bei Anlegen einer Spannung von +200 V an die obere Platte und unverändertem Plattenabstand halbieren sich bei den Ergebnissen von i bis iv die Werte.		Bei Anlegen einer Spannung von +100 V an die obere Platte und einer Halbierung des Plattenabstands halbieren sich bei den Ergebnissen von i bis iv die Werte.
Aussage	richtig/ falsch										
Bei Verwendung einer positiven Probeladung $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ändert sich bei den Ergebnissen von i bis iv lediglich das Vorzeichen.											
Bei Verwendung einer positiven Probeladung $q_2 = 4,0 \cdot 10^{-19} \text{ C}$ ändert sich bei den angegebenen Potentialen ϕ_0 bis ϕ_4 das Vorzeichen.											
Bei Anlegen einer Spannung von +200 V an die obere Platte und unverändertem Plattenabstand halbieren sich bei den Ergebnissen von i bis iv die Werte.											
Bei Anlegen einer Spannung von +100 V an die obere Platte und einer Halbierung des Plattenabstands halbieren sich bei den Ergebnissen von i bis iv die Werte.											

Die oben abgedruckte Aufgabe wurde in einer Stegreifaufgabe in zwei Kursen erprobt. Außerhalb der SC-Aufgabe waren maximal 20 BE erreichbar. Die Schülerarbeiten wurden gemäß vier verschiedener Bewertungsschemata ausgewertet.

	Bewertungsschema
A1	Für jede richtige Antwort gibt es eine BE (also maximal 4 BE für die SC-Aufgabe); Gesamtumfang 24 BE; Standardnotenschlüssel;
A2	Für jede richtige Antwort gibt es eine BE. Gesamtumfang 24 BE; Da im statistischen Mittel 2 BE durch Raten erreicht werden, wird der Standardnotenschlüssel der Arbeit entsprechend angepasst;
A3	Bei null, einer oder zwei richtigen Antworten erhält man 0 BE, bei drei richtigen 1 BE, bei vier richtigen 2 BE (Punkte gibt es also nur, wenn „man besser ist als jemand, der rät“.); Gesamtumfang 22 BE. Standardnotenschlüssel;
B	Für jede richtige Antwort gibt es eine BE, für jede falsche Antwort wird eine BE abgezogen; Gesamtumfang 24 BE. Standardnotenschlüssel;

Fazit: Bewertungsschema A1 lieferte wie erwartet die besten Notenschnitte, da hier die 50%-Ratewahrscheinlichkeit je Aufgabe außen vor bleibt. Bewertungsschema A2 lieferte die schlechtesten Ergebnisse. Ansonsten waren die Unterschiede gering.

Ein weiteres Beispiel ist für die 10. Jgst. geeignet.

Aus einer Schul- aufgabe Ph10 3 mit insgesamt 44 BE jeweils 2 BE auf die richtige Antwort	<p>Kreuze bei 1.) und 2.) jeweils die richtige Aussage an:</p> <p>1.) Ein Stein wird aus einer festen Höhe waagrecht geworfen. Bei Verdoppelung der Anfangsgeschwindigkeit</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> bleibt die Wurfweite gleich. <input type="checkbox"/> vervierfacht sich die Wurfweite. <input type="checkbox"/> verdoppelt sich die Wurfweite. <input type="checkbox"/> verachtfacht sich die Wurfweite. <p>2.) Ein Stein wird mit immer der gleichen Anfangsgeschwindigkeit waagrecht geworfen. Die Abwurfhöhe wird vervierfacht. Die Wurfweite</p> <ul style="list-style-type: none"> <input type="checkbox"/> halbiert sich. <input type="checkbox"/> vervierfacht sich. <input type="checkbox"/> bleibt gleich. <input type="checkbox"/> verdoppelt sich. <p>3.) Ein Versorgungspaket wird aus dem Frachtraum eines Flugzeuges abgeworfen, während das Flugzeug in horizontale Richtung fliegt. Gib an, welche nummerierte Linie am ehesten den Abwurf des Versorgungspakets von der Erde aus gesehen beschreibt. (Reibungskräfte werden nicht berücksichtigt.)</p> <p>Linie mit der Nummer: _____</p> 
---	--

Die Bewertung von MC-Aufgaben

Eine „Alles oder nichts“ Bewertung ist grundsätzlich auch bei MC-Aufgaben möglich, führt allerdings dazu, dass die Prüflinge meist nur sehr wenige Punkte erhalten. Der Noten-Punkte-Schlüssel muss dann in einem engen Punktebereich die Leistungen differenzieren. Daher werden bei **MC-Aufgaben** häufig auch Teilpunkte vergeben. Diese Vergabe ist jedoch nicht trivial, es gibt sehr viele unterschiedliche Vorgehensweise mit unterschiedlichen Vor- und Nachteilen. Es werden drei Bewertungsschemata A, B und C vorgestellt:

(A) „**Nur Richtiges oder nichts**“: Hier werden innerhalb der korrekten Antwortmöglichkeiten Teipunkte vergeben, sobald allerdings eine falsche Antwortmöglichkeit angekreuzt wird, bekommt man für die Frage keine Punkte mehr. Das Ankreuzen falscher Antwortmöglichkeiten hat somit ein hohes Gewicht und Raten ist mit einem hohen Risiko verbunden.

(B) **Gemischte Bewertung**: Dieses Korrekturschema beinhaltet einen Korrekturschlüssel, bei dem auch falsche Antworten bei der Punktevergabe miteinbezogen werden. Teipunkte werden nach dem Schema (Richtige Antworten des Prüflings/Gesamtanzahl richtiger Antwortmöglichkeiten – (Falsche Antworten des Prüflings/Gesamtanzahl falscher Antwortmöglichkeiten) ermittelt. Hat eine Antwort zum Beispiel insgesamt fünf Antwortalternativen und sind davon zwei korrekt (somit drei falsch, Fragen 3 und 4 in der Tabelle), so wird jede richtige Antwort mit 50 % bewertet. Davon werden die Falschantworten in Abzug gebracht, indem diese mit jeweils (in unserem Beispiel) 33 % gewichtet werden. Hier ist es möglich, dass eine Aufgabe mit Minuspunkten bewertet wird, man kann aber null Punkte als untere Grenze für die Bewertung einer Teilaufgabe/Frage festlegen.

Das Bewertungsverfahren B erscheint aufgrund des hohen Auswerteaufwands wenig praxistauglich. Die Auswertung könnte allerdings durch ein Tabellenkalkulation automatisiert werden.

(C) **Richtige und falsche Antworten werden gleich gewichtet**: Für jede falsche Antwortmöglichkeit, die angekreuzt wird, wird so viel abgezogen, wie man für eine richtige Antwort bekommen würde. Wenn man beispielsweise bei zwei richtigen Antwortmöglichkeiten die beiden richtigen und zusätzlich eine falsche ankreuzt, erhält man einen halben Punkt. Das kann bei Prüfungsfragen mit mehr richtigen als falschen Antwortmöglichkeiten allerdings dazu führen, dass man Teipunkte erhält, wenn alle Antwortmöglichkeiten einer Frage angekreuzt wurden. Die Ergebnisse einer Bewertung mit Schema C sind ebenfalls in der Tabelle eingetragen.

Für eine fiktive MC-Aufgabe mit sieben Fragen sind die Bewertungen gemäß der Schemata A, B und C in der Tabelle unten dargestellt. Richtige Antworten sind „fett“ geschrieben, fiktive Schülerantworten mit einem „X“ markiert.

Pro Frage gibt es hier einen Rohpunkt						A	B	C
Frage 1	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X	Antwort 5 X	0	1/6	0
Frage 2	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X		1	1	1
Frage 3	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X	Antwort 5 X	0	(-1/3) 0	(-1/2) 0
Frage 4	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X	Antwort 5 X	0	2/3	1/2
Frage 5	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X		0	2/3	0
Frage 6	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X	Antwort 5 X	0	1/6	1/3
Frage 7	Antwort 1 X	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X		1/2	1/2	1/2
Gesamtergebnis: Rohpunkte BE (Rohpunkte gerundet auf halbe BE) Note						1,5 1,5 BE 5 (-)	19/6 3 BE 4	14/6 2,5 BE 5

Eine MC-Aufgabe für Jgst. 12 – Teilaufgabe einer Klausur – wird nun bzgl. der Auswertung verglichen.

Klausur Ph12 1 8 BE	<p>Zuerst erfolgt eine Information zur Art des Tests und zur Bewertung, z. B. für Schema A:</p> <p>Bei jeder Frage können mehrere Antworten richtig sein – oder auch keine. Werden nicht alle richtigen Antworten angekreuzt, so gibt es nur die Hälfte der Punkte, bei auch nur einer falsch angekreuzten Alternative gibt es keine Punkte auf die Teilaufgabe.</p> <p>a) Im Magnetfeld gibt es eine Kraftwirkung auf:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 ruhende positive Ladungen 2 bewegte negative Ladungen 3 ruhende elektrische Dipole 4 ruhende magnetische Dipole <p>b) Die Erde besitzt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 ein elektrisches Feld 2 ein magnetisches Feld 3 ein Gravitationsfeld 4 ein elektromotorisches Feld <p>c) Magnetische Feldlinien:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 beginnen und enden auf Magnetpolen 2 kreuzen sich an den magnetischen Dipolenden 3 sind geschlossen 4 können sich schneiden <p>d) Durch ... werden Magnetfelder erzeugt:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1 ruhende Permanentmagneten 2 bewegte Ionen 3 bewegte Permanentmagneten 4 ruhende Ionen
------------------------	---

Eine Schülerantwort (gekennzeichnet mit Ankreuzung „X“) wird nun mit allen drei Bewertungsschemata bewertet.

Pro Frage gibt es hier einen Rohpunkt					A	B	C
Frage a)	Antwort 1	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4 X	1	1	1
Frage b)	Antwort 1	Antwort 2 X	Antwort 3 X	Antwort 4	2/3	2/3	2/3
Frage c)	Antwort 1 X	Antwort 2	Antwort 3 X	Antwort 4	0	2/3	0
Frage d)	Antwort 1 X	Antwort 2	Antwort 3 X	Antwort 4 X	0	(-1/3) 0	1/3
Gesamtergebnis: Rohpunkte BE (Rohpunkte gerundet auf halbe BE) Note					5/3 42% 3	7/3 58% 5	6/3 50% 4

Bei dieser (kleinen) Stichprobe sieht man, dass das Ergebnis der Bewertung erkennbar variieren kann. Die Entscheidung, welches Verfahren gewählt wird, kann abhängen von der Art der Fragen und Antworten (bei geringer Differenzierung der Antworten eher (B) oder (C)), ob man falschen Antworten ein hohes Gewicht geben will (A), ob auch teilweises Raten mit einem hohen Risiko verbunden wird (A) und ob man die Auswertung möglichst einfach gestalten will (A).

Eine Sonderform des Ansatzes, „Zufallstreffer“ ratender Schülerinnen nicht zu belohnen, ist der Einbau von sich fachlich widersprechenden Antwortoptionen. Wenn diese gleichzeitig gewählt werden, sinkt die BE-Zahl auf 0.

Stegreifaufgabe 11 4 NTG 2 BE	<p>Kreuze alle richtigen Aussagen an:</p> <p>Ein Fallschirmspringer springt aus dem Flugzeug und öffnet fünf Sekunden später seinen Schirm. Unmittelbar nach dem Öffnen des Schirms</p> <p><input type="checkbox"/> nimmt die beschleunigende Kraft ab. <input type="checkbox"/> nimmt die beschleunigende Kraft zu. <input type="checkbox"/> bleibt die beschleunigende Kraft konstant. <input type="checkbox"/> nimmt die Beschleunigung ab. <input type="checkbox"/> nimmt die Beschleunigung zu. <input type="checkbox"/> bleibt die Beschleunigung konstant.</p> <p>2 BE, wenn alles richtig 1 BE, wenn nur ein Kreuz gesetzt und dieses richtig ist 0 BE ansonsten</p>
-------------------------------------	---

Die Vorbereitung eines guten MC-Tests ist durchaus aufwändig. Um Zeit zu sparen, kann man sich Anregungen aus z. B. im Internet veröffentlichten Tests holen. Ein gelungenes Beispiel stellt der für die Jgst. 12 der Fach- und Berufsoberschule vom ISB entwickelte „Multiple-Choice Test zu elektrischen und magnetischen Feldern“⁵⁸ dar, der auch für eine digitale Bearbeitung in einem Mebis-Kurs verwendbar ist.

58 s. Multiple Choice Test zu elektrischen und magnetischen Feldern <https://www.lehrplanplus.bayern.de/zusatzinformationen-kacheln/lernbereich/125409/fachlehrplaene/fos/12/physik/t> Als Mebis-Austauschkurs mit dem Namen „Multiple-Choice-Test zu elektrischen und magnetischen Feldern“ verfügbar im Bereich „teachSHARE“.

V Literatur- und Quellenverzeichnis

Bayerische Abituraufgaben der Jahre ab 2008 finden sich im Prüfungsarchiv auf Mebis: <https://mediathek.mebis.bayern.de/archiv.php>.

Literatur:

- Abshagen, M. (2015): Praxishandbuch Sprachbildung Mathematik.
- Becker, S. (2022): Der Einfluss von Stress auf diagnostische Urteilsprozesse bei Lehrkräften.
- Buchachenko, A. L. (2020): The Beauty and Fascination of Science.
- Heisenberg, W. (1989): Ordnung der Wirklichkeit, München.
- Heisenberg, W. (1971): physics and philosophy: the revolution in modern science, unwin university books, world perspectives no. 15.
- Joller-Graf, K. (2015): Wie Wissen wirksam wird: Merkmale eines kompetenzfördernden Unterrichts. Online: https://www.phlu.ch/_Resources/Persistent/efc69783c9070529ba1251a4debe7d6ca091940c/RT_K21_MK_Artikel_Joller-Wie-Wissen-wirksam-wird_20150710.pdf [abgerufen am 09.12.2022].
- Klippert, H. (2001): Eigenverantwortliches Arbeiten und Lernen.
- Kultusministerkonferenz (2020): Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife. Online: <https://www.iqb.hu-berlin.de/bista/subject/> [abgerufen am 09.12.2022].
- Leisen, J. (2011): Kompetenzen diagnostizieren und fördern. In: Naturwissenschaften im Unterricht, 123/124, S. 75-81.
- Luthiger, H. (2012): Lern- und Leistungsaufgaben in einem kompetenzorientierten Unterricht. In: Haushalt in Bildung & Forschung Jg. 1, 3-2012. Online: <https://budrich-journals.de/index.php/HiBiFol/article/view/10123> [abgerufen am 02.05.2022].
- mebis-Redaktion (2020): Online-Angebote rechtssicher in der Schule nutzen. Online: <https://mebis.bycs.de/beitrag/apps-im-unterricht> [abgerufen am 05.12.2022].
- Meyer, H. (2004): Was ist guter Unterricht?
- Ostermann, A., Leuders, T., Philipp, K. (2019): Fachbezogene diagnostische Kompetenzen von Lehrkräften – Von Verfahren der Erfassung zu kognitiven Modellen zur Erklärung. In: Leuders, T., Nückles, M., Mikelskis-Seifert, S., Philipp, K. (Hrsg.): Pädagogische Professionalität in Mathematik und Naturwissenschaften.
- Pietza, M. (2014): Kontrollierte Studie zur Wirksamkeit der Quantenheilung. (Dissertation) Online: <https://opus4.kobv.de/opus4-euv/frontdoor/index/index/year/2014/docId/80> [abgerufen am 09.12.2022].
- Reinfried, S. (2016): Kompetenzorientierte Lernaufgaben – mehr als alter Wein in neuen Schläuchen?. In: Geographie aktuell und Schule Jg. 38, 223.
- Rieu, A., Loibl, K., Leuders, T. et al. (2020): Diagnostisches Urteilen als informationsverarbeitender Prozess – Wie nutzen Lehrkräfte ihr Wissen bei der Identifizierung und Gewichtung von Anforderungen in Aufgaben?. In: Unterrichtswissenschaft 48, 503–529.
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2007): Leistung neu denken. Empfehlungen, Ideen, Materialien.
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2017): Kompetenzorientierter Unterricht: Leistungen beobachten – erheben – bewerten. Online: <https://www.isb.bayern.de/grundschule/materialien/kompetenzorientierter-unterricht/> [abgerufen am 02.05.2022].
- Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2019): Kompetenzorientierte Leistungsaufgaben – Schulartübergreifender Leitfaden. Online: <https://www.isb.bayern.de/schulartspezifisches/materialien/leitfaden-kompetenzorientierte-leistungsaufgaben/> [abgerufen am 02.05.2022].
- Staudinger, H. (2011): Weilheimer Schulgeschichten 1939-1952, Band2: 1950-1952.
- Technische Universität München (TUM), Hochschulreferat Studium und Lehre (2012): Empfehlung zum Einsatz von Multiple-Choice-Prüfungen. Online: https://portal.mytum.de/archiv/komp_ssz/ArchiveFol-der_20210325_150056/20210325_163418/0 [abgerufen am 05.12.2022].

Wilhelm, M., Luthiger, H. & Wespi, C. (2015): Mit Aufgabensets Kompetenzaufbau und Kompetenzförderung ermöglichen. In: Haushalt in Bildung & Forschung Jg. 4, 4-2015. Online: https://www.pedocs.de/frontdoor.php?source_opus=20385 [abgerufen am 09.12.2022].

Wirtschaftsuniversität Wien, Teaching & Learning Academy (2019): Prüfungsfragen formulieren 2: Multiple-Choice Fragen. Online: <https://learn.wu.ac.at/open/tlac/mcfragen> [abgerufen am 05.12.2022].

Bildquellen:

Alle hier nicht aufgeführten Abbildungen wurden von Mitgliedern des Arbeitskreises eigens erstellt oder entstammen dem bayerischen Physik-Abitur.

I.1.2: Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (2022): Kompetenzstrukturmodell. Online: https://www.lehrplanplus.bayern.de/sixcms/media.php/84/KSM_Ph_GYM_2.svg [abgerufen am 05.07.2022]

III.1.4: Staudinger, H. (2011): Weilheimer Schulgeschichten 1939-1952, Band 2: 1950-1952.

IV.1.3: Bt-bt (2010). Overview of all known subatomic particles without anti-particles german, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Overview_of_all_known_subatomic_particles_without_anti-particles_german.png, auf Wikimedia Commons, lizenziert unter CC [BY-SA 3.0](#) [abgerufen am 08.12.2022].

IV.1.3: © Stamp Collection/Alamy Stock Foto

IV.1.4: Hund, Gerhard Friedrich (2013): Werner Heisenberg 1926, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Heisenberg_Werner_1926.jpeg, auf Wikimedia Commons, lizenziert unter [CC BY 3.0](#) [abgerufen am 08.12.2022]

Hinweis zu den Verweisen auf Webseiten und Apps:

In diesem Dokument wird auf externe Webangebote und Apps hingewiesen, die aufgrund ihres Inhalts pädagogisch wertvoll erscheinen. Wir bitten jedoch um Verständnis, dass eine umfassende und insbesondere eine laufende Überprüfung der Angebote unsererseits nicht möglich ist. Vor einem etwaigen Unterrichtseinsatz hat die Lehrkraft das jeweilige Angebot in eigener Verantwortung zu prüfen, die rechtlichen Bestimmungen zur Kenntnis zu nehmen und ggf. Rücksprache mit der Schulleitung zu halten. Sofern das Angebot Werbung enthält, ist die Schulleitung stets einzubinden zwecks Erteilung einer Ausnahme vom schulischen Werbeverbot nach Art. 84 Abs. 1 Satz 2 BayEUG, § 2 Abs. 2 Satz 1 Nr. 4 BaySchO.

Verarbeitet das Angebot personenbezogene Daten, ist der Datenschutzbeauftragte der Schule einzubinden. Grundsätzlich empfehlen wir, dass Schülerinnen und Schüler Webseiten und Apps aus dem Schulnetz heraus aufrufen, damit diese nicht ihre persönliche IP-Adresse an den externen Anbieter übermitteln.

Anhang 1

Gestufte Hilfen zu II.2.2. „Beispiel zum Lernbereich Ph9 1.2 Elektrische Energie“

Der Teachsharekurs auf mebis lässt sich unter dem Namen „Differenzierte Hilfe Potentialhöhenmodell“ finden.

Aufgabe 1:

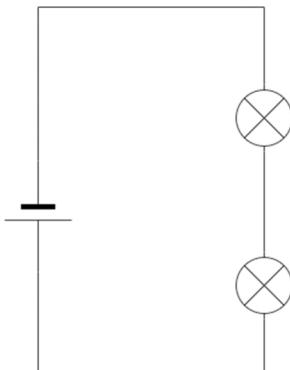
1. Mögliches Phänomen: kein Strom fließt mehr, wenn der Stromkreis geöffnet wurde.
2. Kannst du mit deiner Vorstellung erklären, dass sich alle Elektronen gleich schnell bewegen?
3. Weitere mögliche Phänomene:
 - Die Stromstärke ist in einem unverzweigten Stromkreis überall gleich groß.
 - Wird die Spannung der elektrischen Quelle vergrößert, vergrößert sich auch die Stromstärke.
 - Eine Lampe leuchtet heller, wenn die Stromstärke zunimmt.

Aufgabe 2:

- a) 1. Grundwissen:

Bezeichnung	Symbol	Bezeichnung	Symbol
Batterie		Leiterverbindung/Verzweigung	
Glühlampe		ohmscher Widerstand	

2. Erstelle einen Schaltplan mit zwei Lämpchen, die in Reihe geschaltet sind.
3. Mögliche Lösung



b)

1. Die Spannung hat die Elektronen jeweils mit einer bestimmten Energiemenge versorgt.
2. Die Spannung entspricht im Rolltreppenmodell der Höhe.
3. Die Rolltreppe bringt die Kugeln auf eine bestimmte Höhe (z. B. 6 Meter). Finde zwei Beispiele, wie die Höhen der einzelnen Rutschsen sein können.
4. Im Modell müssen die Höhen der beiden Rutschsen zusammen gerade die Höhe des Förderbandes ergeben.
5. Die Ladungen müssen insgesamt die ganze Energie abgeben, die sie durch die elektrische Quelle erhalten haben. Sie geben diese Energie an den beiden Widerständen ab und sonst nirgends.

c)

1. Die Stromstärke beschreibt nicht die Geschwindigkeit der Elektronen sondern hängt mit der Anzahl der Elektronen zusammen.
2. Die Stromstärke gibt die Ladungsmenge an, die in jeder Sekunde durch den Querschnitt eines Leiters fließt.
3. Im Rolltreppenmodell entspricht die Stromstärke der Anzahl der Kugeln, die pro Sekunde eine Stelle der Rutsche passieren.

d)

1. Betrachte z. B. mögliche Geschwindigkeiten der Elektronen.
2. Betrachte wodurch die Maximalgeschwindigkeit der Elektronen festgelegt wird.

e)

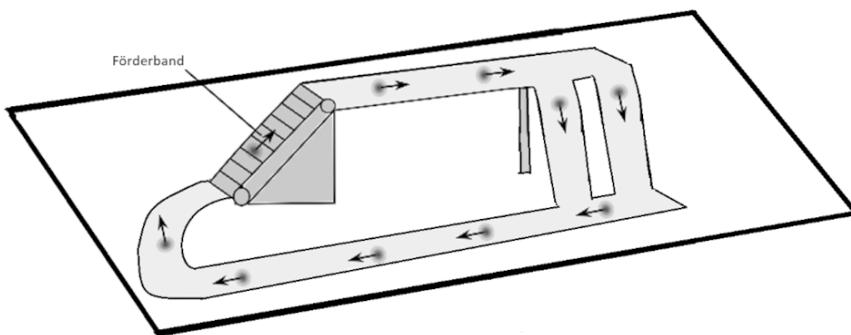
1. Betrachte die Höhenenergie einer Kugel.
2. Gib an, wo die Höhenenergie zunimmt, wo sie abnimmt und wo sie gleichbleibt.
3. Die elektrische Energie entspricht im Modell der Höhenenergie.
4. An den Lampen tritt eine andere Energieform auf. In diese wird die elektrische Energie umgewandelt.
5. Nimmt die Höhenenergie (elektrische Energie) ab, muss eine andere Energieform zunehmen.

f)

1. Beachte, dass sich alle Kugeln wie eine Kette verbunden sind.
2. Beachte z. B. die Reibung der Kugeln in den Rinnen und auf der Rutsche.
3. Untersuche z. B. ob eine Erhöhung der Spannung auch erklärt, dass die Energie, die an der Lampe umgesetzt wird, steigt.
4. Untersuche z. B. ob sich laut dem Rolltreppenmodell die Kabel erwärmen würden.

Aufgabe 3:

1. Die Spannung entspricht im Modell der Höhe der Rolltreppen. Die Stromstärke entspricht der Anzahl der Kugeln, die in einer bestimmten Zeit eine Messstelle passieren.
2. Rolltreppenmodell zur Parallelschaltung:



3. Auch wenn jedes Elektron gleich viel Energie abgibt, muss die Gesamtenergie aller Elektronen in den beiden Zweigen nicht gleich groß sein.

Aufgabe 4:

a)

1. Wandle das Modell aus Aufgabe 2a passend ab.
2. Der eine Widerstand hat einen doppelt so großen Widerstandswert wie der andere.
3. Die Spannungen, die an den beiden Widerständen abfallen, verhalten sich genauso wie die Widerstandswerte.
4. Die Rutsche, die R2 symbolisiert, muss doppelt so hoch sein wie die Rutsche, die R1 symbolisiert.

b)

1. Erinnere dich an die Größen, von der die elektrische Energie abhängt.
2. $\Delta E_{el} = U \cdot I \cdot \Delta t$
3. $E_{el} = 18V \cdot 0,060A \cdot 60s = 65J$
4. Verwende die Spannungen an den einzelnen Widerständen und berechne damit jeweils, welche elektrische Energie an welchem Widerstand umgesetzt wird.

c)

1. Stelle dir die Widerstände im Rolltreppenmodell vor und überlege, wie viele Kugeln in einer bestimmten Zeit „durch den einen $200\ \Omega$ – Widerstand rutschen“ und wie viele Kugeln in der gleichen Zeit „durch die beiden $400\ \Omega$ – Widerstände“ rutschen.
2. Um die Verteilung der Energie zu beschreiben, kannst du die Energie, die an R_2 umgesetzt wird, passend auf die beiden neuen Widerstände verteilen.

d)

1. Wäre der Widerstandswert anders, würde sich die Stromstärke durch R_1 ändern.
2. Halbiert sich der Widerstand der neuen Widerstände, wäre die Stromstärke bei beiden größer als bei R_1 ?
3. Untersuche wie sich die Spannungen bei den einzelnen Widerständen verhalten und übersetze in die entsprechende Größe beim Rolltreppenmodell.

Aufgabe 5:

a)

1. Verwende die Definition des Widerstands $R = \frac{U}{I}$ um den Widerstand der kleinen Glühbirne zu berechnen.
2. Bestimme die Stromstärke, die durch die große Glühbirne normalerweise fließen soll, damit die gegebene Leistung erreicht wird.
3. $R_{klein} = \frac{U}{I} = \frac{12V}{0,10A} = 120\Omega$ $R_{groß} = \frac{U}{I} = \frac{U}{\frac{P}{U}} = \frac{U^2}{P} = 880\Omega$

b)

1. In Aufgabe 4 hast du gesehen, dass die Höhen der jeweiligen Rutschen im gleichen Verhältnis wie die jeweiligen Widerstandswerte sind.
2. In Aufgabe 4 hast du gesehen, dass du die Energie, die an den einzelnen Widerständen umgesetzt wird, mithilfe der jeweiligen Teilspannung berechnen kannst.
3. Zur großen Lampe gehört im Rolltreppenmodell auch eine hohe Rutsche. Hier wird also viel Energie umgesetzt.
4. An der kleinen Lampe wird nur wenig Energie umgesetzt, da die meiste Energie an der großen Lampe abfällt.

c)

1. Verwende die Aussagen über die Energiemengen aus Aufgabe b.

d)

1. Vergleiche die Helligkeiten der beiden Lampen
2. Vergleiche mit den Aussagen über die Energiemengen aus Aufgabe b.

Aufgabe 6:

1. Untersuche z. B., ob du den Stromfluss im geschlossenen Stromkreis erklären kannst oder die Verteilung der Energie bei mehreren Widerständen.
2. Untersuche, ob du erklären kannst, dass im unverzweigten Stromkreis die Stromstärke überall gleich hoch ist.
3. Untersuche ob die Vorstellungen auf Energieabnahme in einer Lampe und Energieaufnahme in der elektrischen Quelle eingehen.

Notizen

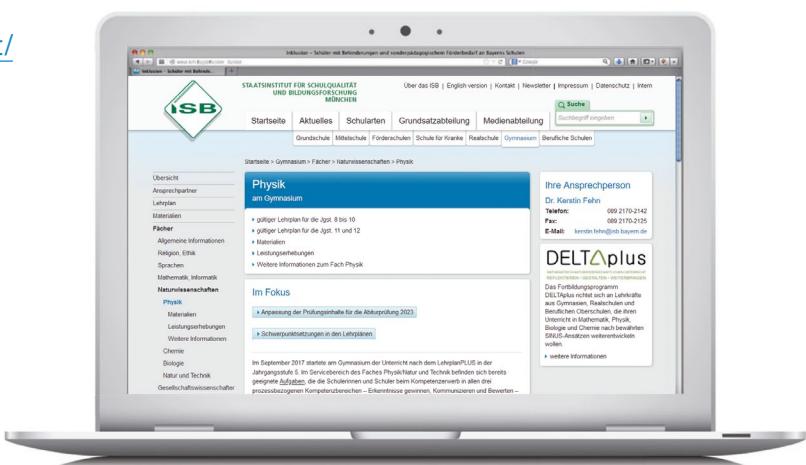


Notizen

Weitere Informationen

»www.lehrplanplus.bayern.de/schulart/gymnasium

»www.iqb.hu-berlin.de/bista/subject



Herausgeber

Bayerisches Staatsministerium für Unterricht und Kultus,
Ref. Öffentlichkeitsarbeit, Salvatorstraße 2, 80333 München

Diese Handreichung wurde im Auftrag des Bayerischen Staatsministeriums für Unterricht und Kultus im Staatsinstitut für Schulqualität und Bildungsforschung (ISB) erarbeitet.

Leitung des Arbeitskreises

Karin Wasserburger ISB

Mitglieder des Arbeitskreises

Peter Feldner	Theresien-Gymnasium Ansbach
Julian König	Gymnasium Eckental
Dominik Palme	Gymnasium Landau
Dr. Carolin Pfeifer	Gymnasium Weilheim

Anschrift

Staatsinstitut für Schulqualität
und Bildungsforschung
Gymnasialabteilung
Schellingstraße 155
80797 München
Tel.: 089 2170-2142
E-Mail: kontakt@isb.bayern.de
Internet: www.isb.bayern.de

Gestaltung

PrePress-Salumae.com, Kaisheim

Stand

März 2023

Hinweis: Diese Druckschrift wird im Rahmen der Öffentlichkeitsarbeit der Bayerischen Staatsregierung herausgegeben. Sie darf weder von Parteien noch von Wahlwerbern oder Wahlhelfern im Zeitraum von fünf Monaten vor einer Wahl zum Zwecke der Wahlwerbung verwendet werden. Dies gilt für Landtags-, Bundestags-, Kommunal- und Europawahlen. Missbräuchlich ist während dieser Zeit insbesondere die Verteilung auf Wahlveranstaltungen, an Informationsständen der Parteien sowie das Einlegen, Aufdrucken

und Aufkleben parteipolitischer Informationen oder Werbemittel. Untersagt ist gleichfalls die Weitergabe an Dritte zum Zwecke der Wahlwerbung. Auch ohne zeitlichen Bezug zu einer bevorstehenden Wahl darf die Druckschrift nicht in einer Weise verwendet werden, die als Parteinahme der Staatsregierung zugunsten einzelner politischer Gruppen verstanden werden könnte. Den Parteien ist es gestattet, die Druckschrift zur Unterrichtung ihrer eigenen Mitglieder zu verwenden.



BAYERN DIREKT ist Ihr direkter Draht zur Bayerischen Staatsregierung. Unter Telefon 089 122220 oder per E-Mail unter direkt@bayern.de erhalten Sie Informationsmaterial und Broschüren, Auskunft zu aktuellen Themen und Internetquellen sowie Hinweise zu Behörden, zuständigen Stellen und Ansprechpartnern bei der Bayerischen Staatsregierung.