
Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss

Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“

- ENTWURF -



Stand: 29. Oktober 2013

Inhaltsverzeichnis

1	Überblick.....	3
2	Das Kompetenzstrukturmodell zur Entwicklung der Testaufgaben.....	5
2.1	Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“.....	10
2.2	Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“.....	16
3	Testentwicklung.....	20
4	Verfahren zur Setzung der Kompetenzstufen.....	22
4.1	Rahmen.....	22
4.2	Verfahren.....	22
5	Die Kompetenzstufenmodelle für den MSA im Fach Physik.....	24
5.1	Definition der Kompetenzstufen.....	24
5.2	Metrik der Kompetenzskala.....	25
6	Beschreibung der Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“.....	33
6.1	Beschreibung der Kompetenzstufen im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“.....	33
6.1.1	Kompetenzstufe I (bis unter 370 Punkte).....	33
6.1.2	Kompetenzstufe II (370 bis unter 450 Punkte).....	34
6.1.3	Kompetenzstufe III (450 bis unter 560 Punkte).....	35
6.1.4	Kompetenzstufe IV (560 bis unter 650 Punkte).....	36
6.1.5	Kompetenzstufe V (ab 650 Punkte).....	37
6.1.6	Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht.....	39
6.2	Beschreibung der Kompetenzstufen im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“.....	41
6.2.1	Kompetenzstufe I (bis unter 350 Punkte).....	41
6.2.2	Kompetenzstufe II (350 bis unter 430 Punkte).....	42
6.2.3	Kompetenzstufe III (430 bis unter 540 Punkte).....	43
6.2.4	Kompetenzstufe IV (540 bis unter 630 Punkte).....	44
6.2.5	Kompetenzstufe V (ab 630 Punkte).....	45
6.2.6	Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht.....	47
7	Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“.....	49
7.1	Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“.....	49
7.2	Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“.....	50
8	Literaturverzeichnis.....	52
9	Abbildungsverzeichnis.....	54
10	Tabellenverzeichnis.....	55
11	Anhang.....	56
11.1	Projekt ESNaS (Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“).....	56
11.2	Ausgewählte Antworten von Schülerinnen und Schülern zu den Aufgabenbeispielen offenen Antwortformats.....	58
11.2.1	Aufgabenbeispiel VI: Energieerhaltung.....	58
11.2.2	Aufgabenbeispiel VII: Das Gewitter.....	60

1 Überblick

In Erweiterung des Beschlusses der Kultusministerkonferenz (KMK) vom 04.12.2003 über die „Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Deutsch, Mathematik und Erste Fremdsprache (Englisch/Französisch)“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2003) wurde am 16.12.2004 der Beschluss „Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Biologie, Chemie, Physik“ gefasst (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2004).

Seit 2004 gelten die Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern in allen Bundesländern. In den Bildungsstandards wird festgelegt, welche fachbezogenen Kompetenzen von den Schülerinnen und Schülern bis zum Mittleren Schulabschluss (MSA) erwartet werden. Es handelt sich dabei um abschlussbezogene Regelstandards.

Unter Kompetenzen versteht man die bei Schülerinnen und Schülern verfügbaren oder von ihnen erlernbaren kognitiven Fähigkeiten und Fertigkeiten. Sie umfassen darüber hinaus die damit verbundenen motivationalen, volitionalen¹ und sozialen Bereitschaften und Fähigkeiten, Problemlösungen in variablen Situationen erfolgreich und verantwortungsvoll nutzen zu können (Weinert, 2001).

Kompetenzen sind hypothetische Konstrukte (latente Merkmale) und können daher nicht unmittelbar beobachtet werden. Erst mit Hilfe von Messinstrumenten – im Falle der Überprüfung des Erreichens der Bildungsstandards durch einen schriftlichen Test – können sie der Beobachtung zugänglich gemacht werden (Operationalisierung). Durch die Bearbeitung der Testaufgaben, zu deren Lösung bestimmte Kompetenzen benötigt werden, wird es also möglich, Annahmen über die Struktur und die Graduierung von Kompetenzen empirisch zu prüfen (Köller, 2008).

Für die Entwicklung der vorliegenden Kompetenzstufenmodelle sind für diejenigen Kompetenzen Testaufgaben entwickelt worden, die in schriftlichen Tests im Klassenverband erfasst werden können und für die eine reliable und valide Messung möglich ist. Auf diese Weise kann ermittelt werden, wie groß die Schüleranteile sind, welche die von der KMK in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzerwartungen schon erreicht bzw. noch nicht erreicht haben.

Die Bildungsstandards sollen neben ihrer Funktion, Kompetenzanforderungen zu beschreiben, auch dazu beitragen, die Qualität des Unterrichts zu erhöhen und dadurch die Kompetenzen der Schülerinnen und Schüler zu fördern. Ein kompetenzorientierter Unterricht bietet Schülerinnen und Schülern durch eine fachlich gehaltvolle, kognitiv herausfordernde und die Motivation fördernde Gestaltung vielfältige Gelegenheiten, die in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzen zu erwerben. Der Aufbau von Wissen wird dabei in systematischer Weise mit der Möglichkeit verknüpft, dieses Wissen selbsttätig anzuwenden (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2010).

Das Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (IQB) an der Humboldt-Universität zu Berlin wurde mit der Aufgabe betraut, das Erreichen der Bildungsstandards in Zusammenarbeit mit fachdi-

¹ Das Konzept der Volition bezeichnet Prozesse der Bildung, Aufrechterhaltung und Umsetzung von Handlungsabsichten. Diese sind für die Selbstregulation von schulbezogenen Lernprozessen von zentraler Bedeutung.

daktischen und schulpraktischen Expertinnen und Experten zu überprüfen und die Standards ggf. weiterzuentwickeln. Hierbei sollen aktuelle Entwicklungen in den Fachwissenschaften, den Fachdidaktiken und der Schulpraxis berücksichtigt werden. Für die naturwissenschaftlichen Fächer hat deshalb im Jahre 2007 das Projekt „Evaluation der Standards in den Naturwissenschaften für die Sekundarstufe I“ (ESNaS) seine Arbeit aufgenommen. Die Testaufgabenentwicklung im Projekt ESNaS begann nach konzeptuellen Vorarbeiten Anfang des Jahres 2008 (vgl. Kapitel 3).

Entsprechend der Gesamtstrategie der KMK zum Bildungsmonitoring (Sekretariat der Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2006) soll das Erreichen der Bildungsstandards in regelmäßigen Abständen zentral überprüft werden. Dabei ergibt sich durch die Anbindung an die PISA-Studien ein Dreijahresrhythmus; alternierend werden die Sprachen einerseits und Mathematik und die Naturwissenschaften andererseits getestet. Der erste Ländervergleich für die Naturwissenschaften (und Mathematik) wurde im Frühjahr 2012 durchgeführt und der entsprechende Bericht wird im Herbst 2013 vorliegen. Der nächste Ländervergleich erfolgt im Jahr 2018.

2 Das Kompetenzstrukturmodell zur Entwicklung der Testaufgaben

Kompetenzstrukturmodelle beschreiben mit Hilfe verschiedener Dimensionen fachspezifische Fähigkeiten. Zur Entwicklung von Testinstrumenten werden Kompetenzen für das jeweilige Fach und seine spezifischen Inhaltsbereiche mit Hilfe von Aufgaben operationalisiert. Um effektiv Testaufgaben entwickeln zu können, wird daher ein Kompetenzstrukturmodell benötigt, das die für das Lösen von Testaufgaben relevanten Kompetenzen umfasst. In der Regel wird eine der Dimensionen des Kompetenzstrukturmodells durch kognitive Fähigkeiten gebildet, mindestens eine zweite Dimension bildet die Kompetenzbereiche mit den zugeordneten fachlichen Inhalten ab. Als fachliche Kompetenz wird die Kombination dieser beiden (und ggf. weiterer) Dimensionen bezeichnet, also die Wechselbeziehung zwischen kognitiven Fähigkeiten und fachlichem Inhalt.

Die Grundlage für die Entwicklung der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern Biologie, Chemie und Physik bildet ein für die Fachdisziplinen gemeinsames Konzept der naturwissenschaftlichen Grundbildung, das für die drei Fächer mit den vier gemeinsamen Kompetenzbereichen „Fachwissen“, „Erkenntnisgewinnung“, „Kommunikation“ und „Bewertung“ konkretisiert wurde. Diese vier Kompetenzbereiche bieten verschiedene Blickwinkel an, unter denen die Inhalte und Vorgehensweisen der naturwissenschaftlichen Fächer betrachtet werden können.

Für das Fach Physik sind die Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards wie folgt kurz beschrieben.

Tabelle 1: Kompetenzbereiche des Fachs Physik

Kompetenzbereiche des Fachs Physik	
Fachwissen²	Physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	Experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	Physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Aus Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004 (S. 7) vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005c, München: Wolters Kluwer Deutschland.

Weiterhin unterscheiden die Bildungsstandards in Anlehnung an die Einheitlichen Prüfungsanforderungen in der Abiturprüfung (EPA) drei Anforderungsbereiche (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005a, 2005b, 2005c), die sich u. a. an der klassischen, z. B. von Bloom (1965) beschriebenen Unterscheidung zwischen „wiedergeben“, „anwenden“ und „transferieren“ orientieren. In die Klassifizierung nach drei Anforderungsbereichen fließen jedoch zwei verschiedene Merkmale ein, von denen angenommen werden kann, dass sie die Schwierigkeit von Aufgaben beeinflussen: (1) die zur Lösung von Aufgaben notwendigen kognitiven Fähigkeiten und (2) die Komplexität des Inhalts. So lautet z. B. die Beschreibung des Anforderungsbereichs III im Kompetenzbereich „Fachwissen“: „Komplexere Fragestellungen auf der Grundla-

² Im Vordergrund des Kompetenzbereichs Fachwissen steht nicht der Wissensabruf, sondern der aktive Umgang mit dem Fachwissen zum Lösen fachlicher Probleme. Die Bezeichnung des Kompetenzbereichs „Fachwissen“ lautet im Projekt ESNaS daher „Umgang mit Fachwissen“ (vgl. Kapitel 2.1).

ge von Kenntnissen und Konzepten planmäßig und konstruktiv bearbeiten“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, S. 14). Mit dem Begriff „komplexere Fragestellungen“ wird die Komplexität des Inhalts beschrieben, während mit „planmäßig und konstruktiv bearbeiten“ die zugrunde liegenden kognitiven Prozesse gemeint sind. Da in den Anforderungsbereichen der Bildungsstandards zum Teil mehrere Merkmale gleichzeitig variiert werden, die als schwierigkeiterzeugend angenommen werden können, sind diese Beschreibungen für Testzwecke unzureichend. Zudem erlauben die Anforderungsbereiche ausdrücklich keine Graduierung von Kompetenz, was aber für eine differenzierte Evaluation der Standards nach Kompetenzniveaus notwendig erscheint (vgl. Kapitel 5.2). Für die empirische Überprüfung des Erreichens der Bildungsstandards war es deshalb erforderlich, die Kompetenz- und Anforderungsbereiche der Bildungsstandards so auszuschärfen, dass Aufgaben unterschiedlicher Schwierigkeit für den schriftlichen Test zur Normierung der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern entwickelt werden konnten (Kauertz, Fischer, Mayer, Sumfleth & Walpuski, 2010).

Als Grundlage für die Testaufgabenentwicklung in den drei Fächern hat die fachdidaktische Leitung des Projekts (ESNaS) ausgehend von nationalen und internationalen Befunden ein differenzierteres, fächerübergreifendes Kompetenzstrukturmodell entwickelt (Walpuski, Kampa, Kauertz & Wellnitz, 2008). Die theoretisch hergeleiteten, schwierigkeiterzeugenden Aufgabenmerkmale „Kognitive Prozesse“ und „Komplexität des Inhalts“ wurden als Grundlage für die Entwicklung von Testaufgaben genauer beschrieben und bei der Aufgabenentwicklung gezielt systematisch variiert. Aus diesen Vorgaben resultiert schließlich ein dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell zur Aufgabenentwicklung mit den Dimensionen „Kompetenzbereiche“, „Komplexität“ und „Kognitive Prozesse“ (vgl. Abbildung 1).

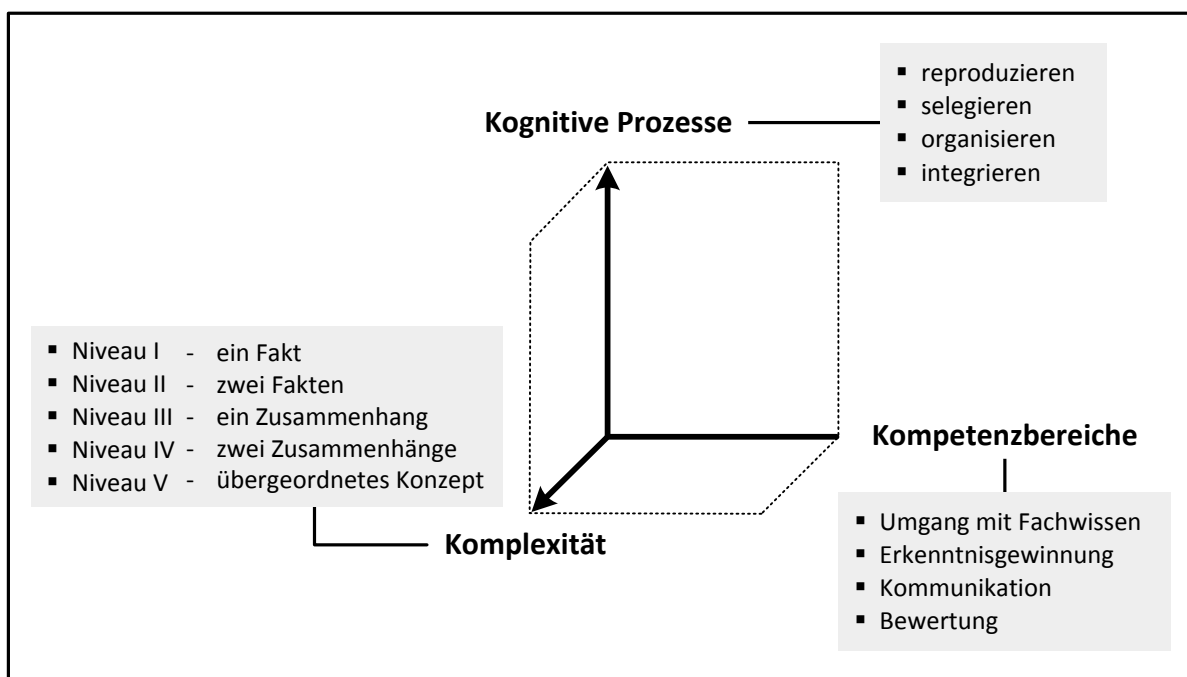


Abbildung 1: Dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell der naturwissenschaftlichen Kompetenz im Projekt ESNaS (angelehnt an Walpuski et al., 2008)

Die Dimension „Kompetenzbereiche“ wird in den Kapiteln 2.1 und 2.2 genauer beschrieben.

Bei der Dimension „Komplexität“ handelt es sich um ein gestuftes Aufgabenmerkmal, das den Umfang und den Vernetzungsgrad der zu bearbeitenden Inhalte beschreibt. Es werden die Ausprägungen „ein Fakt“, „zwei Fakten“, „ein Zusammenhang“, „zwei Zusammenhänge“ und „übergeordnetes Konzept“ unterschieden. Der in den Anforderungsbereichen der Bildungsstandards enthaltene Aspekt der Komplexität (s. o.) kann somit ausdifferenziert und operationalisiert werden.

Die „Kognitiven Prozesse“ definieren hingegen die Qualität der benötigten kognitiven Fähigkeiten der Schülerinnen und Schüler bei der Bearbeitung der Aufgabe. Diese Dimension stellt ebenfalls ein gestuftes Aufgabenmerkmal dar. So müssen die Schülerinnen und Schüler je nach dem Niveau der Anforderung Informationen einer Aufgabe reproduzieren (im Aufgabenstamm zur Verfügung gestellte Informationen identifizieren), selektieren (aus mehreren im Aufgabenstamm zur Verfügung gestellte Informationen auswählen), organisieren (im Aufgabenstamm zur Verfügung gestellte Informationen neu strukturieren) oder integrieren (im Aufgabenstamm zur Verfügung gestellte Informationen in die eigene Wissensbasis einbinden) (Kauertz et al., 2010). Die jeweiligen „Kognitiven Prozesse“ werden durch eine systematische Variation von Aufgabenmerkmalen, wie Vorgabe von Informationen oder Bekanntheit des Kontextes operationalisiert (vgl. Kauertz et al., 2010).

Sowohl die „Komplexität“ als auch die „Kognitiven Prozesse“ gehen in die Beschreibung der Kompetenzstufen ein, sind jedoch nicht mit ihnen identisch. Während die drei Dimensionen des Kompetenzstrukturmodells eine deduktive Konstruktion schwierigkeitsdifferenzierter Testaufgaben ermöglichen, werden die Kompetenzstufen induktiv aus den empirischen Daten der Schülerfertigkeiten gewonnen und in einem eindimensionalen Modell beschrieben (vgl. Abschnitt 5). In dieses eindimensionale Modell gehen neben den drei Dimensionen des Kompetenzstrukturmodells auch weitere schwierigkeitserzeugende Aufgabenmerkmale ein, wie z. B. das Aufgabenformat (offen, halboffen, *multiple choice*).

Die folgenden beiden Aufgabenbeispiele³ stammen aus dem Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ und verdeutlichen die Einordnung der Aufgaben in das Kompetenzstrukturmodell sowie die Graduierung innerhalb der beiden Dimensionen „Komplexität“ und „Kognitive Prozesse“.

³ Eine Auswahl von beispielhaften richtigen und falschen Antworten von Schülerinnen und Schülern aus der Normierungsstudie für Aufgaben offenen Antwortformats ist im Anhang unter Kapitel 11.2 dargestellt.

Aufgabenbeispiel I: Strom⁴Lösungshäufigkeit: 82,0%⁵

Basiskonzept: „System“ (Standard: F 2)

Kognitiver Prozess: Reproduzieren

Komplexität: I (Ein Fakt)

Fachinformation

Die elektrische Stromstärke gibt an, wie viele Ladungsträger pro Zeitspanne an einer bestimmten Stelle des Leiters vorbeifließen. Das physikalische Formelzeichen der Stromstärke ist I . Die Einheit der Stromstärke ist Ampere (A).

In welcher Einheit wird die elektrische Stromstärke gemessen?

Kreuze an.

- Volt (V)
- Ampere (A)
- Wattsekunde (Ws)
- Watt (W)

Die Aufgabe erfordert von den Schülerinnen und Schülern, die gegebenen Fachinformationen sinnerfassend zu lesen und sie für die Beantwortung einer typischen physikbezogenen Frage nach einer physikalischen Einheit wiederzugeben. Die benötigte Fähigkeit ist die Voraussetzung, um Physikinhalt identifizieren und mit Fachbegriffen im physikalischen Zusammenhang auf sehr basale Weise umgehen zu können. Physikkompetenz erfordert, dass die zuvor beschriebene Fähigkeit sicher beherrscht wird. Zur Lösung der Aufgabe müssen die Schülerinnen und Schüler die Begriffe „Einheit“ und „elektrische Stromstärke“ als relevant identifizieren. In der Fachinformation muss die Zuordnung „Einheit \leftrightarrow Stromstärke \leftrightarrow Ampere (A)“ gefunden werden (Antwortoption 2). Personen, die Aufgaben dieser Art nicht lösen können, haben spezifischen Förderbedarf beim Dekodieren in physikbezogenen Zusammenhängen.

⁴ Alle Testaufgaben bestehen aus einem Aufgabenstamm und mehreren Teilaufgaben (Items) zu diesem Stamm. Der Stamm enthält deshalb Fachinformationen, die zur Beantwortung von mehreren Items benötigt werden. In den Aufgabenbeispielen wird aber jeweils nur ein Item dargestellt. Daher ist es möglich, dass im Aufgabenstamm lösungsirrelevante Informationen enthalten sind.

⁵ Die Lösungshäufigkeit bezieht sich auf Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe, die den mittleren Schulabschluss (MSA) anstreben.

Aufgabenbeispiel II: Röntgenstrahlung

Lösungshäufigkeit: 31,2%

Basiskonzept: „Wechselwirkung“ (Standard: F 4)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

Fachinformation

Röntgenstrahlen können Stoffe durchdringen, ein Teil der Strahlung wird dabei jedoch stets „verschluckt“ (absorbiert).

Röntgenstrahlen können einen Fotofilm schwärzen: Je mehr Strahlung auf eine bestimmte Stelle des Films trifft, desto dunkler wird diese Stelle nach seiner Entwicklung.

Bei der Aufnahme eines Röntgenbildes wird der Körper von der einen Seite mit Röntgenstrahlen bestrahlt. Auf der anderen Seite des Körpers befindet sich ein Fotofilm, auf dem das Röntgenbild entsteht.



Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

Kreuze an.

- Röntgenstrahlen schwärzen den Film entsprechend der Helligkeit der jeweils durchstrahlten Objekte.
- Röntgenstrahlen werden vom Knochen stärker verschluckt als von Muskeln oder Gewebe.
- Röntgenstrahlen regen insbesondere Knochen entsprechend ihrer Dicke zur Abgabe von Strahlung an.
- Die dunklen Zonen auf dem entwickelten Film geben an, wo die Röntgenstrahlen im Brustkorb besonders stark verschluckt werden.

Die Aufgabe erfordert von den Schülerinnen und Schülern, die vorliegenden Informationen, welche ggf. eine Erweiterung ihres gelernten Wissens darstellen oder die Erinnerung erleichtern, auf einen Kontext zu übertragen, um diesen zu erklären. Die Schülerinnen und Schüler sollen die Zusammenhänge „Strahlung wird von Material unterschiedlich absorbiert“ und „Je mehr Strahlung, desto dunkler der Film“ in Beziehung setzen. Dazu benötigen sie das Wissen, dass Knochen und Muskeln/Gewebe unterschiedliche Materialien sind und wo sich Knochen im Körper befinden. Gelöst ist die Aufgabe, wenn aus der Fachinformation die Aussage abgeleitet wird, dass Röntgenstrahlen vom Knochen stärker verschluckt werden als von Muskeln und Gewebe (Antwortoption 2). Diese Fähigkeit ist typisch für den Umgang mit physikalischem Wissen, da vorliegende physikalische Zusammenhänge für einen Spezialfall konkretisiert und kombiniert werden müssen, um den Kontext physikalisch angemessen zu erklären.

2.1 Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

Kompetenzen werden an fachlichen Inhalten erworben. In den Bildungsstandards wird der Kompetenzbereich „Fachwissen“ in den einzelnen Fächern in unterschiedliche, fachspezifische Basiskonzepte unterteilt. Die Inhalte der Fächer werden durch diese Basiskonzepte systematisiert und strukturiert, um den Erwerb eines grundlegenden, vernetzten Wissens zu erleichtern (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005a, 2005b, 2005c). Außerdem ermöglichen die Basiskonzepte zum einen, die wissenschaftlichen Konzepte unterrichtsbezogen einzugrenzen (Demuth, Ralle & Parchmann, 2005), und zum anderen, eine flexible Anpassung an aktuelle Inhalte vorzunehmen. Bei den vier Basiskonzepten für das Fach Physik handelt es sich um „Materie“, „Wechselwirkung“, „System“ und „Energie“. Näher beschrieben werden sie in den Bildungsstandards Physik (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005c). Die in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzerwartungen des Kompetenzbereichs „Fachwissen“ beziehen sich auf den Kern von physikalischem Wissen anhand grundlegender Konzepte. Diese dienen den Lernenden dazu, fachwissenschaftliche Inhalte zu beschreiben und zu strukturieren, Fachinhalte zu vernetzen sowie zwischen den Systemebenen und den fachlichen Perspektiven zu wechseln.

Auch die Lehrpläne der Länder stimmen bezogen auf den Kern von physikalischem Wissen überein; sie zeigen jedoch auf der Ebene der exemplarisch zu bearbeitenden, konkreten Unterrichtsinhalte Unterschiede. Zudem steht im Vordergrund des Kompetenzbereichs „Fachwissen“ nicht der Wissensabruf, sondern der Definition von Weinert (2001) bzw. der Intention der Bildungsstandards (Klieme et al., 2003) folgend, der aktive Umgang mit dem Fachwissen zum Lösen fachlicher Probleme. Aus diesen Gründen werden im Aufgabenstamm Fachinformationen bereitgestellt, die für die Bearbeitung der Testaufgaben erforderlich sind. Der Kompetenzbereich „Fachwissen“ wird im Projekt ESNas folglich als „Umgang mit Fachwissen“ bezeichnet.

Zur Illustration wird im Folgenden für jedes Basiskonzept eine Beispielaufgabe⁶ abgebildet.

⁶ Eine Auswahl von beispielhaften richtigen und falschen Antworten von Schülerinnen und Schülern aus der Normierungsstudie für Aufgaben offenen Antwortformats ist im Anhang unter Kapitel 11.2 dargestellt.

Aufgabenbeispiel III: Wärmelehre

Lösungshäufigkeit: 81,6%
Basiskonzept: „Materie“ (Standard: F 4)
Kognitiver Prozess: Integrieren
Komplexität: III (Ein Zusammenhang)

Fachinformation

Flüssigkeiten und feste Körper haben bei einer bestimmten Temperatur ein bestimmtes Volumen. Für fast alle Flüssigkeiten und Körper gilt: Je mehr sich die Temperatur ändert, desto mehr ändert sich das Volumen. Feste Körper werden zum Beispiel länger, wenn sie wärmer werden. Flüssigkeiten dehnen sich bei Erwärmung aus.

Fachinformation

Wenn man ein Gas erwärmt, dehnt es sich aus, solange dies möglich ist.

Ein Tischtennisball aus Kunststoff kann leicht eingedellt werden.



Wie kann man ihn wieder ausbeulen?
Kreuze an.

- Man kühlt ihn ab und die sich zusammenziehende Luft drückt die Delle heraus.
- Man legt ihn in den Kühlschrank, damit die Delle schrumpft.
- Man erwärmt ihn, damit die sich ausdehnende Luft die Delle herausdrückt.
- Man erwärmt ihn, damit der Kunststoff sich an seine alte Form „erinnert“ (Memory-Effekt) und sich von alleine ausdellt.

Materie zeichnet sich durch ihre Struktur aus, die wiederum Eigenschaften der aus dieser Materie bestehenden Objekte bestimmt. Viele Eigenschaften lassen sich einfach beschreiben, wenn man davon ausgeht, dass Materie aus kleinsten Teilchen besteht. Typische Beispiele für die Struktur der Materie im Bereich der Sekundarstufe I sind das Teilchenmodell oder Atommodelle. Eigenschaften und Zustände von Stoffen wie Dichte und Aggregatzustände oder Veränderungen wie Wärmeausdehnung oder Aggregatzustandsänderung können ebenso mit Hilfe der Modelle beschrieben werden wie z. B. der Zusammenhang zwischen den Variablen Volumen, Druck und Temperatur. Die Lösung dieser Aufgabe basiert auf den Eigenschaften des Gegenstands (Elastizität, Volumen) und dem Aggregatzustand sowie der Ausdehnung der Luft durch die Erwärmung. Zur Lösung der Aufgabe müssen die Schülerinnen und Schüler die Luft im Tischtennisball als Gas identifizieren, das sich bei Erwärmung ausdehnt und in der Lage ist, den durch die Erwärmung elastisch gewordenen Kunststoff in die runde Form zurückzudrücken (Antwortoption 3).

Aufgabenbeispiel IV: Röntgenstrahlung

Lösungshäufigkeit: 31,2%

Basiskonzept: „Wechselwirkung“ (Standard: F 4)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

Fachinformation

Röntgenstrahlen können Stoffe durchdringen, ein Teil der Strahlung wird dabei jedoch stets verschluckt („absorbiert“).

Röntgenstrahlen können einen Fotofilm schwärzen: Je mehr Strahlung auf eine bestimmte Stelle des Films trifft, desto dunkler wird diese Stelle.

Bei der Aufnahme eines Röntgenbildes wird der Körper von der einen Seite mit Röntgenstrahlen bestrahlt. Auf der anderen Seite des Körpers befindet sich ein Fotofilm, auf dem das Röntgenbild entsteht.



Welche der folgenden Aussagen ist richtig?

Kreuze an.

- Röntgenstrahlen schwärzen den Film entsprechend der Helligkeit der jeweils durchstrahlten Objekte.
- Röntgenstrahlen werden vom Knochen stärker verschluckt als von Muskeln oder Gewebe.
- Röntgenstrahlen regen insbesondere Knochen entsprechend ihrer Dicke zur Abgabe von Strahlung an.
- Die dunklen Zonen auf dem Film geben an, wo die Röntgenstrahlen im Brustkorb besonders stark verschluckt werden.

Wechselwirkung wird in mechanischen Zusammenhängen in der Sekundarstufe I meist am Beispiel der Änderung der Geschwindigkeit zweier Objekte betrachtet (Drittes Newtonsches Gesetz, Impulserhaltung). In der Optik wird die Veränderung der Materie durch die Strahlung (meist Licht) vor allem bei der Absorption als Veränderung der Temperatur des absorbierenden Körpers thematisiert. Die Veränderung von Materie bei Reflexion und Brechung spielt dagegen im Unterricht nur selten eine Rolle. Die Lösung der Aufgabe basiert auf der Wechselwirkung zwischen Strahlung und Materie (Antwortoption 2). Wechselwirkung tritt dadurch auf, dass durch ein physikalisches Objekt (Röntgenstrahlung) eine Eigenschaft (Absorptionsvermögen) eines zweiten physikalischen Objekts (Körper) für einen spezifischen Effekt (Darstellung von Strukturen durch Wechselwirkung mit Silberhalogeniden im Film) genutzt wird.

Aufgabenbeispiel V: Zwei Kraftmesser

Lösungshäufigkeit: 52,6%

Basiskonzept: „System“ (Standard: F 3)

Kognitiver Prozess: Organisieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

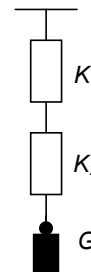
Fachinformation

Ein Federkraftmesser enthält eine Schraubenfeder. Wenn der Federkraftmesser an einem Ende aufgehängt und am anderen Ende belastet wird, wird die Feder länger. Die Längenzunahme der Feder zeigt an, wie groß die Kraft ist, mit der am Federkraftmesser gezogen wird.

Zwei gleiche Federkraftmesser K_1 und K_2 sind richtig eingestellt (kalibriert).

Jeder wiegt 0,1 N.

In einem Experiment wird K_2 an K_1 gehängt.
An K_2 hängt außerdem ein Gewichtstück G
mit einer Gewichtskraft von 4,0 N
(siehe Abbildung).



Welche Kräfte zeigen die beiden Federkraftmesser an?

Kreuze an.

- K_1 zeigt 4,1 N und K_2 zeigt 4,0 N an.
- Beide Federkraftmesser zeigen 4,2 N an.
- K_1 zeigt 2,1 N und K_2 zeigt 4,2 N an.
- K_1 Federkraftmesser zeigt 2,1 N und K_2 zeigt 2,0 N an.

In einer abstrakten Beschreibung ist ein System eine Menge von Elementen in einem abgegrenzten oder abgrenzbaren Bereich, deren Verhalten sich aus ihrem Zusammenwirken ergibt sowie gegebenenfalls aus dem Austausch (von Energie, Information etc.) mit der Systemumgebung. In der Physik werden für die Lösung von Problemen Systeme durch die beteiligten Körper, ihre physikalischen Zusammenhänge und die Systemgrenzen definiert. Im Beispiel sind die Aufhängung, die Kraftmesser (bzw. die Federn darin) und das Gewichtsstück die Körper. Für die Zusammenhänge sind die Kräfte auf die Aufhängung, auf die Federn und auf das Gewichtsstück, sowie die Ausdehnung der Federn in den Kraftmessern und die Gewichtskraft relevant (z. B. „die Ausdehnung der Feder ändert sich bei Änderung der an ihren Enden angreifenden Kräfte“). Die Systemgrenze drückt sich z. B. darin aus, dass die Wirkung auf die Erde als Wechselwirkungspartner nicht betrachtet wird.

Bei der hier gezeigten Aufgabe bilden die drei Körper (zusammen mit der Aufhängung) ein statisches System. Es kann in Teilsysteme, die z. B. aus den einzelnen Federkraftmessern bestehen, zerlegt werden. Für diese Teilsysteme kann nun einzeln der Zustand (Ausdehnung der Feder) ermittelt und dar-

aus die Lösung bestimmt werden (Antwortoption 1 ist richtig). Diese Zerlegung und Betrachtung von Teilsystemen ist eine Teilanforderung bei der Betrachtung komplexerer Systeme.

Aufgabenbeispiel VI: Energieerhaltung⁷

Lösungshäufigkeit: 19,1%

Basiskonzept: „Energie“ (Standard: F 3)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: V (Ein übergeordnetes Konzept)

Fachinformation**Energieerhaltungssatz**

Energie kann nicht entstehen und nicht vernichtet werden. Energie kann nur umgewandelt und übertragen werden. Bei der Umwandlung von mechanischer und elektrischer Energie wird immer ein Teil der Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Wärmeenergie wird an die Umgebung abgegeben.

Energieformen

Es gibt verschiedene Energieformen, z. B. mechanische Energie, elektrische Energie, chemische Energie und Wärmeenergie.

Paul möchte sein Fahrrad so umbauen, dass er beim Fahren möglichst wenig Energie aufwenden muss. Dazu will er einen großen Dynamo und einen Elektromotor anbauen. Paul erklärt:

„Wenn das Fahrrad einmal fährt, muss ich nicht mehr treten. Der Dynamo wird eingeschaltet. Dann versorgt der Dynamo den Motor mit Strom. Der Motor treibt das Fahrrad an und dieses wieder den Dynamo und so weiter. In dem Dynamo wird mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt. In dem Elektromotor wird diese elektrische Energie dann wieder in mechanische Energie umgewandelt.“

Ist es möglich, ein Fahrrad so anzutreiben, dass es dann alleine fährt?

Begründe deine Entscheidung.

--

Energetische Betrachtungen, d. h. die Frage nach Energieformen, Umwandlungen und Energieerhaltung, sind besonders typisch für die Beschreibung von Prozessen in physikalischen Systemen. Energieformen aus den verschiedenen Teilbereichen der Physik (in der Sekundarstufe I insbesondere Mechanik, Wärme- und Elektrizitätslehre) und ihre Umwandlung erlauben eine umfassende physikalische Betrachtung des jeweiligen Problems und tragen so besonders zur kumulativen Struktur des Physikwissens bei. Die Lösung basiert auf einem Verständnis des Energieerhaltungssatzes. Es ist nicht möglich, ein Fahrrad so anzutreiben, dass es alleine fährt. Weil ein Teil der zur Verfügung stehenden Energie in nicht wiedergewinnbare Wärmeenergie umgewandelt wird, vermindert sich der Gesamtbetrag der zur Verfügung stehenden Energie.

⁷ Aufgrund der inkonsistenten Nutzung von Fachbegriffen in Schulbüchern, Lehrplänen und Materialien in den verschiedenen Bundesländern wurde bei der Entwicklung der Aufgaben auf eine einheitliche Festlegung der Begriffe verzichtet. Der Begriff „Wärmeenergie“ wird teilweise als problematisch eingeschätzt, findet sich aber in mehreren Lehrwerken der Physik.

2.2 Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Zum Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ gehören die physikbezogenen Denk- und Arbeitsweisen, wie z. B. Modellbildung und experimentelle Untersuchungsmethoden. Der Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ wird im Gegensatz zum Kompetenzbereich „Fachwissen“ in den Bildungsstandards nicht weiter untergliedert. Im Projekt ESNaS werden für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ jedoch drei Teilbereiche definiert: „Naturwissenschaftliche Untersuchungen“, „Naturwissenschaftliche Modellbildung“ und „Wissenschaftstheoretische Reflexion“. Diese Aufteilung bietet die Möglichkeit, die präskriptiv formulierten Bildungsstandards theorie- und evidenzbasierten Konstrukten zuzuordnen. Die abgeleiteten Kompetenzteilbereiche bilden die Bildungsstandards dieses Kompetenzbereichs aller drei naturwissenschaftlicher Fächer systematisch ab. Die Teilbereiche werden wiederum durch verschiedene Kompetenzaspekte ausdifferenziert, die einerseits die in den Bildungsstandards benannten Anforderungen direkt als Teilfähigkeiten ausweisen und andererseits nationale und internationale Forschungsbefunde integrieren (Wellnitz, Fischer, Kauertz, Mayer, Neumann, Pant, Sumfleth & Walpuski, 2012). Die Ausdifferenzierung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ ist in Abbildung 2 dargestellt. Zum Aspekt „Untersuchungsdesign“ gehört auch die Durchführung einer Beobachtung, eines Vergleichs oder eines Experiments. Da dieser Teilaspekt mit Hilfe der im Ländervergleich 2012 vorgesehenen *Paper-and-Pencil*-Testung nicht überprüft werden kann, wurde er bei der Testaufgabenentwicklung zum Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung vorerst nicht mit berücksichtigt.

		Erkenntnisgewinnung		
Teil- bereiche		Naturwissenschaftliche Untersuchungen	Naturwissenschaftliche Modellbildung	Wissenschaftstheoretische Reflexion
	Aspekte	Fragestellung	Funktionalität	Eigenschaften
Hypothese		Modellanwendung	Entwicklung	
Untersuchungsdesign		Grenzen		
Datenauswertung				

Abbildung 2: Ausdifferenzierung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ (Wellnitz et al., 2012)

Zur Illustration wird im Folgenden für jeden der drei Teilbereiche eine Beispielaufgabe⁸ dargestellt.

⁸ Eine Auswahl von beispielhaften richtigen und falschen Antworten von Schülerinnen und Schülern aus der Normierungsstudie für Aufgaben offenen Antwortformats ist im Anhang unter Kapitel 11.2 dargestellt.

Aufgabenbeispiel VII: Das Gewitter

Lösungshäufigkeit: 50,0%

Teilbereich: „Naturwissenschaftliche Untersuchungen“ (Standard: E 1)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

Ein Gewitter entsteht durch elektrische Entladungen in der Atmosphäre. Bei jeder Entladung entstehen gleichzeitig ein Lichtblitz und ein lauter Knall (Donner). Das Licht breitet sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 300.000 km in der Sekunde aus. Die Schallgeschwindigkeit beträgt in der Luft ca. 330 m in einer Sekunde.



Florian beobachtet ein Gewitter. Er stellt fest, dass es immer eine Weile dauert, bis er den Donner hört, nachdem er den Blitz gesehen hat.

Florian erzählt seinem Freund Robin, wie man die Entfernung eines Gewitters berechnet. Er erklärt: „Also, Blitz und Donner entstehen gleichzeitig. Den Lichtblitz siehst du sofort. Der Schall braucht Zeit. Weil der Schall für einen Kilometer ca. drei Sekunden braucht, zählst du einfach die Zeit zwischen Blitz und Donner. Alle drei Sekunden hat der Schall ungefähr einen Kilometer zurückgelegt. Also teilst du die gezählten Sekunden durch 3. Das Ergebnis gibt dir an, wie viele Kilometer das Gewitter weg ist.“

„Das klingt ja sehr schlau“, sagt Robin, „aber was ist eigentlich mit dem Licht? Das braucht doch auch Zeit!“

Begründe, warum Florian die Zeit, die das Licht braucht, nicht berücksichtigt hat.

--

Naturwissenschaftliche Untersuchungen machen eine konkrete, möglichst quantifizierte Vorhersage über den Ausgang eines detailliert beschriebenen Prozesses. Sie gehen von Fragestellungen aus, die auf (Mess-)Modellen basieren. Diese stellen eine Vereinfachung (Idealisierung) und messbare Beschreibung der Realität dar. Unter Berücksichtigung der Variablenkontrolle schließt die Vorhersage bereits einen Plan zur Gestaltung der Untersuchung ein und determiniert, wie die Daten ausgewertet werden müssen. Die eigentliche Datenauswertung berücksichtigt zusätzlich mögliche Fehlerquellen und diskutiert deren Einfluss. Daraus wird abgeleitet, ob die Vorhersage eingetroffen, die Hypothese bestätigt und damit die Frage beantwortet ist. In der Aufgabe wird die Frage untersucht, wie weit das Gewitter entfernt ist. Das Modell beinhaltet eine Ausbreitung von Licht und Schall, wobei Licht- und Schallgeschwindigkeit endlich, aber unterschiedlich groß sind. Die Protagonisten leiten daraus eine quantifizierte Aussage über die Distanz des Gewitters ab. Die Überprüfung der Aussage ist nicht mehr Teil der Aufgabe. Für die Lösung ist die Frage nach der Relevanz des durch die Vereinfachung entstandenen Fehlers entscheidend. Die Aufgabe fokussiert somit auf die Auswertung von Daten, wobei eingeschätzt werden muss, dass das Licht wegen seiner hohen Geschwindigkeit in diesem Versuch eine vernachlässigbar kleine Zeit benötigt, um einen Kilometer zurückzulegen.

Aufgabenbeispiel VIII: Verdunsten

Lösungshäufigkeit: 46,7%

Teilbereich: „Naturwissenschaftliche Modellbildung“ (Standard: E 3)

Kognitiver Prozess: Organisieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

Axel und Gabi gehen gerne ins Freibad. Dort wickeln sie ihre verschlossenen Getränkeflaschen in ein nasses Handtuch. Die Flaschen bleiben dabei schön kühl. Weil das Handtuch in der Hitze schnell trocknet, muss es häufig wieder nass gemacht werden. Sie wissen, dass Trocknen mit Verdunsten zusammenhängt.

Axel kennt das Teilchenmodell und überlegt: *„Wenn Wasser verdunstet, wird es gasförmig. Einige Wasserteilchen sind schnell genug, um die Anziehungskräfte zu überwinden, die die Teilchen in der Flüssigkeit zusammenhalten. Die Teilchen können die Flüssigkeit dann verlassen.“*

Gabi ergänzt Axels Modell: *„Ich habe außerdem gelernt, dass die Wärmeenergie eines Stoffs von der Bewegungsenergie seiner Teilchen abhängt. Bei höheren Temperaturen bewegen sich die Teilchen durchschnittlich schneller. Wenn die schnellsten Teilchen eine Flüssigkeit verlassen und die langsameren zurückbleiben, müsste die Temperatur der Flüssigkeit sinken. Also wird das Handtuch gekühlt.“*

Welche der Antwortmöglichkeiten setzt den Satz richtig fort?

Kreuze an.

Gabi ergänzt Axels Teilchenmodell, weil sie erklären will, ...

- ... dass bei höheren Temperaturen Wasser schneller verdunstet.
- ... dass beim Verdunsten des Wassers die Umgebung warm wird.
- ... dass beim Verdunsten des Wassers die Flaschen gekühlt werden.
- ... dass die gekühlten Flaschen die Verdunstung schneller machen.

Naturwissenschaftliche Modelle sind eine vereinfachende (idealisierende) und durch eine Messung operationalisierbare Beschreibung von Zuständen und Prozessen. Sie stellen die Funktion einzelner Elemente und Abläufe für den Gesamtprozess dar und dienen der Erklärung von Beobachtungen. Weiterhin stellen sie jeweils nur einen durch Rand- und Anfangsbedingungen beschriebenen, begrenzten Ausschnitt der Realität dar und haben daher nur begrenzte Gültigkeit (Modellgrenzen). Typische Modelle in der Sekundarstufe I sind das Teilchenmodell, Atommodelle, das Modell des Sonnensystems und Modelle für elektrischen Strom. Im Aufgabenbeispiel muss die Beobachtung, dass die Temperatur des Stoffs sinkt, mit der Anwendung eines Modells erklärt werden, bei dem die Bewegung der Teilchen zum Austritt aus dem System führt (Antwortoption 3).

Aufgabenbeispiel IX: Brownsche Bewegung

Lösungshäufigkeit: 65,0%

Teilbereich: „Wissenschaftstheoretische Reflexion“ (Standard: E 10)

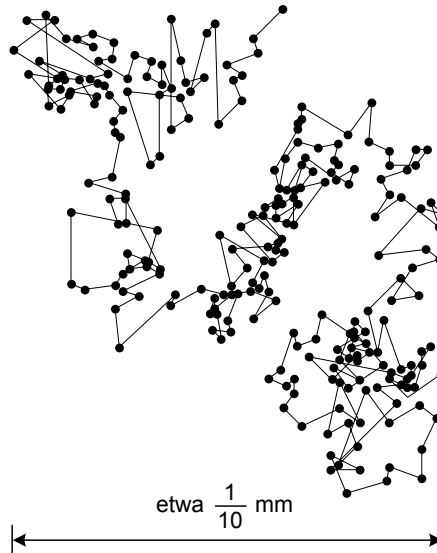
Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: V (Übergeordnetes Konzept)

Im Jahre 1827 untersuchte der Pflanzenforscher ROBERT BROWN Pflanzenpollen.

Er mischte sie mit Wasser und betrachtete diese Mischung unter dem Mikroskop.

Er beobachtete, dass die Pollen nicht zur Ruhe kamen. Jedes Pollenkorn führte ständig Zitterbewegungen aus.



etwa $\frac{1}{10}$ mm
Bewegung eines Pollenkorns (Position alle 30 s mit Punkten markiert)

Anfang des 20. Jahrhunderts suchten die Wissenschaftlerinnen und Wissenschaftler immer noch nach einer Erklärung für die Zitterbewegungen.

Welches Vorgehen wäre dabei **falsch**?

Kreuze an.

- Neue Erklärungsansätze ausdenken
- Erklärungsansätze mithilfe von Experimenten prüfen
- Einen Erklärungsansatz als endgültig richtig festlegen
- Auf Wissenschaftskongressen über Erklärungsansätze diskutieren

Naturwissenschaftliche Erkenntnis entsteht aus einem komplexen Prozess, der sich anhand einiger typischer Merkmale charakterisieren lässt. Diese Merkmale sind unter anderem Kreativität bei der Modellentwicklung, Argumentationen basierend auf empirischen Ergebnissen, logisches Anknüpfen an bestehende Erkenntnisse und die Einsicht, dass wissenschaftliche Erkenntnis ein Konsens in der wissenschaftlichen Gemeinschaft ist. Dadurch wird naturwissenschaftliches Arbeiten und naturwissenschaftliche Erkenntnis von anderen Arten des wissenschaftlichen und nicht-wissenschaftlichen Arbeitens unterscheidbar, bei denen z. B. Erklärungen normativ oder unabhängig von Empirie als wahr festgelegt werden. Das Aufgabenbeispiel thematisiert den Aspekt, dass sich naturwissenschaftliche Erkenntnis durch Kreativität (entspricht Antwortoption 1), durch empirisches Vorgehen (entspricht Antwortoption 2) und durch Konsens und Debatte (Antwortoption 4) entwickelt und endgültige normative Aussagen abgelehnt werden müssen (entspricht Antwortoption 3).

3 Testentwicklung

Mit der Erarbeitung der Bildungsstandards war der Anspruch verbunden, das Erreichen dieser Standards in regelmäßigen Abständen zentral zu überprüfen (vgl. Kapitel 1). Hierzu werden Testaufgaben benötigt. Die Testaufgaben zur Überprüfung des Erreichens der Bildungsstandards in den naturwissenschaftlichen Fächern wurden auf Basis des in Kapitel 2 beschriebenen Kompetenzstrukturmodells von Lehrkräften aus allen 16 Ländern entwickelt (zur Organisationsstruktur der Steuerung des Aufgabenentwicklungsprozesses vgl. Abbildung 3). Ihr Auftrag war es, eine Vielzahl von Testaufgaben zu konstruieren, mit denen abgesicherte Normen für zukünftige Ländervergleiche bereitgestellt werden können. Dazu wurden seit dem Projektstart 2007 folgende Arbeitsschritte absolviert:

1. Ausschärfung der Kompetenz- und Anforderungsbereiche der Bildungsstandards und Entwicklung eines gemeinsamen Kompetenzstrukturmodells für die drei naturwissenschaftlichen Fächer (vgl. Kapitel 2),
2. Erarbeitung von Richtlinien zur Konstruktion von Testaufgaben,
3. Testaufgabenentwicklung durch erfahrene Lehrkräfte unter fachdidaktischer Leitung und Beratung (vgl. Abbildung 3),
4. sprachliche Überprüfung und anschließende Überarbeitung der Aufgaben,
5. Präpilotierung in kleinen Stichproben und Überarbeitung auf Basis der Präpilotierungsergebnisse,
6. fachdidaktische und psychometrische Bewertung der Aufgabenqualität mit anschließender Überarbeitung der Aufgaben in Abstimmung zwischen Fachdidaktik und Psychometrie,
7. empirische Erprobung der entwickelten Aufgaben an einer großen Stichprobe im Jahr 2009 (Pilotierung),
8. Itemselektion auf Basis der Ergebnisse der Pilotierungsstudie,
9. Normierung der Aufgaben an einer national repräsentativen Stichprobe im Jahr 2011.

Die in dem oben beschriebenen Verfahren entwickelten Testaufgaben bilden gemeinsam mit den empirischen Ergebnissen der Normierungsstudie die Grundlage für die Erarbeitung der Kompetenzstufenmodelle, die im folgenden Kapitel detailliert beschrieben werden.

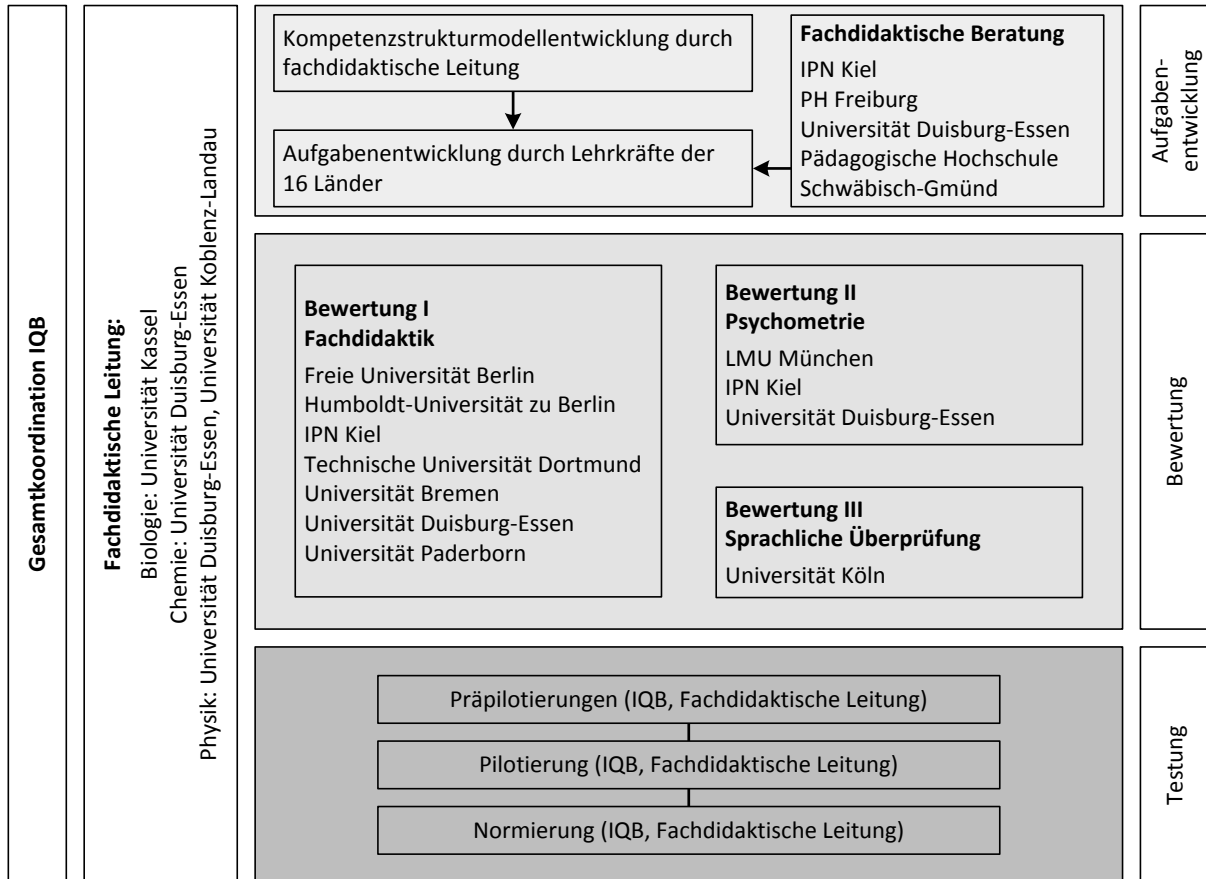


Abbildung 3: Organisationsstruktur der Testaufgabenentwicklung der Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“

4 Verfahren zur Setzung der Kompetenzstufen

4.1 Rahmen

Die Entwicklung der Kompetenzstufenmodelle erfolgte auf Basis der empirischen Daten der 2011 durchgeführten Normierungsstudie. Im Rahmen einer viertägigen Expertentagung wurden vier Stufengrenzen (*Cut-Scores*) zwischen den fünf Kompetenzstufen gesetzt und Kompetenzbeschreibungen für jede Stufe entwickelt. Dieser Prozess wird als Standard-Setting bezeichnet.

Die Expertengruppe für das Fach Physik setzte sich aus folgenden Expertinnen und Experten der Fachdidaktik sowie Vertreterinnen und Vertretern aus Ministerien bzw. Landesinstituten zusammen:

- Prof. Dr. Hans E. Fischer (Didaktik der Physik, Universität Duisburg-Essen),
- Prof. Dr. Helmut Fischler (Didaktik der Physik, Freie Universität Berlin),
- Prof. Dr. Alexander Kauertz (Didaktik der Physik, Universität Koblenz-Landau),
- Prof. Dr. Silke Mikelskis-Seifert (Abteilung Physik, Pädagogische Hochschule Freiburg),
- Prof. Dr. Peter Reinhold (Didaktik der Physik, Universität Paderborn),
- Prof. Dr. Lutz-Helmut Schön (Didaktik der Physik, Humboldt-Universität zu Berlin) und
- Dr. Georg Trendel (Ministerium für Schule und Weiterbildung, NRW).

4.2 Verfahren

Das Setzen der *Cut-Scores* erfolgte auf Basis der Bookmark-Methode (Mitzel, Lewis, Patz & Green, 2001). Die Validität dieser Methode ist wissenschaftlich vielfach bestätigt; sie wird beispielsweise in den USA durch das *Berkeley Evaluation and Assessment Research Center* (BEAR-Center) an der University of California (Berkeley) genutzt und wurde in Deutschland 2009 erstmals durch das IQB erfolgreich eingesetzt (Pant, Tiffin-Richards & Köller, 2010; Tiffin-Richards & Köller, 2010). Bei der Bookmark-Methode arbeiten Expertinnen und Experten mit einem *Ordered-Item-Booklet*, in dem eine repräsentative Auswahl von Testaufgaben nach ihrer empirischen Schwierigkeit geordnet ist. Die Testaufgaben für die *Ordered-Item-Booklets* werden so ausgewählt, dass sie repräsentativ für die Gesamtheit der entwickelten Aufgaben sind, diese also hinsichtlich bestimmter Aufgabenmerkmale, wie z. B. Antwortformat, Komplexität, kognitivem Prozess oder Fachinhalt abbilden. Die Aufgaben werden von den Expertinnen und Experten von der leichtesten bis zur schwersten Testaufgabe mit dem Ziel betrachtet, die schwierigkeitsgenerierenden Merkmale zu identifizieren. Die *Cut-Scores* für die Kompetenzstufen werden auf Basis dieser Überlegungen an jenen Stellen gesetzt, an denen ein qualitativer, fachdidaktisch begründeter Sprung im kognitiven Anforderungsniveau sichtbar wird, das zur sicheren Lösung der Aufgabe benötigt wird.

Die Entwicklung der Kompetenzstufenmodelle für die naturwissenschaftlichen Fächer erfolgte in einem iterativen Prozess. Die Expertinnen und Experten setzten nach dem beschriebenen Verfahren zunächst individuelle *Cut-Scores*. Diese wurden anschließend unter erneuter Bezugnahme auf die

Testaufgaben in den Fachgruppen diskutiert. Über die im *Ordered-Item-Booklet* enthaltene Aufgabenauswahl hinaus wurde ergänzend die Gesamtheit der Testaufgaben in die Analysen einbezogen. In einem weiteren Schritt erfolgte eine erneute konsensuelle Setzung der *Cut-Scores* in der Expertengruppe. Die aus dem oben beschriebenen Standard-Setting Prozess hervorgegangen konsensuellen *Cut-Scores* stellen die Basis für die in den Kapiteln 5 und 6 beschriebenen Kompetenzstufenmodelle dar.

Parallel zur Setzung der *Cut-Scores* wurden Kompetenzstufenbeschreibungen (Deskriptoren) in Form von *Can-Do-Statements* zu den Kompetenzstufen verfasst. Diese wurden in der Expertengruppe ebenfalls in einem konsensuellen Verfahren erarbeitet. Im nächsten Kapitel werden die Kompetenzstufen detailliert beschrieben.

5 Die Kompetenzstufenmodelle für den MSA im Fach Physik

5.1 Definition der Kompetenzstufen

In den Bildungsstandards werden Kompetenzen für das Fach Physik ausgewiesen, die zum MSA in diesem Fach in der Regel erwartet werden. Um die Kompetenzen darüber hinaus möglichst umfassend in ihrer Graduierung darstellen zu können, wurde ein Kompetenzstufenmodell entwickelt, das eine inhaltliche Beschreibung der Kompetenzen auf fünf Stufen erlaubt. Die Festlegung der Kompetenzstufen in den naturwissenschaftlichen Fächern erfolgte nach einem empirischen Verfahren im Wechselspiel von fachdidaktischen Erwägungen und psychometrischen Analysen (vgl. Kapitel 4). Die auf empirischen Daten beruhenden Kompetenzstufen können fünf qualitativ abgestuften, normativen Standards zugeordnet und wie in Tabelle 2 beschrieben werden (IQB, 2008).

Tabelle 2: Beschreibung der Standards und ihre Zuordnung zu Kompetenzstufen

Kompetenzstufe	Standard	Beschreibung des Standards
V	Optimal- bzw. Maximalstandard	Optimal- bzw. Maximalstandards beziehen sich auf Leistungserwartungen, die unter sehr guten oder ausgezeichneten individuellen Lernvoraussetzungen und der Bereitstellung gelingender Lerngelegenheiten innerhalb und außerhalb der Schule erreicht werden und bei weitem die Erwartungen der KMK-Bildungsstandards übertreffen.
IV	Regelstandard plus	Will man Schulen in einem System der Weiterentwicklung von Unterricht Ziele anbieten, die über den Regelstandard hinausgehen, so kann es sinnvoll sein, einen Leistungsbereich zu definieren, der über dem Regelstandard liegt und im Folgenden als Regelstandard plus bezeichnet wird.
III	Regelstandard	Regelstandards beziehen sich auf Kompetenzen, die im Durchschnitt von den Schülerinnen und Schülern bis zu einem bestimmten Bildungsabschnitt erreicht werden sollen und im Einklang mit den entsprechenden Veröffentlichungen der KMK stehen.
II	Mindeststandard	Mindeststandards beziehen sich auf ein definiertes Minimum an Kompetenzen, das alle Schülerinnen und Schüler bis zu einem bestimmten Bildungsabschnitt erreicht haben sollten. Dieses unterschreitet die in den Heften der KMK festgelegten Kompetenzerwartungen, beschreibt aber weiterhin ein Bildungsminimum am Ende der Sekundarstufe I, von dem angenommen werden kann, dass Schülerinnen und Schüler, die auf diesem Niveau liegen, sich bei entsprechender Unterstützung erfolgreich in die berufliche Erstausbildung integrieren werden.
I	Unter Mindeststandard	Schülerinnen und Schüler auf diesem Kompetenzniveau verfehlen den für den MSA gesetzten Mindeststandard. Sie erreichen somit nicht das definierte Minimum an Kompetenzen, das alle Schülerinnen und Schüler zum Zeitpunkt des MSA erworben haben sollen.

Diese allgemeine Beschreibung von Standards wird in Kapitel 5.2 konkret auf Kompetenzen im Fach Physik bezogen. Neben der Orientierung an den beschriebenen normativ festgelegten Mindest-, Regel- oder Optimalstandards müssen die Kompetenzbeschreibungen im Fach Physik bestimmten empirischen, fachlichen wie auch fachdidaktischen Kriterien genügen. Weiterhin wurden bei der Entwicklung der vorliegenden Kompetenzstufenmodelle folgende Kriterien berücksichtigt:

- Enge Orientierung an den 2004 verabschiedeten Bildungsstandards der KMK bei gleichzeitiger Berücksichtigung des Kompetenzspektrums der Kompetenzbereiche „Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“,
- Anbindung der Kompetenzstufenmodelle an internationale Vorarbeiten, wie sie in den großen Schulleistungsstudien *Trends in International Mathematics and Science Study* (TIMSS) und *Programme for International Student Assessment* (PISA) realisiert wurden,
- fünf annähernd gleich breite Kompetenzstufen,
- fachdidaktisch begründete und gut interpretierbare Grenzen zwischen den Kompetenzstufen.

Neben den oben genannten Kriterien müssen Festlegungen von Kompetenzerwartungen sowohl bildungspolitischen Gesichtspunkten als auch pädagogischen Erfordernissen entsprechen. Kompetenzstufenmodelle sollten in dieser Hinsicht

- herausfordernde und zugleich angemessene Leistungserwartungen beschreiben, die der Leistungsstreuung innerhalb und zwischen den Ländern in angemessener Weise Rechnung tragen,
- trotz der zu erwartenden unterschiedlich hohen Anteile der Schülerinnen und Schüler, die den Regelanforderungen nicht entsprechen, für alle Länder ein Minimum an Kompetenzen beschreiben, das von allen Schülerinnen und Schülern mittelfristig erreicht werden sollte,
- vorhandene wie auszubauende Leistungsressourcen verdeutlichen,
- motivierende Leistungserwartungen formulieren, die Entwicklungsimpulse an den Schulen auslösen; hierfür dient insbesondere der Regelstandard plus,
- breite Akzeptanz insbesondere bei den Lehrkräften erreichen.

5.2 Metrik der Kompetenzskala

Die der Beschreibung der Kompetenzstufen vorangestellten illustrierenden Aufgaben stammen aus einem umfangreichen Pool von Aufgaben zur Überprüfung des Erreichens der Bildungsstandards in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“⁹. Um zukünftige Testergebnisse - z. B. aus der Ländervergleichsstudie 2012 - auf Grundlage dieses Aufgabenpools einordnen zu können, müssen die Testaufgaben normiert werden. Die Aufgaben wurden zu diesem Zweck im Jahr 2011 an einer deutschlandweit repräsentativen Stichprobe von Neunt- und Zehntklässlern eingesetzt (vgl. Kapitel 3), sodass stabile Aufgabenparameter (wie z. B. die Aufgabenschwierigkeit) geschätzt werden können.

⁹ Testaufgaben für die Kompetenzbereiche Bewertung und Kommunikation befinden sich zurzeit in der Entwicklung.

Anhand von Aufgabenkennwerten aus der klassischen und probabilistischen Testtheorie wurden einige Aufgaben der Normierungsstudie aus dem Aufgabenpool entfernt. Aufgaben mit zufriedenstellenden Aufgabenkennwerten bilden die Aufgabenbasis für die nationalen Skalen der Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ (Normierung). Die nationalen Skalen werden im Folgenden beschrieben. Auf diesen Skalen lassen sich sowohl Schülerinnen und Schüler mit ihren Kompetenzen (Personenfähigkeitskennwert) als auch die jeweiligen Aufgaben mit ihren Schwierigkeiten (Aufgabenschwierigkeitskennwert) abbilden.

Bei den eingesetzten Skalen werden der mittlere Fähigkeitswert für Schülerinnen und Schüler, die mindestens den MSA anstreben, der Jahrgangsstufe 9 bei 500 Punkten und die Streuung (Standardabweichung) um diesen Mittelwert bei 100 Punkten festgelegt¹⁰. Die Aufgaben werden auf der Skala der Bildungsstandards so verortet, dass eine Schülerin bzw. ein Schüler mit einem bestimmten Personenfähigkeitskennwert eine Aufgabe mit eben diesem Aufgabenschwierigkeitskennwert mit einer Wahrscheinlichkeit von 62,5 % lösen kann. So hat z. B. eine Schülerin bzw. ein Schüler mit einem Fähigkeitswert von 504 Punkten für die Aufgabe „Archimedes in Luft und Wasser“ (Schwierigkeitswert ebenfalls 504 Punkte) eine Lösungswahrscheinlichkeit von knapp zwei Drittel. Dies entspricht den Konventionen der PISA-Studien.

Auf der Skala erhält jede Aufgabe einen Testwert als Maß für ihre Schwierigkeit. Eher leichte Aufgaben haben somit auf der beschriebenen Skala Schwierigkeitskennwerte von 400 oder weniger Punkten, eher schwere Aufgaben von etwa 600 Punkten oder mehr. Diese Aufgabenkennwerte stellen eine Momentaufnahme auf Basis der Stichprobe der Normierungsstudie 2011 dar, können also in zukünftigen Erhebungen im Rahmen der Messungsgenauigkeit leicht schwanken.

Die Kompetenzstufen stellen damit eine fachdidaktisch fundierte, kriteriale Einteilung dieser normierten Skalen dar. Die Kompetenzstufe I ist nach unten, die Kompetenzstufe V nach oben offen. Die Kompetenzstufe II wird im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ bei 370 Punkten und im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ bei 350 Punkten erreicht (siehe Abbildung 4 und Abbildung 6). Alle Aufgaben mit Schwierigkeitswerten innerhalb des Kompetenzniveaus II entsprechen basalen Anforderungen, deren Erfüllung bei Abschluss der Schullaufbahn mit dem MSA von allen Schülerinnen und Schülern erwartet wird. Schülerinnen und Schüler auf dem Kompetenzniveau I verfehlen diese in den Bildungsstandards formulierten Anforderungen. Das Kompetenzniveau I beschreibt somit ein unteres Leistungsspektrum, in dem auch ein Bildungsminimum im Sinne von Mindeststandards nicht erreicht wird.

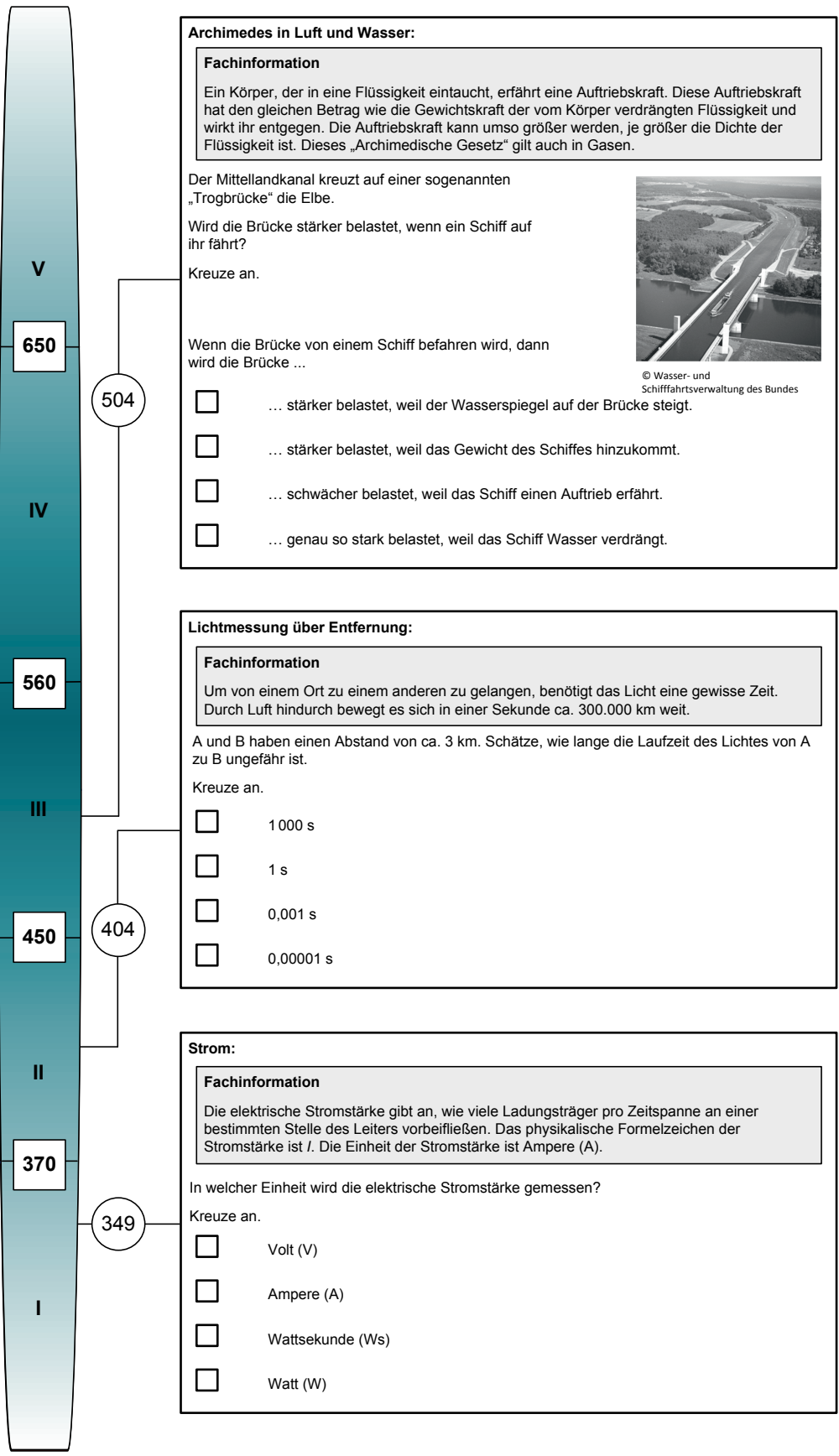
Die Kompetenzen, die in den Bildungsstandards für den MSA expliziert werden, sollen eine Grundbildung in Physik sichern und dazu beitragen, dass Heranwachsende in Alltag und Beruf als „mündige Bürgerin“ bzw. „mündiger Bürger“ handeln können. Diese Auffassung von Grundbildung muss bei der Festlegung der Grenzen für den Regelstandard auf den Skalen der beiden Kompetenzbereiche berücksichtigt werden. Wer den Regelstandard für den MSA erfüllt, soll über „Sekundarstufe I-typische“ Kompetenzen in Physik verfügen. Dies ist mit dem Erreichen der Kompetenzstufe III gegeben. Im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ ist dieser Regelstandard bzw. die Kompetenzstufe III bei 450 Punkten erreicht, im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ bei 430 Punkten.

¹⁰ Die Kompetenzskala für dieses Kompetenzstufenmodell wurde anhand der Population der Schülerinnen und Schüler, die den MSA anstreben, normiert. Eine Übertragung der Stufengrenzen auf eine am Mittelwert der gesamten Schülerpopulation normierte Skala wurde im Rahmen des Ländervergleichs 2012 vorgenommen. Dazu ist eine rein nominelle Transformation der Stufengrenzen notwendig (für Details zur Umsetzung im Ländervergleich 2012, siehe Pant, Böhme & Köller, 2013).

Ab einem Testwert von 560 Punkten in „Umgang mit Fachwissen“ und einem Testwert von 540 Punkten in „Erkenntnisgewinnung“ erreichen die Schülerinnen und Schüler die Kompetenzstufe IV (siehe Abbildung 5 und Abbildung 7). Diese Schülerinnen und Schüler bewältigen sicher Anforderungen, die über dem Regelstandard im Fach Physik liegen. Die Kompetenzstufe IV wird daher als Regelstandard plus bezeichnet.

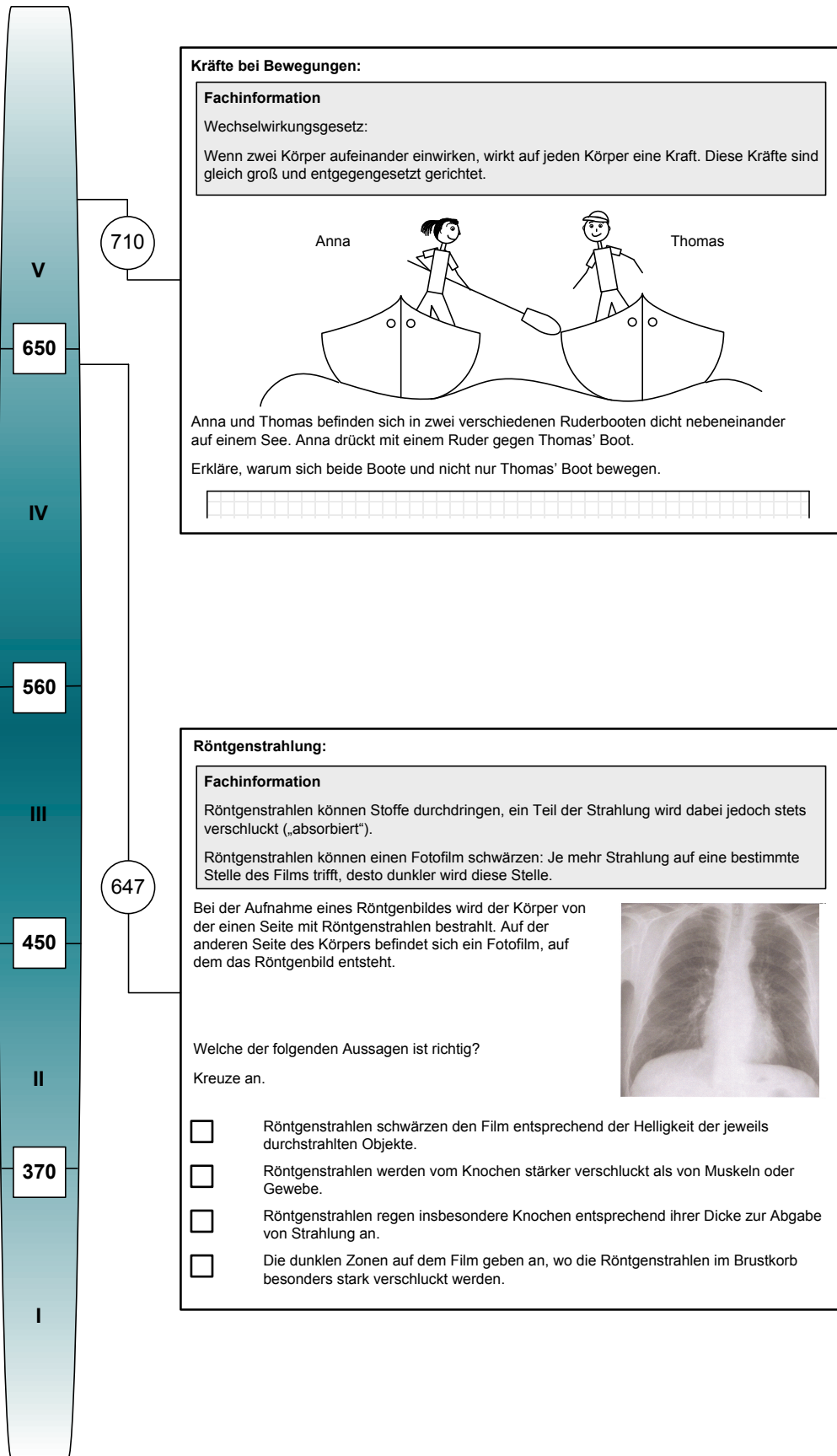
Die anspruchsvollsten Aufgaben liegen auf der Kompetenzstufe V. Im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ beginnt diese Stufe ab einem Testwert von 650 Punkten (siehe Abbildung 5), im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ ab einem Testwert von 630 Punkten (siehe Abbildung 7). Schülerinnen und Schüler, die auch diese Aufgaben hinreichend sicher lösen können, erreichen den Optimalstandard und bilden somit die Spitzengruppe. Der Optimalstandard liegt wesentlich über dem definierten Regelstandard und wird vermutlich nur unter optimalen Lehr- und Lernbedingungen erreicht. Welche Bedingungen für die Erreichung des Optimalstandards förderlich sind, könnte in weiteren Untersuchungen, z. B. in einer Längsschnittstudie, näher betrachtet werden.

Im Folgenden werden die Anforderungen der Aufgaben beschrieben, deren Schwierigkeitskennwerte in den jeweiligen Kompetenzstufen I bis V liegen. Dies geschieht zunächst anhand von Beispielaufgaben. Die Beispiele zeigen, welche Aufgaben Schülerinnen und Schüler auf der entsprechenden Kompetenzstufe mit hoher Wahrscheinlichkeit lösen können. In den Kompetenzstufenbeschreibungen finden sich zwar Formulierungen wieder, die bereits in den Anforderungsbereichen der Bildungsstandards vorkommen, bei den Anforderungsbereichen handelt es sich jedoch nicht um Ausprägungen oder Niveaustufen einer Kompetenz, sondern „vielmehr um Merkmale von Aufgaben, die verschiedene Schwierigkeitsgrade innerhalb ein und derselben Kompetenz abbilden können.“ (siehe Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, S. 13).



Anmerkung. Aus Platzgründen sind die Aufgabenbeispiele in modifiziertem Layout dargestellt.

Abbildung 4: Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ – Kompetenzstufen I bis III



Kräfte bei Bewegungen:

Fachinformation
 Wechselwirkungsgesetz:
 Wenn zwei Körper aufeinander einwirken, wirkt auf jeden Körper eine Kraft. Diese Kräfte sind gleich groß und entgegengesetzt gerichtet.

Anna Thomas

Anna und Thomas befinden sich in zwei verschiedenen Ruderbooten dicht nebeneinander auf einem See. Anna drückt mit einem Ruder gegen Thomas' Boot.

Erkläre, warum sich beide Boote und nicht nur Thomas' Boot bewegen.

Röntgenstrahlung:

Fachinformation
 Röntgenstrahlen können Stoffe durchdringen, ein Teil der Strahlung wird dabei jedoch stets verschluckt („absorbiert“).
 Röntgenstrahlen können einen Fotofilm schwärzen: Je mehr Strahlung auf eine bestimmte Stelle des Films trifft, desto dunkler wird diese Stelle.

Bei der Aufnahme eines Röntgenbildes wird der Körper von der einen Seite mit Röntgenstrahlen bestrahlt. Auf der anderen Seite des Körpers befindet sich ein Fotofilm, auf dem das Röntgenbild entsteht.

Welche der folgenden Aussagen ist richtig?
 Kreuze an.

- Röntgenstrahlen schwärzen den Film entsprechend der Helligkeit der jeweils durchstrahlten Objekte.
- Röntgenstrahlen werden vom Knochen stärker verschluckt als von Muskeln oder Gewebe.
- Röntgenstrahlen regen insbesondere Knochen entsprechend ihrer Dicke zur Abgabe von Strahlung an.
- Die dunklen Zonen auf dem Film geben an, wo die Röntgenstrahlen im Brustkorb besonders stark verschluckt werden.

Anmerkung. Aus Platzgründen sind die Aufgabenbeispiele in modifiziertem Layout dargestellt.

Abbildung 5: Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ - Kompetenzstufen IV bis V

V

630

460

Schallgeschwindigkeit:

Jana steht auf einer großen Baustelle. Sie beobachtet einen Arbeiter, der mit einem schweren Hammer einen Eisenstab in den Boden schlägt. Jana fällt auf, dass sie die Schläge erst eine ganze Weile später hört, als dass sie diese sieht. Sie erklärt sich das damit, dass der Schall eine gewisse Zeit braucht, bis er an ihr Ohr gelangt.

Um diese Vermutung zu überprüfen, möchte sie zusammen mit ihrem Freund Pit die Geschwindigkeit von Schall messen: Auf einer langen, geraden Straße schlägt Pit in genau bestimmten Entfernungen von jeweils mehreren hundert Metern gut sichtbar mit einem Hammer auf eine Stahlplatte. Jana misst mit einer Stoppuhr jedes Mal die Zeit zwischen Sehen und Hören des Schlags.

Jana und Pit können voraussetzen, dass sich der Schall bei jeder ihrer Messungen gleich schnell ausbreitet.

Welche Hypothese ist dann bei Janas Experiment sinnvoll?

Kreuze an.

<input type="checkbox"/> Die gemessene Geschwindigkeit wird umso größer sein, je größer die Entfernung ist.	<input type="checkbox"/> Die gemessene Zeit wird umso größer sein, je kleiner die Entfernung ist.
<input type="checkbox"/> Die gemessene Geschwindigkeit wird umso kleiner sein, je größer die Entfernung ist.	<input type="checkbox"/> Die gemessene Zeit wird umso größer sein, je größer die Entfernung ist.

IV

540

391

Bewegung eines Wagens:

Bei einem Experiment (Bild 1) wird ein Wagen aus dem Stand so lange beschleunigt, bis das Gewichtsstück den Fußboden erreicht hat. Anschließend bewegt sich der Wagen bis zum Ende der waagerechten Tischplatte mit annähernd gleichbleibender Geschwindigkeit weiter. Während der gesamten Bewegung erfolgt fortlaufend die Messung des zurückgelegten Weges und der dazugehörigen Zeit. Aus diesen Wertepaaren können Geschwindigkeit und Beschleunigung bestimmt werden.

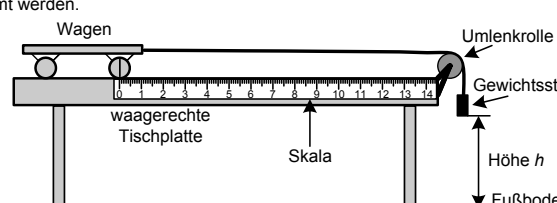


Bild 1

In einem weiteren Experiment wird eine Kiste in den Fallweg des Gewichtsstücks gestellt (Bild 2). Die übrige Experimentieranordnung bleibt unverändert.

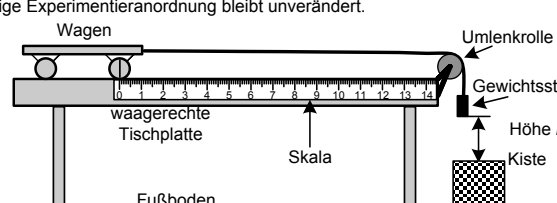


Bild 2

Wie wirkt sich das Aufstellen der Kiste auf die Bewegung des Wagens aus?

Kreuze an.

- Die Geschwindigkeit des Wagens nimmt bis zum Tischende immer zu.
- Die maximal erreichbare Geschwindigkeit ist größer als beim Experiment ohne Kiste.
- Der Weg, auf dem der Wagen beschleunigt, ist kürzer als beim Experiment ohne Kiste.
- Der Weg, auf dem der Wagen beschleunigt, ist länger als beim Experiment ohne Kiste.

III

430

288

Untersuchungen zum elektrischen Widerstand:

Ina hat gelernt, dass der elektrische Widerstand eines Kupferdrahtes von seiner Länge und von der Größe seiner Querschnittsfläche abhängt.

Nun soll Ina in einem Experiment untersuchen, ob der elektrische Widerstand eines Drahtes auch von dem Material abhängt. Sie hat zwei Drähte zur Verfügung: einen Draht aus Eisen und einen aus Kupfer. Beide Drähte sind 1,00 m lang und haben eine Querschnittsfläche von 0,1 mm².

In welcher Eigenschaft unterscheiden sich die beiden Drähte?

Kreuze an. Sie unterscheiden sich ...

<input type="checkbox"/> ... in ihrer Querschnittsfläche.	<input type="checkbox"/> ... in ihrem Material.
<input type="checkbox"/> ... in ihrer Form.	<input type="checkbox"/> ... in ihrer Länge.

Anmerkung. Aus Platzgründen sind die Aufgabenbeispiele in modifiziertem Layout dargestellt.

Abbildung 6: Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ - Kompetenzstufen I bis III

V

720

630

IV

540

III

430

583

II

350

I

Messfehler:

Auch wenn man bei Messungen sehr sorgfältig vorgeht und ein hochwertiges Messgerät verwendet, erhält man bei der Messung einer bestimmten Größe oftmals abweichende Messwerte.

Stell dir vor, du hast die Länge eines Bleistifts mit einem Lineal gemessen und 118 mm erhalten. Die Messabweichung des Lineals beträgt ± 1 mm. Das bedeutet, dass der tatsächliche Messwert mit hoher Wahrscheinlichkeit zwischen 117 mm und 119 mm liegt.

Allgemein gilt: Je kleiner die Messabweichungen sind, desto wahrscheinlicher ist es, dass die Messwerte nur wenig vom tatsächlichen Wert der Messgröße abweichen.

Eine Möglichkeit, die Genauigkeit von Messergebnissen zu erhöhen, besteht darin, ein und dieselbe Größe mehrmals zu messen und daraus den Mittelwert zu bestimmen.

An einem elektrischen Stromkreis werden zwei Messreihen aufgenommen.

Messung 1		Messung 2	
U in V	I in mA	U in V	I in mA
0,00	0,00	0,00	0,00
1,20	0,22	1,10	0,29
1,80	0,30	1,80	0,36
2,40	0,42	2,80	0,40
3,60	0,65	3,60	0,68

U steht dabei für Spannung, V für Volt, I für Strom und mA für Milliampere.

Messung 1

Messung 2

Formuliere ein Kriterium, mit dem entschieden werden kann, welche von den beiden Messungen genauer ist.

Untersuchungen zum elektrischen Widerstand:

Ina hat gelernt, dass der elektrische Widerstand eines Drahtes von seiner Länge, von der Größe seiner Querschnittsfläche und von seinem Material abhängt.

Sie soll ihrer Klasse in einem Vergleichsexperiment mit zwei verschiedenen Drähten vorführen, dass kürzere Drähte einen kleineren elektrischen Widerstand haben als längere. Sie hat folgende Drähte zur Verfügung:

	Material	Länge	Querschnittsfläche
Draht Nr. 1	Eisen	1,00 m	0,1 mm ²
Draht Nr. 2	Kupfer	1,00 m	0,1 mm ²
Draht Nr. 3	Kupfer	1,00 m	0,2 mm ²
Draht Nr. 4	Kupfer	0,25 m	0,1 mm ²

Welche beiden Drähte muss Ina auswählen?

Kreuze an.

<input type="checkbox"/> Draht Nr. 2 und Draht Nr. 4	<input type="checkbox"/> Draht Nr. 2 und Draht Nr. 3
<input type="checkbox"/> Draht Nr. 1 und Draht Nr. 3	<input type="checkbox"/> Draht Nr. 1 und Draht Nr. 4

Anmerkung. Aus Platzgründen sind die Aufgabenbeispiele in modifiziertem Layout dargestellt.

Abbildung 7: Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ - Kompetenzstufen IV bis V

6 Beschreibung der Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“

In diesem Kapitel werden die Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ in Form von *Can-do-Statements* beschrieben. Die fachdidaktisch begründeten *Can-do-Statements* werden durch die Verwendung empirischer Daten aus der Normierungsstudie 2011 gestützt, in der die empirische Schwierigkeit der Testaufgaben ermittelt wurde. Somit sind die Kompetenzstufen sowohl fachdidaktisch als auch empirisch fundiert (vgl. Kapitel 4).

6.1 Beschreibung der Kompetenzstufen im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

Im Folgenden werden die Kompetenzstufenbeschreibungen in Form von Deskriptoren für die Kompetenzstufen I bis V aufsteigend aufgeführt. Diese Deskriptoren wurden aus den jeweiligen Testaufgaben gewonnen, die sich auf Grund der empirischen Daten in einer Kompetenzstufe befanden. Sie geben damit Auskunft darüber, was Schülerinnen und Schüler können, wenn sie eine bestimmte Kompetenzstufe erreicht haben. Zusätzlich zu dieser Darstellung der Deskriptoren findet sich im Kapitel 6.1.6 eine Übersicht über alle Deskriptoren des Kompetenzbereichs „Umgang mit Fachwissen“ für die fünf Kompetenzstufen¹¹.

6.1.1 Kompetenzstufe I (bis unter 370 Punkte)

Identifizieren und Wiedergeben von physikalischen Bezügen in lebensweltlichen Zusammenhängen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- in lebensweltlichen Zusammenhängen vorgegebene physikalische Bezüge zu
 - Energieformen und Energieumwandlung
 - (Materie-)Teilchen und Stoffeigenschaften (z. B. fest/flüssig/gasförmig, Formen, Volumen, Temperatur)
 - Wirkung und Kraft
 - Gleichgewicht und Störung
 - elektrischer Stromwiedergeben.
- Aufgaben mit physikalischen Bezügen nach vorgegebenem Muster lösen.
- in alltagsnahen einfachen Situationen physikalische Aussagen mit lebensweltlichen Erfahrungen verknüpfen.
- einzelne Aussagen einfacher alltagsnaher Modelle identifizieren und wiedergeben.

¹¹Nicht alle Kompetenzaspekte finden sich auf allen Kompetenzstufen wieder. Dies ist teilweise fachdidaktisch begründet, teilweise standen für die präzise Formulierung der Deskriptoren noch nicht ausreichend viele Aufgaben zur Verfügung. Zukünftig wird eine Entwicklung weiterer Testaufgaben angestrebt.

6.1.2 Kompetenzstufe II (370 bis unter 450 Punkte)

Wiedergeben und Anwenden von einfachen physikalischen Zusammenhängen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- einzelne Energieformen und in diesem Rahmen Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben.
- Beispiele für die Strukturiertheit von Materie und die daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) beschreiben.
- unterschiedliche Wirkungen von Kräften beschreiben.
- grundlegende Gleichgewichtszustände (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihre Veränderungen (z. B. durch Ströme) beschreiben.
- gegebene Lösungen von physikbezogenen Aufgaben und Problemen wiedergeben und erläutern.
- Beispiele für Anwendungen einzelner funktionaler Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten, Größenordnungen, Messvorschriften etc. wiedergeben.
- Kernaussagen von Modellen geringer Komplexität (mit wenigen Elementen und Zusammenhängen) wiedergeben.

6.1.3 Kompetenzstufe III (450 bis unter 560 Punkte)

Bezug zwischen Basiskonzepten und funktionalen Zusammenhängen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- unterschiedliche physikalische Situationen unter Berücksichtigung von Energieformen, Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben.
- unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung der Strukturiertheit von Materie und den daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) beschreiben und erklären.
- Veränderungen auf die Wirkung von Kräften, Feldern und Strahlung zurückführen.
- unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung von Gleichgewichtszuständen (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihren Veränderungen (z. B. durch Ströme) beschreiben und erklären.
- physikalische Kenntnisse (z. B. funktionale Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten, Grundprinzipien, Größenordnungen, Messvorschriften, [Natur-]Konstanten) zur Lösung von Aufgaben und Problemen nutzen.
- diese Kenntnisse in verschiedenen einfach strukturierten Kontexten (fachliche, technische, gesellschaftliche) anwenden, die über Medien (wie z. B. Zeitung, Fernsehen, Internet) vermittelt sind.
- Kernaussagen einfacher Modelle zur Beschreibung physikalischer Phänomene nutzen.
- mit Hilfe gegebene Analogien zum Lösen von Aufgaben und Problemen einsetzen.
- zu physikalischem Wissen symbolische Darstellungen (z. B. Vektor, Kennlinie, Schaltzeichnungen) mit darin enthaltenen Parametern wiedergeben und nutzen.

6.1.4 Kompetenzstufe IV (560 bis unter 650 Punkte)

Transfer bekannter Problemlösungen auf neue Situationen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- unterschiedliche physikalische Situationen unter Berücksichtigung von Energieformen, Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben sowie in Ansätzen qualitativ und quantitativ erklären.
- unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung der Strukturiertheit von Materie und den daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) beschreiben sowie in Ansätzen qualitativ und quantitativ erklären.
- Veränderungen in komplexen (vielschichtig, hierarchische Vernetzung, horizontale Vernetzung z. B. über Themenbereiche) Vorgängen auf die Wirkung von Kräften, Feldern und Strahlung zurückführen.
- unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung von Gleichgewichtszuständen (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihren Veränderungen (z. B. durch Ströme) beschreiben sowie in Ansätzen qualitativ und quantitativ erklären.
- physikalische Kenntnisse zur Lösung von komplexen Aufgaben und Problemen nutzen.
- physikbezogene Aufgaben-/Problemlösungen beschreiben.
- physikalische Kenntnisse in neuen, einfach strukturierten Kontexten (fachliche, technische, gesellschaftliche) anwenden und Bezüge zu den Basiskonzepten herstellen.
- gegebene Modelle und Analogien zur Lösung von Aufgaben und Problemen nutzen.
- Phänomene, Situationen und Probleme aus physikalischer Perspektive mit Hilfe erklären.
- physikalische Gesetzmäßigkeiten in physikalischen Situationen erkennen und daraus Schlussfolgerungen für Erklärungen oder Problemlösungen ziehen.

6.1.5 Kompetenzstufe V (ab 650 Punkte)

Anwendung theoretischer Konzepte zur Lösung von Problemen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- komplexe physikalische Situationen unter Berücksichtigung von Energieformen, Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben sowie qualitativ und quantitativ erklären.
- unterschiedliche komplexe Situationen unter Berücksichtigung der Strukturiertheit von Materie und den daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) analysieren sowie quantitativ und qualitativ erklären.
- Veränderungen in komplexen Vorgängen mit der Wirkung von Kräften, Feldern und Strahlung differenziert beschreiben.
- unterschiedliche komplexe Situationen unter Berücksichtigung von Gleichgewichtszuständen (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihren Veränderungen (z. B. durch Ströme) analysieren sowie quantitativ und qualitativ erklären.
- selbstständig physikalische Konzepte identifizieren, die zur Lösung von Aufgaben und Problemen benötigt werden.
- selbstständig physikbezogene Aufgaben-/Problemlösungen entwickeln.
- Basiskonzepte zum Verständnis komplexer Kontexte (fachliche, technische, gesellschaftliche, wirtschaftliche) anwenden.
- gegebene Modelle und Analogien zur Lösung von komplexen Problemen nutzen.
- Phänomene, Situationen und Probleme aus physikalischer Perspektive eigenständig erklären.
- physikalische Gesetzmäßigkeiten in komplexen physikalischen Situationen erkennen und daraus Schlussfolgerungen für Erklärungen oder Problemlösungen ziehen.

6.1.6 Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht

Tabelle 3: Übersicht über Deskriptoren für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

		Kompetenzstufe	
		I	II
		Identifizieren und Wiedergeben von physikalischen Bezügen in lebensweltlichen Zusammenhängen	Wiedergeben und Anwenden von einfachen physikalischen Zusammenhängen
Die Schülerinnen und Schüler können...			
Umgang mit Basiskonzepten		in lebensweltlichen Zusammenhängen vorgegebene physikalische Bezüge zu <ul style="list-style-type: none"> • Energieformen und Energieumwandlung • (Materie-)Teilchen und Stoffeigenschaften (z. B. fest/flüssig/gasförmig, Formen, Volumen, Temperatur) • Wirkung und Kraft • Gleichgewicht und Störung • elektrischer Strom wiedergeben.	einzelne Energieformen und in diesem Rahmen Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben. Beispiele für die Strukturiertheit von Materie und die daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) beschreiben. unterschiedliche Wirkungen von Kräften beschreiben. grundlegende Gleichgewichtszustände (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihre Veränderungen (z. B. durch Ströme) beschreiben.
	Problemlösen	Aufgaben mit physikalischen Bezügen nach vorgegebenem Muster lösen.	gegebene Lösungen von physikbezogenen Aufgaben und Problemen wiedergeben und erläutern.
	Kontexte	in alltagsnahen einfachen Situationen physikalische Aussagen mit lebensweltlichen Erfahrungen verknüpfen.	Beispiele für Anwendungen einzelner funktionaler Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten, Größenordnungen, Messvorschriften etc. wiedergeben.
	Beschreibungen und Erklärungen auf der Grundlage von Gesetzmäßigkeiten, Modellen und Analogien	einzelne Aussagen einfacher alltagsnaher Modelle identifizieren und wiedergeben.	Kernaussagen von Modellen geringer Komplexität (mit wenigen Elementen und Zusammenhängen) wiedergeben.

Kompetenzstufe		
III	IV	V
Bezug zwischen Basiskonzepten und funktionalen Zusammenhängen	Transfer bekannter Problemlösungen auf neue Situationen	Anwendung theoretischer Konzepte zur Lösung von Problemen
Die Schülerinnen und Schüler können...		
unterschiedliche physikalische Situationen unter Berücksichtigung von Energieformen, Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben.	unterschiedliche physikalische Situationen unter Berücksichtigung von Energieformen, Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben sowie in Ansätzen qualitativ und quantitativ erklären.	komplexe physikalische Situationen unter Berücksichtigung von Energieformen, Umwandlung von Energie und Energieerhaltung beschreiben sowie qualitativ und quantitativ erklären.
unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung der Strukturiertheit von Materie und den daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) beschreiben und erklären.	unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung der Strukturiertheit von Materie und den daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) beschreiben sowie in Ansätzen qualitativ und quantitativ erklären.	unterschiedliche komplexe Situationen unter Berücksichtigung der Strukturiertheit von Materie und den daraus resultierenden Eigenschaften (Aggregatzustände, Festigkeit, Formen, Brownsche Bewegung) analysieren sowie quantitativ und qualitativ erklären.
Veränderungen auf die Wirkung von Kräften, Feldern und Strahlung zurückführen.	Veränderungen in komplexen (vielschichtig, hierarchische Vernetzung, horizontale Vernetzung z. B. über Themenbereiche) Vorgängen auf die Wirkung von Kräften, Feldern und Strahlung zurückführen.	Veränderungen in komplexen Vorgängen mit der Wirkung von Kräften, Feldern und Strahlung differenziert beschreiben.
unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung von Gleichgewichtszuständen (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihren Veränderungen (z. B. durch Ströme) beschreiben und erklären.	unterschiedliche Situationen unter Berücksichtigung von Gleichgewichtszuständen (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihren Veränderungen (z. B. durch Ströme) beschreiben sowie in Ansätzen qualitativ und quantitativ erklären.	unterschiedliche komplexe Situationen unter Berücksichtigung von Gleichgewichtszuständen (mechanisch, thermisch, elektrisch) und ihren Veränderungen (z. B. durch Ströme) analysieren sowie quantitativ und qualitativ erklären.
physikalische Kenntnisse (z. B. funktionale Zusammenhänge, Gesetzmäßigkeiten, Grundprinzipien, Größenordnungen, Messvorschriften, [Natur-]Konstanten) zur Lösung von Aufgaben und Problemen nutzen.	physikalische Kenntnisse zur Lösung von komplexen Aufgaben und Problemen nutzen. physikbezogene Aufgaben-/Problemlösungen beschreiben.	selbstständig physikalische Konzepte identifizieren, die zur Lösung von Aufgaben und Problemen benötigt werden. selbstständig physikbezogene Aufgaben-/Problemlösungen entwickeln.
diese Kenntnisse in verschiedenen einfach strukturierten Kontexten (fachliche, technische, gesellschaftliche) anwenden, die über Medien (wie z. B. Zeitung, Fernsehen, Internet) vermittelt sind.	physikalische Kenntnisse in neuen, einfach strukturierten Kontexten (fachliche, technische, gesellschaftliche) anwenden und Bezüge zu den Basiskonzepten herstellen.	Basiskonzepte zum Verständnis komplexer Kontexte (fachliche, technische, gesellschaftliche, wirtschaftliche) anwenden.
Kernaussagen einfacher Modelle zur Beschreibung physikalischer Phänomene nutzen.	gegebene Modelle und Analogien zur Lösung von Aufgaben und Problemen nutzen.	gegebene Modelle und Analogien zur Lösung von komplexen Problemen nutzen.
mit Hilfe gegebene Analogien zum Lösen von Aufgaben und Problemen einsetzen.	Phänomene, Situationen und Probleme aus physikalischer Perspektive mit Hilfe erklären.	Phänomene, Situationen und Probleme aus physikalischer Perspektive eigenständig erklären.
zu physikalischem Wissen symbolische Darstellungen (z. B. Vektor, Kennlinie, Schaltzeichnungen) mit darin enthaltenen Parametern wiedergeben und nutzen.	physikalische Gesetzmäßigkeiten in physikalischen Situationen erkennen und daraus Schlussfolgerungen für Erklärungen oder Problemlösungen ziehen.	physikalische Gesetzmäßigkeiten in komplexen physikalischen Situationen erkennen und daraus Schlussfolgerungen für Erklärungen oder Problemlösungen ziehen.

6.2 Beschreibung der Kompetenzstufen im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Im Folgenden werden die Deskriptoren für die Kompetenzstufen I bis V aufsteigend aufgeführt. Zusätzlich zu dieser Darstellung der Deskriptoren findet sich im Kapitel 6.2.6 eine Übersicht aller Deskriptoren des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ über die fünf Kompetenzstufen¹².

6.2.1 Kompetenzstufe I (bis unter 350 Punkte)

Erkennen überprüfbarer Fragestellungen, Kennen einfacher Versuchsanordnungen und Modelle

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- die Fragestellung identifizieren, die in der Beschreibung einer physikalischen Untersuchung genannt wird.
- Objekte und Situationen mit Hilfe physikalischer Variablen unterscheiden.
- die Bezeichnungen „Beobachtung“, „Vermutung“ und „Erklärung“ gegebenen Situationen zuordnen.
- einzelne Schritte in der Beschreibung und Dokumentation eines Experiments unter Berücksichtigung der Fragestellung identifizieren und beschreiben.
- dem Verlauf eines Graphen eine vorgegebene physikalische Interpretation zuordnen.
- den Zusammenhang zwischen einem gegenständlichen Modell und einer realen Situation identifizieren oder herstellen.
- in der Beschreibung eines physikalischen Erkenntnisprozesses (z. B. historisch) einzelne Schritte wiedergeben.

¹² Nicht alle Kompetenzaspekte finden sich auf allen Kompetenzstufen wieder. Dies ist teilweise fachdidaktisch begründet, teilweise standen für die präzise Formulierung der Deskriptoren noch nicht ausreichend viele Aufgaben zur Verfügung. Zukünftig wird eine Entwicklung weiterer Testaufgaben angestrebt.

6.2.2 Kompetenzstufe II (350 bis unter 430 Punkte)

Nutzen einfacher Modelle, Anwenden einzelner Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- eine Fragestellung wiedergeben, die sich auf eine Untersuchung mit wenigen Variablen bezieht.
- Variablen in einer gegebenen Situation identifizieren.
- in konkreten Situationen Beobachtungen, Vermutungen und Erklärungen identifizieren.
- Vermutungen auf der Basis gegebener Phänomene und Zusammenhänge identifizieren.
- Experimente unter der Berücksichtigung von Hypothesen nachvollziehen, dabei gegebene Messwerte in ein Diagramm eintragen und Schlussfolgerungen identifizieren.
- Werte von bekannten Messgeräten ablesen.
- in vorgegebenen Tabellen und Graphen funktionale Zusammenhänge identifizieren.
- mit Analogien und Modellvorstellungen (z. B. technische und natürliche) Prozesse beschreiben.
- vorgegebene Anlässe der Entwicklung und Veränderung physikalischer Erkenntnisse identifizieren.

6.2.3 Kompetenzstufe III (430 bis unter 540 Punkte)

Anwenden von naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung und von Modellen in einfachen fachlichen Zusammenhängen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- aus gegebenen Fragestellungen solche auswählen, die einer physikalischen Untersuchung mit wenigen Variablen zugrunde liegen.
- vorgegebene Idealisierungen benennen (z. B. Reibungsfreiheit, Massepunkt, masselose Objekte).
- in Zusammenhängen mit zwei Variablen zu einer gegebenen Fragestellung die relevanten Variablen identifizieren.
- zwischen Beobachten, Vermuten und Erklären unterscheiden.
- in Zusammenhängen mit einer Variablen Hypothesen identifizieren und formulieren.
- unter Anleitung Experimente unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen, quantitativ auswerten (z. B. durch Diagramme, Formeln) und Ergebnisse interpretieren (z. B. auch Fehlerdiskussion).
- Messverfahren beschreiben.
- mit Hilfe vorgegebener funktionaler Zusammenhänge passende Daten aus Tabellen und Diagrammen entnehmen.
- eigene Daten mit Referenzwerten (z. B. aus dem Schulbuch) vergleichen.
- Analogien und Modellvorstellungen verwenden, um Vorhersagen zu begründen und Erkenntnisse zu gewinnen.
- Merkmale der Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse benennen.

6.2.4 Kompetenzstufe IV (540 bis unter 630 Punkte)

Begründetes Auswählen und Nutzen von naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung (Experimente und Modelle) in komplexen Zusammenhängen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- Fragestellungen identifizieren und formulieren, die in einer gegebenen physikalischen Untersuchung beantwortet werden.
- Idealisierungen beschreiben (z. B. Reibungsfreiheit, Massepunkt, masselose Objekte).
- in Zusammenhängen mit mehr als zwei Variablen zu einer gegebenen Fragestellung die relevanten Variablen identifizieren.
- in Zusammenhängen mit zwei Variablen Hypothesen identifizieren und überprüfen.
- Experimente mit vorgegebenen Variablen unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen, quantitativ auswerten (z. B. durch Diagramme, Formeln) und Ergebnisse interpretieren (z. B. auch Fehlerdiskussion).
- Messverfahren begründet auswählen.
- aus Messdaten auf nicht gemessene Zwischenwerte schließen (interpolieren und extrapolieren).
- in Tabellen und Diagrammen funktionale Zusammenhänge identifizieren.
- die Qualität gemessener Daten durch Referenzwerte (z. B. aus dem Schulbuch) abschätzen.
- Elemente zentraler naturwissenschaftlicher Modellierungen auswählen (z. B. Erhaltungssätze, Symmetrien) und zur Erklärung von vorgegebenen Phänomenen nutzen.
- Einflüsse auf Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse identifizieren.
- die Aussagekraft empirischer Ergebnisse für wissenschaftliche Entwicklungen beurteilen.

6.2.5 Kompetenzstufe V (ab 630 Punkte)

Berücksichtigung von Möglichkeiten und Grenzen von Experimenten und Modellen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- Fragestellungen selbstständig identifizieren und formulieren, die in einer vorgegebenen physikalischen Untersuchung beantwortet werden.
- Idealisierungen vornehmen (z. B. Reibungsfreiheit, Massepunkt, masselose Objekte).
- in Zusammenhängen mit mehr als zwei Variablen zu mehreren gegebenen Fragestellungen die relevanten Variablen identifizieren.
- in Zusammenhängen mit mehr als zwei Variablen Hypothesen identifizieren und überprüfen.
- Experimente mit mehreren Variablen oder zu verschiedenen Fragestellungen unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen, quantitativ auswerten (z. B. durch Diagramme, Formeln), Ergebnisse interpretieren (z. B. auch Fehlerdiskussion) und beurteilen.
- Messverfahren auswählen und bewerten.
- Daten aus Tabellen und Diagrammen selbstständig zu funktionalen Zusammenhängen zusammenfassen.
- Elemente zentraler naturwissenschaftlicher Modellierungen differenziert und situationsgerecht auswählen und zur Erklärung von komplexen Phänomenen nutzen.
- Einflüsse auf Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse an Beispielen erläutern.
- die Aussagekraft empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung beurteilen.

6.2.6 Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht

Tabelle 4: Übersicht über Deskriptoren für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

		Kompetenzstufe	
		I	II
		Erkennen überprüfbarer Fragestellungen, Kennen einfacher Versuchsanordnungen und Modelle	Nutzen einfacher Modelle, Anwenden einzelner Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung
Die Schülerinnen und Schüler können...			
Fragestellungen entwickeln	die Fragestellung identifizieren, die in der Beschreibung einer physikalischen Untersuchung genannt wird.	eine Fragestellung wiedergeben, die sich auf eine Untersuchung mit wenigen Variablen bezieht.	
Idealisierungen vornehmen			
Variablen identifizieren	Objekte und Situationen mit Hilfe physikalischer Variablen unterscheiden.	Variablen in einer gegebenen Situation identifizieren.	
Hypothesen aufstellen	die Bezeichnungen „Beobachtung“, „Vermutung“ und „Erklärung“ gegebenen Situationen zuordnen.	in konkreten Situationen Beobachtungen, Vermutungen und Erklärungen identifizieren. Vermutungen auf der Basis gegebener Phänomene und Zusammenhänge identifizieren.	
Experimente planen und auswerten	einzelne Schritte in der Beschreibung und Dokumentation eines Experiments unter Berücksichtigung der Fragestellung identifizieren und beschreiben.	Experimente unter der Berücksichtigung von Hypothesen nachvollziehen, dabei gegebene Messwerte in ein Diagramm eintragen und Schlussfolgerungen identifizieren.	
Messverfahren anwenden		Werte von bekannten Messgeräten ablesen.	
Messdaten interpolieren und extrapolieren			
Messdaten auswerten (besonders im Hinblick auf funktionale Zusammenhänge)	dem Verlauf eines Graphen eine vorgegebene physikalische Interpretation zuordnen.	in vorgegebenen Tabellen und Graphen funktionale Zusammenhänge identifizieren.	
Modelle und Analogien nutzen	den Zusammenhang zwischen einem gegenständlichen Modell und einer realen Situation identifizieren oder herstellen.	mit Analogien und Modellvorstellungen (z. B. technische und natürliche) Prozesse beschreiben.	
Entwicklung und Veränderung physikalischer Erkenntnisse beschreiben	in der Beschreibung eines physikalischen Erkenntnisprozesses (z. B. historisch) einzelne Schritte wiedergeben.	vorgegebene Anlässe der Entwicklung und Veränderung physikalischer Erkenntnisse identifizieren.	

Kompetenzstufe		
III	IV	V
Anwenden von naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung und Modellen in einfachen fachlichen Zusammenhängen	Begründetes Auswählen und Nutzen von naturwissenschaftlichen Methoden der Erkenntnisgewinnung (Experimente und Modelle) in komplexen Zusammenhängen	Berücksichtigung von Möglichkeiten und Grenzen von Experimenten und Modellen
Die Schülerinnen und Schüler können...		
aus gegebenen Fragestellungen solche auswählen, die einer physikalischen Untersuchung mit wenigen Variablen zugrunde liegen.	Fragestellungen identifizieren und formulieren, die in einer gegebenen physikalischen Untersuchung beantwortet werden.	Fragestellungen selbstständig identifizieren und formulieren, die in einer vorgegebenen physikalischen Untersuchung beantwortet werden.
vorgegebene Idealisierungen benennen (z. B. Reibungsfreiheit, Massepunkt, masselose Objekte).	Idealisierungen beschreiben (z. B. Reibungsfreiheit, Massepunkt, masselose Objekte).	Idealisierungen vornehmen (z. B. Reibungsfreiheit, Massepunkt, masselose Objekte).
in Zusammenhängen mit zwei Variablen zu einer gegebenen Fragestellung die relevanten Variablen identifizieren.	in Zusammenhängen mit mehr als zwei Variablen zu einer gegebenen Fragestellung die relevanten Variablen identifizieren.	in Zusammenhängen mit mehr als zwei Variablen zu mehreren gegebenen Fragestellungen die relevanten Variablen identifizieren.
zwischen Beobachten, Vermuten und Erklären unterscheiden.	in Zusammenhängen mit zwei Variablen Hypothesen identifizieren und überprüfen.	in Zusammenhängen mit mehr als zwei Variablen Hypothesen identifizieren und überprüfen.
in Zusammenhängen mit einer Variablen Hypothesen identifizieren und formulieren.		
unter Anleitung Experimente unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen, quantitativ auswerten (z. B. durch Diagramme, Formeln) und Ergebnisse interpretieren (z. B. auch Fehlerdiskussion).	Experimente mit vorgegebenen Variablen unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen, quantitativ auswerten (z. B. durch Diagramme, Formeln) und Ergebnisse interpretieren (z. B. auch Fehlerdiskussion).	Experimente mit mehreren Variablen oder zu verschiedenen Fragestellungen unter der Berücksichtigung von Hypothesen und Variablenkontrolle planen, quantitativ auswerten (z. B. durch Diagramme, Formeln), Ergebnisse interpretieren (z. B. auch Fehlerdiskussion) und beurteilen.
Messverfahren beschreiben.	Messverfahren begründet auswählen.	Messverfahren auswählen und bewerten.
	aus Messdaten auf nicht gemessene Zwischenwerte schließen (interpolieren und extrapolieren).	
mit Hilfe vorgegebener funktionaler Zusammenhänge passende Daten aus Tabellen und Diagrammen entnehmen.	in Tabellen und Diagrammen funktionale Zusammenhänge identifizieren.	Daten aus Tabellen und Diagrammen selbstständig zu funktionalen Zusammenhängen zusammenfassen.
eigene Daten mit Referenzwerten (z. B. aus dem Schulbuch) vergleichen.	die Qualität gemessener Daten durch Referenzwerte (z. B. aus dem Schulbuch) abschätzen.	
Analogien und Modellvorstellungen verwenden, um Vorhersagen zu begründen und Erkenntnisse zu gewinnen.	Elemente zentraler naturwissenschaftlicher Modellierungen auswählen (z. B. Erhaltungssätze, Symmetrien) und zur Erklärung von vorgegebenen Phänomenen nutzen.	Elemente zentraler naturwissenschaftlicher Modellierungen differenziert und situationsgerecht auswählen und zur Erklärung von komplexen Phänomenen nutzen.
Merkmale der Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse benennen.	Einflüsse auf Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse identifizieren.	Einflüsse auf Entwicklungen und Veränderungen physikalischer Erkenntnisse an Beispielen erläutern.
	die Aussagekraft empirischer Ergebnisse für wissenschaftliche Entwicklungen beurteilen.	die Aussagekraft empirischer Ergebnisse und deren Verallgemeinerung beurteilen.

7 Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“

Für die Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ werden im Folgenden die empirischen Verteilungen der Schülerinnen und Schüler graphisch dargestellt, die mindestens den MSA anstreben. Die Ergebnisse basieren auf der Normierungsstudie Naturwissenschaften 2011.

Anhand von sogenannten Perzentilbändern, wie sie auch zur Leistungsrückmeldung in internationalen Vergleichsstudien wie PISA verwendet werden, wird die Verteilung der erreichten Punktwerte in den Schuljahrgängen 9 und 10 präsentiert (vgl. Abbildung 8 und Abbildung 10). Die Verteilung der von den Schülerinnen und Schülern erreichten Punktwerte im Fach Physik wird zur Veranschaulichung in die Perzentile 5-10 %, 10-25 %, 25-75 %, 75-90 % und 90-95 % der Schülerinnen und Schüler aufgeteilt. Die dargestellten Balken zeigen somit insgesamt den Bereich der Kompetenzskala an, in dem 90 % der Schülerinnen und Schüler liegen¹³. In den Abbildungen 9 und 11 wird zudem die prozentuale Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die fünf Kompetenzstufen dargestellt.

7.1 Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

In Abbildung 8 sind die Kompetenzen von Schülerinnen und Schülern der 9. und 10. Jahrgangsstufe abgebildet, die den MSA anstreben. Wie in der Abbildung dargestellt, erzielen 90 % der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe Testwerte zwischen 346 und 668 Punkten. In der 10. Jahrgangsstufe zeigt sich mit Testwerten zwischen 368 und 695 Punkten ein höheres Kompetenzniveau. Im Mittel beträgt der Unterschied zwischen der 9. und 10. Jahrgangsstufe 25 Punkte. Die Spanne der Schülerleistungen innerhalb der Klassenstufen bleibt dabei in beiden Jahrgangsstufen etwa gleich.

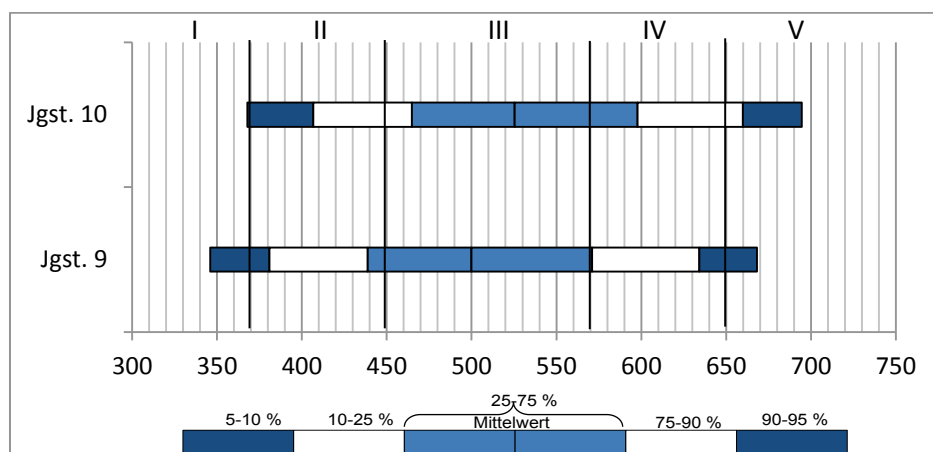


Abbildung 8: Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Physik im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

Die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die fünf Kompetenzstufen des Kompetenzbereichs „Umgang mit Fachwissen“ ist in Abbildung 9 dargestellt. Auf dem Niveau der Kompetenzstufe I

¹³ Die unteren und oberen 5 % der Kompetenzverteilung sind als Extremwerte, die die Grenzen der Perzentilbänder unverhältnismäßig verschieben, nicht dargestellt.

befinden sich 8,8 % der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe. Sie erreichen den gesetzten Mindeststandard nicht. Den Regelstandard, also mindestens die Kompetenzstufe III, erreichen in der 9. Jahrgangsstufe bereits 69,1 % der Schülerinnen und Schüler. In der 10. Jahrgangsstufe ist die Leistungsverteilung nach oben verschoben. Hier fallen nur noch 6,3 % in den Bereich der Kompetenzstufe I; der Regelstandard wird von 77 % der Schülerinnen und Schüler erreicht. In der 10. Jahrgangsstufe befinden sich 11,2 % der Schülerinnen und Schüler auf der höchsten Kompetenzstufe und übertreffen die in dem Regelstandard formulierten Anforderungen deutlich.

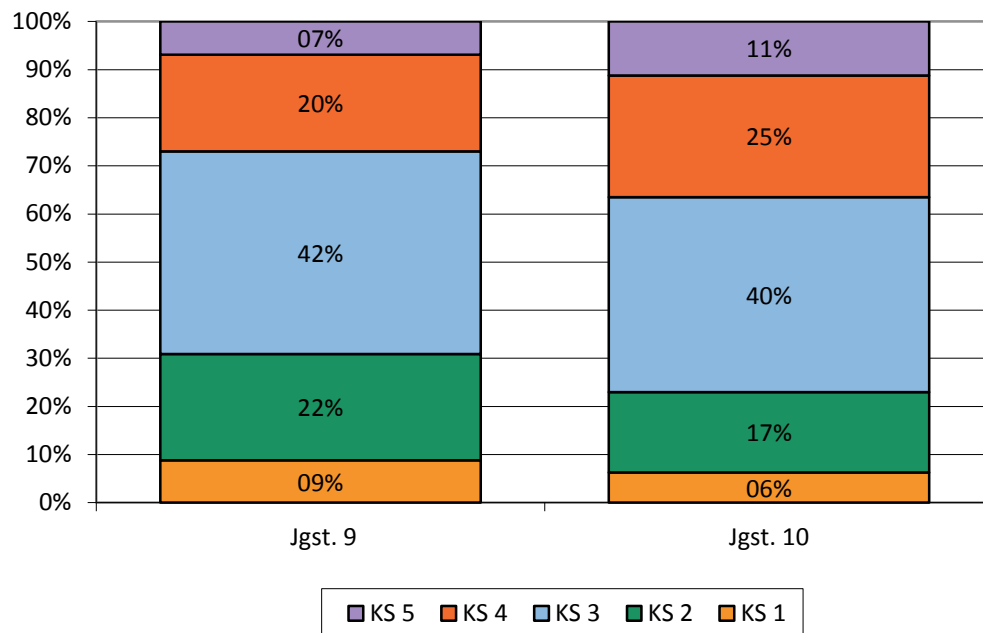


Abbildung 9: Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Physik im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

7.2 Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ erzielen 90 % der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe Testwerte zwischen 342 und 665 Punkten (vgl. Abbildung 10). Wie auch im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ ist eine Leistungsdifferenz zur 10. Jahrgangsstufe zu erkennen. Diese beträgt im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ 24 Punkte. Hier liegen 90 % der Schülerinnen und Schüler zwischen 361 und 700 Punkten. Die Spanne der Schülerleistungen der 10. Jahrgangsstufe ist somit größer als in der 9. Jahrgangsstufe.

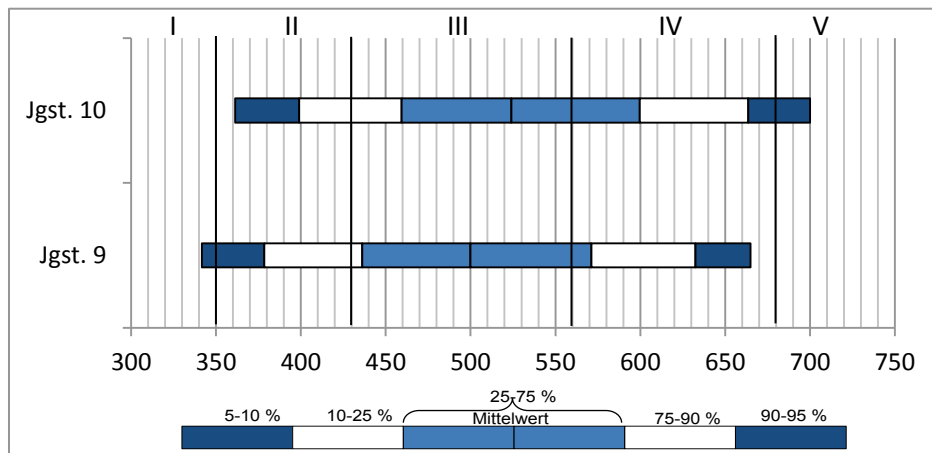


Abbildung 10: Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Physik im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die fünf Kompetenzstufen des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“. Auf dem Niveau der Kompetenzstufe I befinden sich 6,4 % der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe. Sie erreichen den Mindeststandard nicht. Den Regelstandard, also mindestens die Kompetenzstufe III, erreichen 75,4 % der Schülerinnen und Schüler. Wie schon im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ zeigt sich in der 10. Jahrgangsstufe eine Verschiebung der Verteilung in Richtung der höheren Kompetenzstufen. Hier fallen nur noch 4,8 % in die Risikogruppe und der Regelstandard wird von 81 % der Schülerinnen und Schüler erreicht. In der 10. Jahrgangsstufe befinden sich 15,5 % der Schülerinnen und Schüler auf der höchsten Kompetenzstufe.

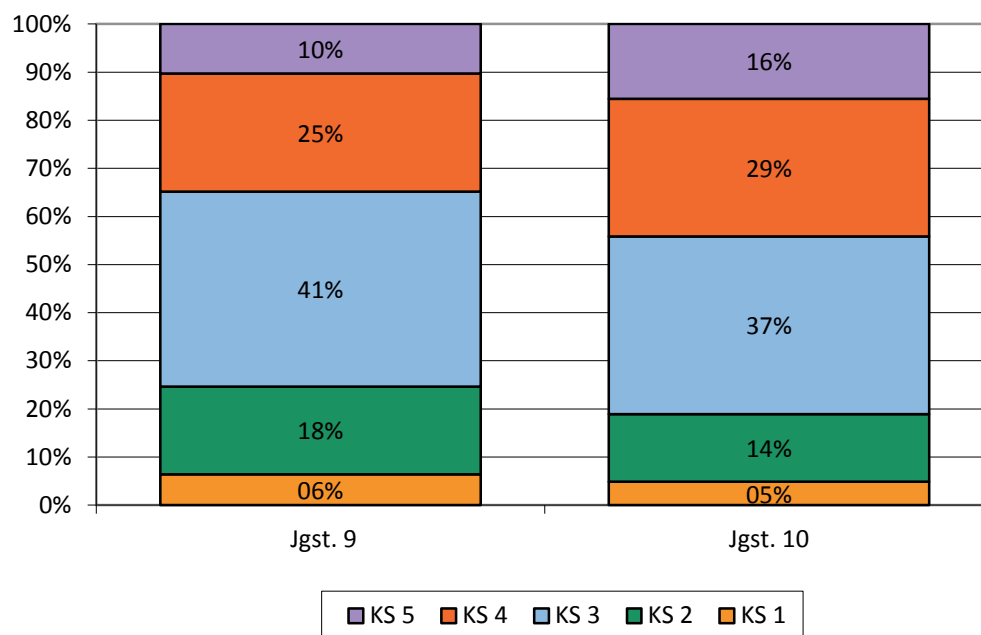


Abbildung 11: Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Physik im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

8 Literaturverzeichnis

- Bloom, B. S. (1965). *Taxonomy of educational objectives I: cognitive domain*. New York: Longman Green.
- Demuth, R., Ralle, B. & Parchmann, I. (2005). Basiskonzepte – eine Herausforderung an den Chemieunterricht. *Chemie Konkret*, 12, 50–55.
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen (2008). *Kompetenzstufenmodell zu den Bildungsstandards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. Zugriff am 19.10.2011 unter http://www.iqb.hu-berlin.de/bista/dateien/Mathe_MSA.pdf
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompetenzmodellierung in den Naturwissenschaften der Sekundarstufe I. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 16, 135–153.
- Klieme, E., Avenarius, H., Blum, W., Döbrich, P., Gruber, H., Prenzel, M., Reiss, K., Riquarts, K., Rost, J., Tenorth, H.-E. & Vollmer, H. J. (2003). *Zur Entwicklung nationaler Bildungsstandards. Eine Expertise*. Zugriff am 19.10.2011 unter http://www.bmbf.de/pub/zur_entwicklung_nationaler_bildungsstandards.pdf
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards – Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstrumenten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 163–173.
- Mitzel, H. C., Lewis, D. M., Patz, R. J. & Green, D. R. (2001). The bookmark procedure: Psychological perspectives. In G. Cizek (Ed.), *Setting performance standards: Concepts, methods and perspectives* (pp. 249–281). Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Pant, H. A., Böhme, K. & Köller, O. (2013). Das Kompetenzkonzept der Bildungsstandards und die Entwicklung von Kompetenzstufenmodellen. In H. A. Pant, P. Stanat, U. Schroeders, A. Roppelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen am Ende der Sekundarstufe I* (S. 53–60). Münster: Waxmann.
- Pant, H. A., Tiffin-Richards, S. P. & Köller, O. (2010). *Standard-Setting für Kompetenztests im Large-Scale-Assessment*. *Zeitschrift für Pädagogik*, 56, 175–187.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2003). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10). Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 04.12.2003*. Zugriff am 19.10.2011 unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2003/2003_12_04-Vereinbarung-Bildungsstandards-MS.pdf
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2004). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahrgangsstufe 10) in den Fächern Physik, Biologie, Chemie. Beschluss der Kultusministerkonferenz vom 16.02.2004*. Zugriff am 19.10.2011 unter http://www.kmk.org/fileadmin/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Mittleren-SA-Bio-Che-Phy.pdf
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005a). *Bildungsstandards im Fach Biologie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer Deutschland.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005b). *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer Deutschland.

- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2005c). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004*. München: Wolters Kluwer Deutschland.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2006). *Gesamtstrategie der Kultusministerkonferenz zum Bildungsmonitoring*. München: Wolters Kluwer Deutschland.
- Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland. (2010). *Konzeption der Kultusministerkonferenz zur Nutzung der Bildungsstandards für die Unterrichtsentwicklung*. Köln: Wolters Kluwer Deutschland.
- Tiffin-Richards, S. P. & Köller, O. (2010). Comparison and synthesis of multiple standard-setting methods and panels. In C. Harsch, H. A. Pant, O. Köller (Hrsg.), *Calibrating standard-based assessment tasks for English as a first foreign language – Standard-setting procedures in Germany* [Volume 2] (pp. 107–112). Münster: Waxmann.
- Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008): Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61, 323–326.
- Weinert, F. E. (2001). Vergleichende Leistungsmessung in Schulen – Eine umstrittene Selbstverständlichkeit. In F. E. Weinert (Hrsg.), *Leistungsmessung in Schulen* (S. 17–31). Weinheim: Beltz.
- Wellnitz, N., Fischer, H. E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I., Pant, H. A., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 8, 261-291.

9 Abbildungsverzeichnis

Abbildung 1:	Dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell der naturwissenschaftlichen Kompetenz im Projekt ESNaS (angelehnt an Walpuski et al., 2008)	6
Abbildung 2:	Ausdifferenzierung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ (Wellnitz et al., 2012)	16
Abbildung 3:	Organisationsstruktur der Testaufgabenentwicklung der Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“	21
Abbildung 4:	Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ – Kompetenzstufen I bis III	29
Abbildung 5:	Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ – Kompetenzstufen IV bis V	30
Abbildung 6:	Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ – Kompetenzstufen I bis III	31
Abbildung 7:	Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ – Kompetenzstufen IV bis V	32
Abbildung 8:	Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Physik im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“	49
Abbildung 9:	Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Physik im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“	50
Abbildung 10:	Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Physik im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“	51
Abbildung 11:	Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Physik im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“	51

10 Tabellenverzeichnis

Tabelle 1: Kompetenzbereiche des Fachs Physik	5
Tabelle 2: Beschreibung der Standards und ihre Zuordnung zu Kompetenzstufen.....	24
Tabelle 3: Übersicht über Deskriptoren für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen"	39
Tabelle 4: Übersicht über Deskriptoren für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung"	47

11 Anhang

11.1 Projekt ESNaS (Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“)

Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen

Prof. Dr. Hans Anand Pant (Direktor seit 2010)

Prof. Dr. Petra Stanat (Direktorin seit 2010)

Prof. Dr. Olaf Köller (Direktor bis 2010)

StD' Dipl.-Biol. Nicola Klebba (Projektkoordinatorin seit 2010)

StD Michael Katzenbach (Projektkoordinator von 2007 bis 2010)

Dipl.-Päd. Nele Kampa

Dipl.-Psych. Malte Jansen

Dipl.-Psych. Thilo Siegle

Dipl.-Psych. Martin Hecht

M.Ed. Patricia Heitmann

B. Sc. Christoph Urbanowski

Nadja Zehmisch

Fachdidaktische Leitung Biologie

Prof. Dr. Jürgen Mayer, Universität Kassel

Dr. Nicole Wellnitz, Universität Kassel

M.A. Stefan Hartmann, Humboldt-Universität zu Berlin

Dr. Kerstin Kremer, Universität Kassel

Julia Arnold, Universität Kassel

Fachdidaktische Leitung Chemie

Prof. Dr. Elke Sumfleth, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Maik Walpuski, Universität Duisburg-Essen

Dr. Julia Hostenbach, Universität Duisburg-Essen, seit 11/2011 Studienseminar Mönchengladbach

Dr. Mathias Ropohl, Universität Duisburg-Essen, ab 02/2013 Professor am IPN, Kiel

Fachdidaktische Leitung Physik

Prof. Dr. Hans Fischer, Universität Duisburg-Essen

Prof. Dr. Alexander Kauertz, Universität Koblenz-Landau

Prof. Dr. Hendrik Härtig, IPN, Kiel

Prof. Dr. Irene Neumann, Ruhr-Universität Bochum

Dipl.-Biol. Raffaella Römer, Universität Duisburg-Essen

11.2 Ausgewählte Antworten von Schülerinnen und Schülern zu den Aufgabenbeispielen offenen Antwortformats

11.2.1 Aufgabenbeispiel VI: Energieerhaltung

11.2.1.1 Aufgabentext

Fachinformation

Energieerhaltungssatz

Energie kann nicht entstehen und nicht vernichtet werden. Energie kann nur umgewandelt und übertragen werden. Bei der Umwandlung von mechanischer und elektrischer Energie wird immer ein Teil der Energie in Wärmeenergie umgewandelt. Diese Wärmeenergie wird an die Umgebung abgegeben.

Energieformen

Es gibt verschiedene Energieformen, z. B. mechanische Energie, elektrische Energie, chemische Energie und Wärmeenergie.

Paul möchte sein Fahrrad so umbauen, dass er beim Fahren möglichst wenig Energie aufwenden muss. Dazu will er einen großen Dynamo und einen Elektromotor anbauen. Paul erklärt:

„Wenn das Fahrrad einmal fährt, muss ich nicht mehr treten. Der Dynamo wird eingeschaltet. Dann versorgt der Dynamo den Motor mit Strom. Der Motor treibt das Fahrrad an und dieses wieder den Dynamo und so weiter. In dem Dynamo wird mechanische Energie in elektrische Energie umgewandelt. In dem Elektromotor wird diese elektrische Energie dann wieder in mechanische Energie umgewandelt.“

Ist es möglich, ein Fahrrad so anzutreiben, dass es dann alleine fährt?

Begründe deine Entscheidung.

11.2.1.2 Beispielhafte richtige Schülerantwort

Nein, weil nach dem Energieerhaltungssatz bei der Umwandlung von mechanischer in elektrische Energie ein Teil der Energie in Wärmeenergie umgewandelt wird. Deshalb müsste man auch bei einem Fahrrad wie Pauls nach einer Zeit wieder treten.

11.2.1.3 Beispielhafte falsche Schülerantworten

Ja, dies ist möglich, wenn das Fahrrad einmal fährt und es mit Hilfe des Dynamos genügend Energie für den Elektromotor erzeugt.

Nein wenn es berg hoch fährt dann dreht sich das Rad langsamer und es wird weniger Energie erzeugt.

11.2.2 Aufgabenbeispiel VII: Das Gewitter

11.2.2.1 Aufgabentext

Ein Gewitter entsteht durch elektrische Entladungen in der Atmosphäre. Bei jeder Entladung entstehen gleichzeitig ein Lichtblitz und ein lauter Knall (Donner). Das Licht breitet sich mit einer Geschwindigkeit von ca. 300.000 km in der Sekunde aus. Die Schallgeschwindigkeit beträgt in der Luft ca. 330 m in einer Sekunde.



Florian beobachtet ein Gewitter. Er stellt fest, dass es immer eine Weile dauert, bis er den Donner hört, nachdem er den Blitz gesehen hat.

Florian erzählt seinem Freund Robin, wie man die Entfernung eines Gewitters berechnet. Er erklärt: „Also, Blitz und Donner entstehen gleichzeitig. Den Lichtblitz siehst du sofort. Der Schall braucht Zeit. Weil der Schall für einen Kilometer ca. drei Sekunden braucht, zählst du einfach die Zeit zwischen Blitz und Donner. Alle drei Sekunden hat der Schall ungefähr einen Kilometer zurückgelegt. Also teilst du die gezählten Sekunden durch 3. Das Ergebnis gibt dir an, wie viele Kilometer das Gewitter weg ist.“

„Das klingt ja sehr schlau“, sagt Robin, „aber was ist eigentlich mit dem Licht? Das braucht doch auch Zeit!“

Begründe, warum Florian die Zeit, die das Licht braucht, nicht berücksichtigt hat.

--

11.2.2.2 Beispielhafte richtige Antwort

Das Licht braucht zwar auch Zeit, jedoch ist Licht so schnell, dass man diese für diese "kurze" Strecke nicht beachten muss. Man müsste sie erst beachten wenn man berechnen will, wie lang das Sonnenlicht braucht um auf die Erde zu treffen.

11.2.2.3 Beispielhafte falsche Antworten

Da es nicht um ~~das~~ das Licht geht sondern um die Zeit des Schalls.

Weil erst ab dem Punkt die Zeit gezählt wird und somit die Entfernung.