
Kompetenzstufenmodelle zu den Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss

**Kompetenzbereiche
„Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“
– Beschluss der Kultusministerkonferenz (KMK)
vom 08.12.2011 –**



Inhaltsverzeichnis

| | | |
|--------|---|----|
| 1 | Überblick..... | 3 |
| 2 | Das Kompetenzstrukturmodell zur Entwicklung der Testaufgaben..... | 5 |
| 2.1 | Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ | 9 |
| 2.2 | Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ | 14 |
| 3 | Testentwicklung..... | 19 |
| 4 | Verfahren zur Setzung der Kompetenzstufen..... | 21 |
| 4.1 | Rahmen | 21 |
| 4.2 | Verfahren | 21 |
| 5 | Die Kompetenzstufenmodelle für den MSA im Fach Chemie | 23 |
| 5.1 | Definition der Kompetenzstufen..... | 23 |
| 5.2 | Metrik der Kompetenzskala | 24 |
| 6 | Beschreibung der Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ | 31 |
| 6.1 | Beschreibung der Kompetenzstufen im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ | 31 |
| 6.1.1 | Kompetenzstufe I (bis unter 400 Punkte)..... | 31 |
| 6.1.2 | Kompetenzstufe II (400 bis unter 480 Punkte)..... | 32 |
| 6.1.3 | Kompetenzstufe III (480 bis unter 590 Punkte)..... | 33 |
| 6.1.4 | Kompetenzstufe IV (590 bis unter 670 Punkte) | 34 |
| 6.1.5 | Kompetenzstufe V (ab 670 Punkte)..... | 35 |
| 6.1.6 | Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht | 37 |
| 6.2 | Beschreibung der Kompetenzstufen im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ | 39 |
| 6.2.1 | Kompetenzstufe I (bis unter 380 Punkte)..... | 39 |
| 6.2.2 | Kompetenzstufe II (380 bis unter 460 Punkte)..... | 40 |
| 6.2.3 | Kompetenzstufe III (460 bis unter 540 Punkte)..... | 41 |
| 6.2.4 | Kompetenzstufe IV (540 bis unter 630 Punkte) | 42 |
| 6.2.5 | Kompetenzstufe V (ab 630 Punkte)..... | 43 |
| 6.2.6 | Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht | 45 |
| 7 | Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die Kompetenzstufen in den Kompetenzbereichen „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ | 47 |
| 7.1 | Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ | 47 |
| 7.2 | Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ | 48 |
| 8 | Literaturverzeichnis | 50 |
| 9 | Abbildungsverzeichnis | 52 |
| 10 | Tabellenverzeichnis | 53 |
| 11 | Anhang..... | 54 |
| 11.1 | Projekt ESNaS (Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“) | 54 |
| 11.2 | Ausgewählte Antworten von Schülerinnen und Schülern zu den Aufgabenbeispielen offenen Antwortformats | 56 |
| 11.2.1 | Aufgabenbeispiel II: Auch Metalle brennen | 56 |
| 11.2.2 | Aufgabenbeispiel III: Halogene bilden Salze | 58 |

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 fachdidaktischen und schulpraktischen Expertinnen und Experten zu überprüfen und die Standards ggf.

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.

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 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 Chemie sind die Kompetenzbereiche in den Bildungsstandards wie folgt kurz beschrieben.

Tabelle 1: Kompetenzbereiche des Fachs Chemie

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

Aus *Bildungsstandards im Fach Chemie für den Mittleren Schulabschluss. Beschluss vom 16.12.2004* (S. 7) vom Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, 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 Anforderungsbe-

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).

reichs III im Kompetenzbereich „Fachwissen“: „komplexere Fragestellungen auf der Grundlage 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 ein dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell zur Aufgabenentwicklung mit den Dimensionen „Kompetenzbereiche“, „Komplexität“ und „Kognitive Prozesse“ (vgl. Abbildung 1).

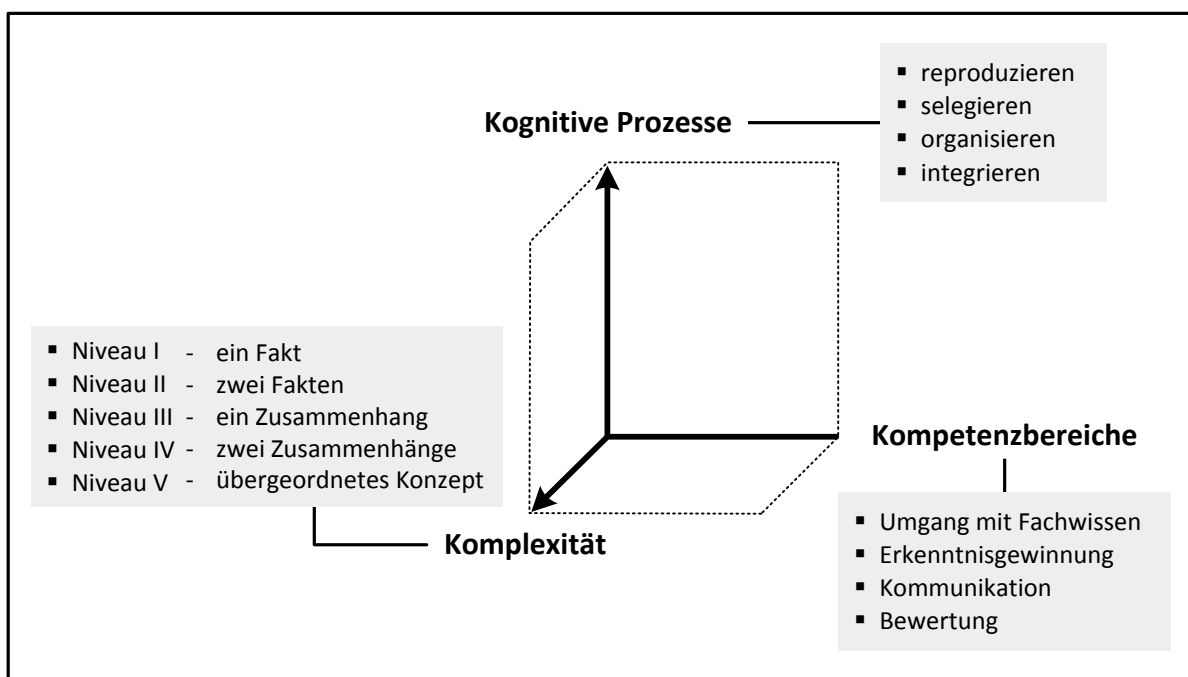


Abbildung 1: Dreidimensionales Kompetenzstrukturmodell der naturwissenschaftlichen Kompetenz im Projekt ESNaS (angelehnt an Walpuski et al., 2008)

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 schwierigkeits-erzeugende 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: Reaktionsgleichungen⁴Lösungshäufigkeit: 90,5%⁵

Basiskonzept: „Chemische Reaktion“ (Standard: F 3.1)

Kognitiver Prozess: Reproduzieren

Komplexität: I (Ein Fakt)

Die Reaktionsgleichung bringt zum Ausdruck, welche Stoffe vor der Reaktion vorliegen und welche danach. Der Reaktionspfeil (\rightarrow) zeigt die Stoffumwandlung an. Links vom Reaktionspfeil stehen die Ausgangsstoffe. Sie sind nach der Reaktion verbraucht. Rechts vom Reaktionspfeil stehen die Produkte. Sie entstehen erst durch die Reaktion.

Beispiel:

Bei der Knallgasreaktion entsteht aus den beiden Gasen Wasserstoff und Sauerstoff Wasser. Die Reaktionsgleichung lautet:

Wasserstoff + Sauerstoff \rightarrow Wasser.

Wasser kann durch eine chemische Reaktion in die Elemente Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt werden.

Ergänze die Wortgleichung.

Wasser \rightarrow Wasserstoff + _____

In dieser Aufgabe sind Edukte und Produkte der Reaktion bereits benannt und es muss in die vorgegebene Wortgleichung ein Begriff (in diesem Fall Sauerstoff) eingefügt werden. Es handelt sich also um den kognitiven Prozess des Reproduzierens, der fehlende Begriff entspricht der Komplexität „1 Fakt“.

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: Auch Metalle brennen

Lösungshäufigkeit: 40,5%

Basiskonzept: „Chemische Reaktion“ (Standard: F 3.2)

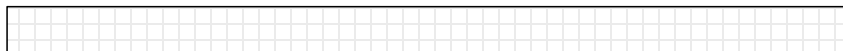
Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: III (Ein Zusammenhang)

Es gibt edle und unedle Metalle. Beispiele für edle Metalle sind Gold und Silber.
Beispiele für unedle Metalle sind Magnesium und Zink.
Unedle Metalle reagieren besonders heftig mit Sauerstoff zu Metalloxiden.

Ein Stück Zink wiegt vor der Reaktion mit Sauerstoff 6,5 g. Nach der Reaktion wiegt das Reaktionsprodukt ungefähr 8,0 g.

Erkläre die Massenzunahme.



In Bezug auf die Komplexität ist hier mit „Ein Zusammenhang“ die chemische Reaktion von Zink mit Sauerstoff zu Zinkoxid gemeint. Dieser Zusammenhang muss selbstständig zur Interpretation der Massenzunahme genutzt werden. Die Lösung der Aufgabe kann also nicht direkt aus der Aufgabe abgeleitet werden, sondern die Schülerinnen und Schüler müssen erkennen, dass die Masse des Sauerstoffs bei dem Reaktionsprodukt berücksichtigt werden muss.

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 Chemie handelt es sich um „Stoff-Teilchen-Beziehungen“, „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“, „Chemische Reaktion“ und „Energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen“ (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b). Die in den Bildungsstandards formulierten Kompetenzerwartungen des Kompetenzbereichs „Fachwissen“ beziehen sich auf den Kern von chemischem 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 chemischem 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.

Für die Testaufgabenentwicklung im Fach Chemie ist zu beachten, dass das Basiskonzept „Energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen“ nicht als isolierter Teilbereich betrachtet wurde, da sich entsprechende Aufgaben auch auf einen der anderen drei Teilbereiche beziehen. Z. B. ist eine Stoffumwandlung in der Regel eine „Chemische Reaktion“.

Zur Illustration wird im Folgenden für die Basiskonzepte „Stoff-Teilchen-Beziehungen“, „Struktur-Eigenschafts-Beziehungen“ und „Chemische Reaktion“ jeweils 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: Halogene bilden Salze

Lösungshäufigkeit: 14,4%

Basiskonzept: „Stoff-Teilchen-Beziehungen“ (Standard: F 1.3)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

Fachinformation

1. Die Elektronenkonfiguration gibt Auskunft über die Verteilung der Elektronen auf den Schalen eines Atoms.
2. Im Periodensystem sind die Elemente nach der Anzahl ihrer Elektronen und Protonen in den Atomen geordnet. Die Anzahl nimmt von links nach rechts und von oben nach unten zu.

Die Atome der Edelgase, wie zum Beispiel Neon, besitzen jeweils acht Elektronen auf ihrer äußeren Schale. Eine Ausnahme bilden Helium-Atome, deren eine Schale bereits mit zwei Elektronen voll besetzt ist. Die Anzahl von acht Elektronen auf der äußeren Schale ist besonders stabil. Das ist der Grund, warum Edelgase kaum chemische Reaktionen eingehen.

Dem gegenüber reagieren die Halogene, wie zum Beispiel Chlor, besonders leicht. Halogen-Atome besitzen sieben Elektronen auf der äußeren Schale. Durch die Aufnahme von nur einem Elektron können sie die gleiche Anzahl von Außenelektronen wie die Edelgas-Atome erreichen. Ein Chlor-Atom kann beispielsweise durch die Aufnahme eines Elektrons die gleiche Elektronenkonfiguration wie das Argon-Atom erreichen.

Umgekehrt können Atome auch durch Abgabe von Elektronen eine stabile Außenschale erhalten. So muss ein Natrium-Atom nur ein Elektron abgeben, um die gleiche Elektronenkonfiguration wie das Neon-Atom zu erreichen. Die Zusammensetzung der Atomkerne, also die Anzahl der Protonen und Neutronen, verändert sich dabei nicht.

| | | Hauptgruppe | | | | | | | | | | | | | | |
|---|----|-------------|----|-----|----|----|----|-----|------|----|----|----|----|----|----|----|
| | | I | II | III | IV | V | VI | VII | VIII | | | | | | | |
| 1 | 1 | H | | | | | | | 2 | He | | | | | | |
| 2 | 3 | Li | 4 | Be | 5 | B | 6 | C | 7 | N | 8 | O | 9 | F | 10 | Ne |
| 3 | 11 | Na | 12 | Mg | 13 | Al | 14 | Si | 15 | P | 16 | S | 17 | Cl | 18 | Ar |
| 4 | 19 | K | 20 | Ca | 31 | Ga | 32 | Ge | 33 | As | 34 | Se | 35 | Br | 36 | Kr |
| 5 | 37 | Rb | 38 | Sr | 49 | In | 50 | Sn | 51 | Sb | 52 | Te | 53 | I | 54 | Xe |
| 6 | 55 | Cs | 56 | Ba | 81 | Tl | 82 | Pb | 83 | Bi | 84 | Po | 85 | At | 86 | Rn |
| 7 | 87 | Fr | 88 | Ra | | | | | | | | | | | | |

Auszug aus dem Periodensystem der Elemente (Hauptgruppen)

Gib einen Grund an, warum ein Chlor-Atom durch die Aufnahme eines Elektrons nicht zu einem Argon-Atom wird.

| |
|--|
| |
|--|

Zum Lösen dieser Aufgabe müssen Aussagen zur Teilchenstruktur gemacht werden. Es ist zu erkennen, dass die Einteilung der Elemente im Periodensystem anhand verschiedener Merkmale erfolgt und dass es nicht hinreichend ist, ein Merkmal (hier Elektronenanzahl) anzugleichen, solange sich andere Merkmale (hier Protonenanzahl) unterscheiden.

Aufgabenbeispiel IV: Diamant und Graphit

Lösungshäufigkeit: 82,8%

Basiskonzept: „Struktur-Eigenschaftsbeziehungen“ (Standard: F 2.3)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: III (Ein Zusammenhang)

Diamant und Graphit sind in der Natur vorkommende Stoffe.

Obwohl beide Stoffe vollkommen unterschiedlich aussehen, sind sie beide Erscheinungsformen desselben Elements, Kohlenstoff.

Diamant ist sehr hart, stark lichtbrechend und nicht elektrisch leitfähig. Graphit ist fettig glänzend, elektrisch leitfähig und schmierfähig.

Wofür kann man Diamant verwenden?

Kreuze an.

- Batterien
- Bohrköpfe
- Schmiermittel
- Elektroden

Bei diesem Aufgabenbeispiel müssen die Schülerinnen und Schüler aus den Eigenschaften eines Stoffes auf Verwendungsmöglichkeiten schließen. Sie müssen dazu die aus den verschiedenen Strukturen resultierenden Eigenschaften erkennen und vorgegebenen Verwendungsmöglichkeiten (Antwortoption 2) zuordnen.

Aufgabenbeispiel V: Energieumsatz bei chemischen Reaktionen

Lösungshäufigkeit: 45,7%

Basiskonzept: „Chemische Reaktionen“ (Standard: F 3.1)

Kognitiver Prozess: Integrieren

Komplexität: III (Ein Zusammenhang)

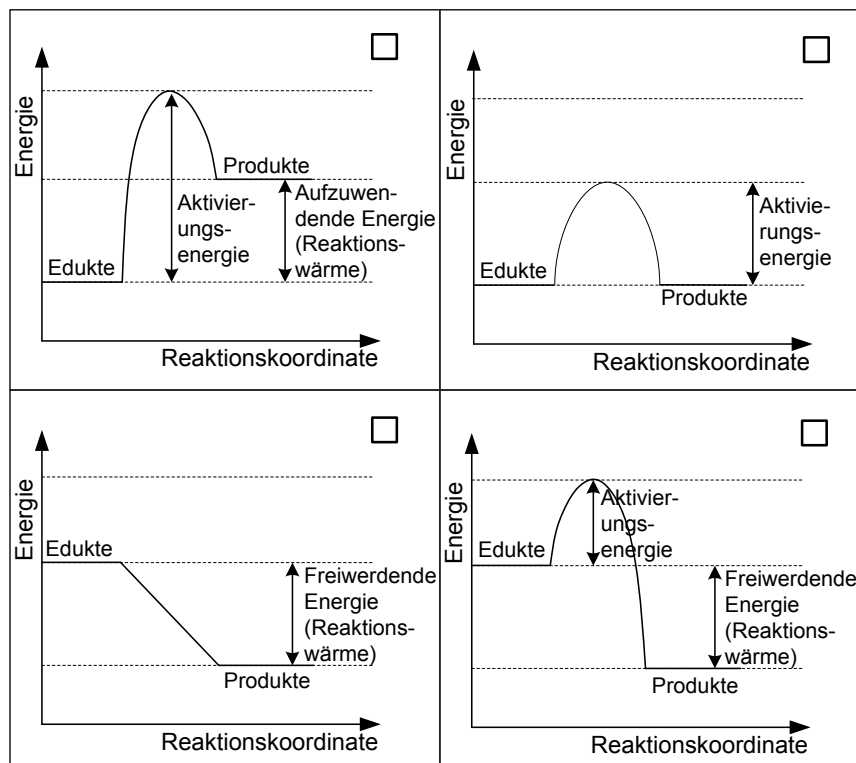
Wenn Stoffe miteinander reagieren, entstehen aus diesen Stoffen neue Stoffe mit neuen Stoffeigenschaften. Bei einer chemischen Reaktion erfolgt eine Stoffumwandlung. Stoffumwandlungen sind immer mit Energieumwandlungen verbunden. Dabei unterscheidet man exotherme und endotherme Reaktionen.

Bei einer exothermen Reaktion ist der Energiegehalt der Reaktionsprodukte kleiner als der der Ausgangsstoffe (Edukte). Bei endothermen Reaktionen ist der Energiegehalt der Reaktionsprodukte größer als der der Ausgangsstoffe.

Wenn die Teilchen der Ausgangsstoffe erst in einen aktivierten Zustand versetzt werden müssen, damit sie reagieren, bezeichnet man die dazu nötige Energie als Aktivierungsenergie.

Welches Energiediagramm zeigt den Energieumsatz einer exothermen Reaktion, die durch Erhitzen gestartet werden muss?

Kreuze an.



Ein wichtiges Merkmal chemischer Reaktion ist der Energieumsatz. Die Schülerinnen und Schüler müssen in dieser Aufgabe aus der Beschreibung einer chemischen Reaktion auf einen als Graphik dargestellten Energieverlauf schließen, endotherme und exotherme Reaktionen unterscheiden und dabei berücksichtigen, dass die Reaktion durch Erhitzen gestartet wird (Antwortoption 4).

2.2 Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Zum Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ gehören die chemiebezogenen Denk- und Arbeitsweisen, wie z. B. Modelldenken 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. Bei dieser Ausdifferenzierung ist der Standard, der sich auf die Sicherheits- und Umweltaspekte beim Experimentieren bezieht (E 4)⁷, unberücksichtigt geblieben, weil das Kennen von Sicherheitsregeln streng genommen weniger eine Kompetenz im Sinne der Erkenntnisgewinnung, sondern vielmehr ein Aspekt des Fachwissens ist. Die im Standard E 4 geforderte Kompetenz wurde aber dennoch in entsprechenden Aufgaben abgebildet. 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.

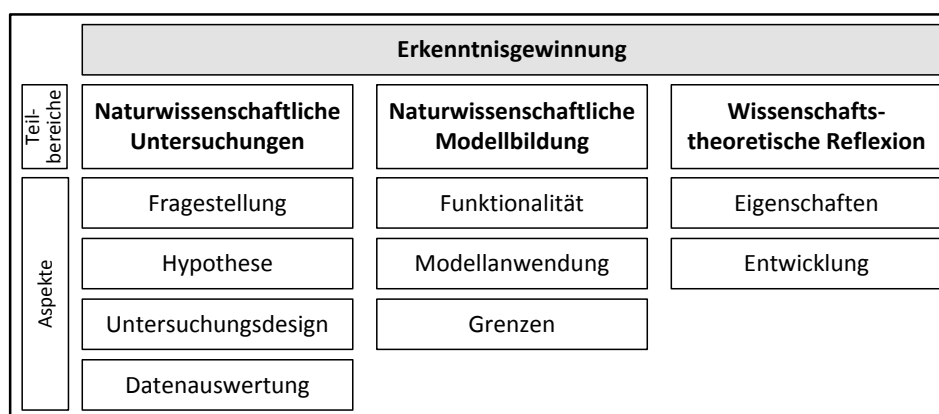


Abbildung 2: Ausdifferenzierung des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“ (Wellnitz et al., 2012)

In den Bildungsstandards wird im Beitrag des Fachs Chemie zur Bildung formuliert, dass ein Ziel naturwissenschaftlicher Grundbildung sei, „[...] die Historie der Naturwissenschaften zu verstehen [...] sowie sich mit ihren spezifischen Methoden der Erkenntnisgewinnung und deren Grenzen auseinander zu setzen.“ (vgl. Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, S. 6). Dieses Ziel wird durch den Standard E 8⁸ aufgegriffen, der auf den

⁷ E 4: Die Schülerinnen und Schüler beachten beim Experimentieren Sicherheits- und Umweltaspekte (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, S. 12).

⁸ E 8: Die Schülerinnen und Schüler zeigen exemplarisch Verknüpfungen zwischen gesellschaftlichen Entwicklungen und Erkenntnissen der Chemie auf (Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland, 2005b, S. 12).

Teilbereich „Wissenschaftstheoretische Reflexion“ fokussiert. Im aktuellen Durchlauf wurden nur sehr wenige Aufgaben zum Teilbereich „Wissenschaftstheoretische Reflexion“ entwickelt, da im Gegensatz zum englischsprachigen Raum, in dem „Nature of Science“ eine wesentliche Rolle spielt (Abd-El-Khalick, 2012; Akerson & Hanuscin, 2007; Lederman, Abd-El-Khalick, Bell & Schwartz, 2002), der Kompetenzteilbereich „Naturwissenschaftliche Reflexion“ im deutschen Chemieunterricht bislang kaum bedeutsam ist.

Zur Illustration wird im Folgenden für zwei der drei Teilbereiche eine Beispielaufgabe⁹ dargestellt.

Aufgabenbeispiel VI: Brausetabletten

Lösungshäufigkeit: 59,0%

Teilbereich: „Naturwissenschaftliche Untersuchungen“ (Standard: E 2)

Kognitiver Prozess: Organisieren

Komplexität: IV (Zwei Zusammenhänge)

Im Supermarkt findet man verschiedene Sorten Brausetabletten. Sie alle sprudeln, wenn man sie in Wasser gibt, da Kohlenstoffdioxid freigesetzt wird. Die Masse einer einzelnen Tablette unterscheidet sich je nach Sorte. Sie beträgt meist 4 bis 6 g.



Tim hat bei einer Untersuchung folgende Ergebnisse protokolliert:

| Brause- tabletten- sorte | dm DAS GESUNDE PLUS | Drofa VITAL | Vitafit LEMON | Bleib fit VITAMIN C | Multinorm ACE |
|---|---------------------------|----------------|------------------|------------------------|------------------|
| Gas- volumen an Kohlen- stoffdioxid (in mL) pro Tablette | 112 | 120 | 102 | 98 | 246 |

Jetzt ist Tim neugierig, ob die Löslichkeit von Kohlenstoffdioxid in Wasser temperaturabhängig ist.

Welchen Versuch müsste Tim durchführen, um diese Frage zu beantworten? Kreuze die richtige Vorüberlegung an.

| | Brausetabletten | Wasservolumen | Wassertemperatur |
|--------------------------|---------------------|-----------------|------------------|
| <input type="checkbox"/> | eine Sorte | gleich | unterschiedlich |
| <input type="checkbox"/> | verschiedene Sorten | gleich | gleich |
| <input type="checkbox"/> | eine Sorte | unterschiedlich | gleich |
| <input type="checkbox"/> | verschiedene Sorten | unterschiedlich | unterschiedlich |

⁹ 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.

Diese Aufgabe spricht den Aspekt „Untersuchungsdesign“ an. Um die Aufgabe korrekt zu lösen, müssen die Schülerinnen und Schüler ein zu einer vorgegebenen Fragestellung passendes Design auswählen. In diesem Fall darf nur die Wassertemperatur variiert werden, die Sorte der Brausetablette und das Wasservolumen müssen aber konstant gehalten werden (Antwortoption 1).

Aufgabenbeispiel VII: Lego als Modell

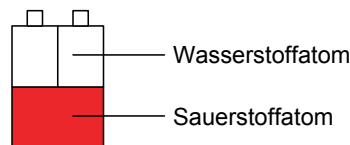
Lösungshäufigkeit: 83,4%

Teilbereich: „Naturwissenschaftliche Modellbildung“ (Standard: E 7)

Kognitiver Prozess: Reproduzieren

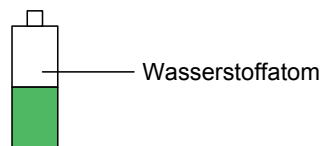
Komplexität: III (Ein Zusammenhang)

„Um die Zusammensetzung einer Verbindung vorherzusagen, kann man sich in der Chemie der Wertigkeit bedienen“, erläutert der Chemielehrer und greift in die Legokiste. Schnell baut er ein Modell des Wassermoleküls und erklärt: „Das Sauerstoffatom (im Modell der rote Legosteine) ist zweiwertig und verbindet sich daher mit zwei Wasserstoffatomen (im Legomodell weiß), die jeweils einwertig sind. Ein dreiwertiges Atom kann sich entsprechend mit drei einwertigen Atomen verbinden.“



Lego-Modell für das Wassermolekül

Thomas hat folgendes Modell gebaut, der weiße Legosteine stellen wieder das einwertige Wasserstoffatom dar.



Welche Wertigkeit hat das im Legomodell grün dargestellte Atom?

Kreuze an.

- Wertigkeit 1
- Wertigkeit 2
- Wertigkeit 3
- Wertigkeit 4

Anmerkung: Diese Aufgabe wurde den Schülerinnen und Schülern im Testheft farbig vorgelegt.

Bei der Bearbeitung der Aufgabe müssen die Schülerinnen und Schüler ein Anschauungsmodell (Lego) auf eine abstrakte Größe (Wertigkeit) anwenden um diese zu bestimmen (Antwortoption 1).

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 psychometrisch Verantwortlichen am IQB,
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.

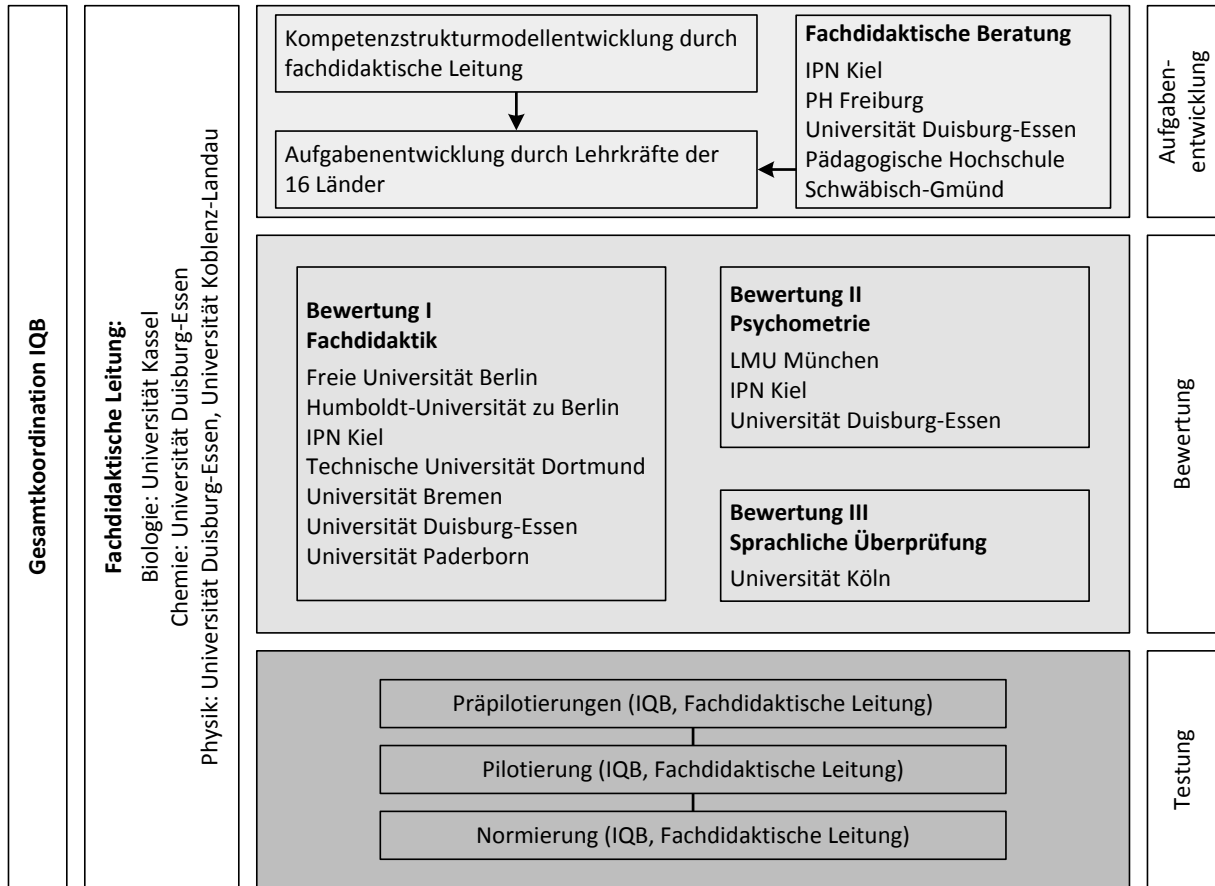


Abbildung 3: Organisationsstruktur der Testaufgabenentwicklung der Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“

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 Chemie setzte sich aus folgenden Expertinnen und Experten der Fachdidaktik sowie Vertreterinnen und Vertretern aus Ministerien bzw. Landesinstituten zusammen:

- Prof. Dr. Hans-Dieter Körner (Institut für Naturwissenschaften, Pädagogische Hochschule Schwäbisch-Gmünd),
- SchulR Joachim Kranz (Senatsverwaltung für Bildung, Wissenschaft und Forschung, Berlin),
- Prof. Dr. Insa Melle (Didaktik der Chemie, Technische Universität Dortmund),
- Prof. Dr. Ilka Parchmann (Leibniz-Institut für die Pädagogik der Naturwissenschaften und Mathematik [IPN], Kiel),
- Prof. Dr. Sascha Schanze (Institut für Didaktik der Naturwissenschaften, Leibniz Universität Hannover),
- Prof. Dr. Elke Sumfleth (Didaktik der Chemie, Universität Duisburg-Essen),
- Prof. Dr. Rüdiger Tiemann (Didaktik der Chemie, Humboldt-Universität zu Berlin) und
- Prof. Dr. Maik Walpuski (Didaktik der Chemie, Universität Duisburg-Essen).

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 Chemie

5.1 Definition der Kompetenzstufen

In den Bildungsstandards werden Kompetenzen für das Fach Chemie 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 der Standardstufen wird in Kapitel 5.2 konkret auf Kompetenzen im Fach Chemie bezogen. Neben der Definition von normativ festgelegten Mindest-, Regel- oder Optimalstandards müssen die Kompetenzbeschreibungen im Fach Chemie 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“¹⁰. 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.

¹⁰ 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 der Jahrgangsstufe 9, die mindestens den MSA anstreben, bei 500 Punkten und die Streuung (Standardabweichung) um diesen Mittelwert bei 100 Punkten festgelegt¹¹. 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 317 Punkten für die Aufgabe „Rosten“ (Schwierigkeitswert ebenfalls 317 Punkte) eine Lösungswahrscheinlichkeit von knapp zwei Drittel. Dies entspricht den Konventionen der PISA-Studien.

Auf der Skala erhält jede Aufgabe einen Punktwert 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 Messungengenauigkeit 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 400 Punkten und im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ bei 380 Punkten erreicht¹² (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 Chemie 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 Chemie verfügen. Dies ist mit dem Erreichen der Kompetenzstufe III gegeben. Im

¹¹ 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).

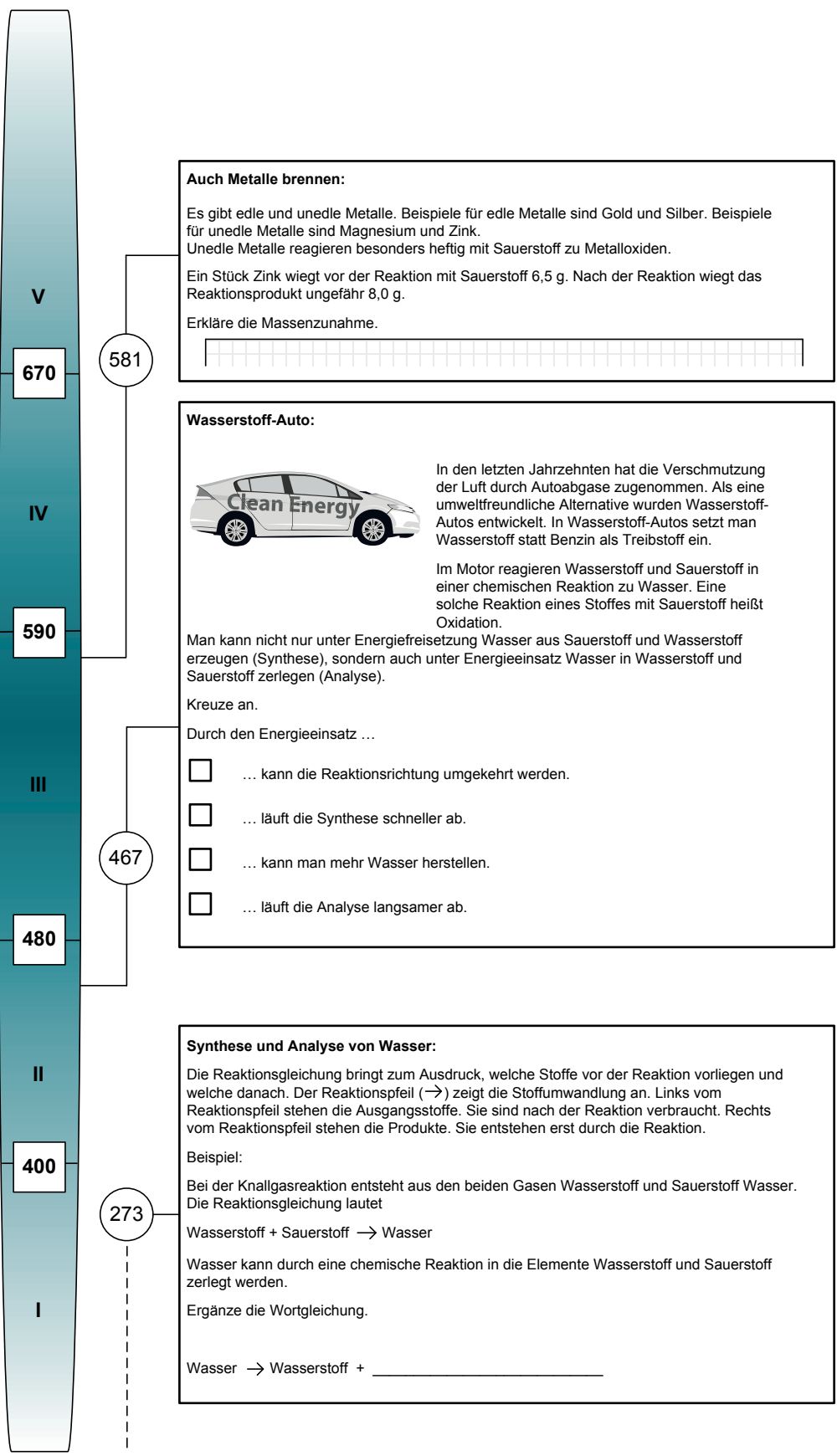
¹² Die Kompetenzbereiche werden getrennt normiert. Gleich hohe Testwerte in den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung indizieren nicht gleich hohe Kompetenz.

Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ ist dieser Regelstandard oder die Kompetenzstufe III bei 480 Punkten erreicht, im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ bei 460 Punkten.

Ab einem Testwert von 590 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 Chemie liegen. Die Kompetenzstufe IV wird daher als Regelstandard plus bezeichnet.

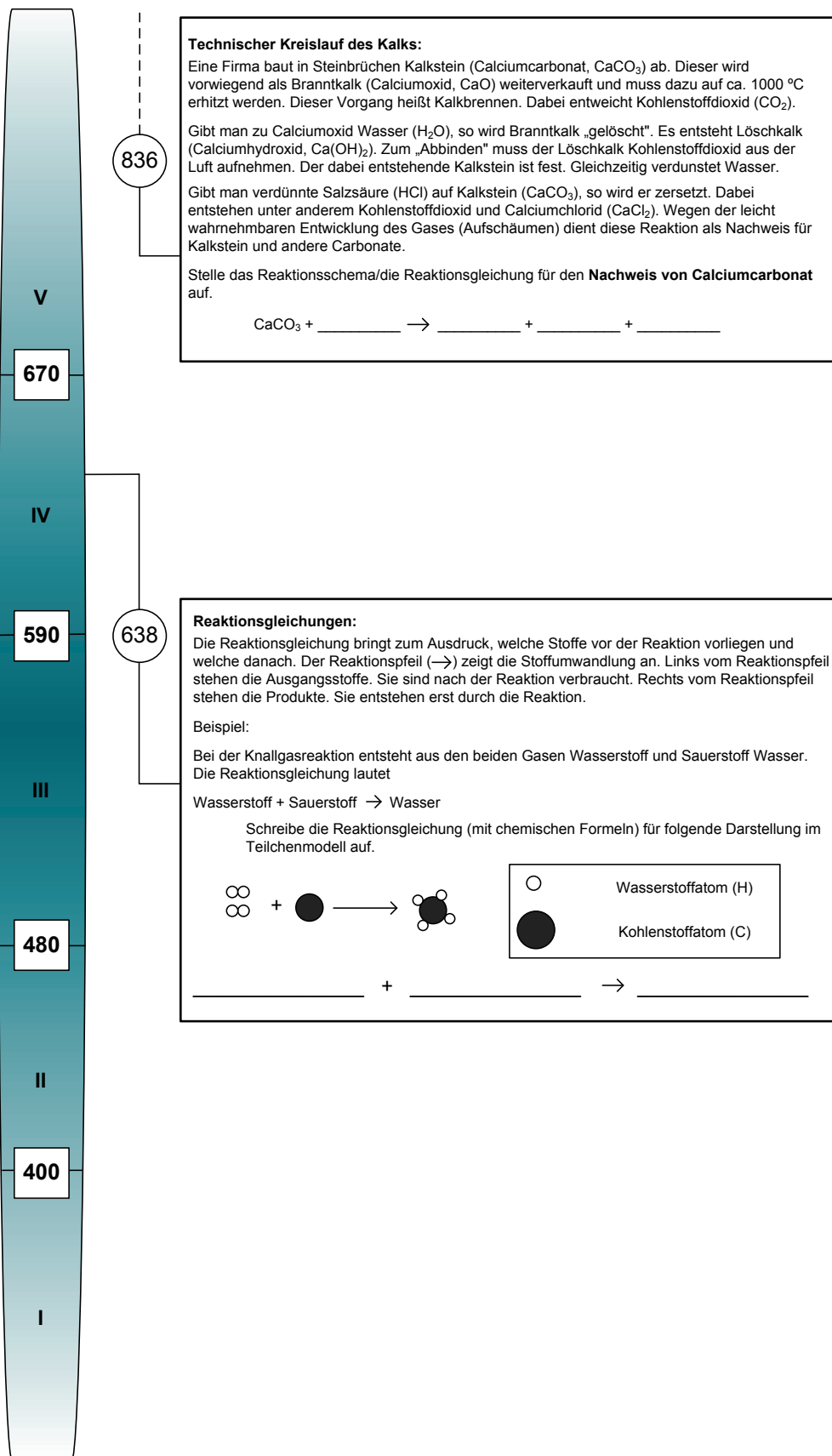
Die anspruchsvollsten Aufgaben liegen auf der Kompetenzstufe V. Im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ beginnt diese Stufe ab einem Testwert von 670 Punkten (siehe Abbildung 5), im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ ab einem Testwert von 630 Punkten (siehe Abbildung 7). Schülerinnen und Schüler, 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-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



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

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

691

V

630

IV

Kristalle:
 Ein Kristallgitter ist eine dreidimensionale, sich regelmäßig wiederholende Anordnung von Teilchen. Beispiele sind Metall- und Salzkristalle.
 Salzkristalle (Abb. 1) bestehen aus mindestens zwei Teilchenarten. Hier wirken Anziehungskräfte zwischen entgegengesetzt geladenen Ionen.
 Metalkristalle (Abb. 2) bestehen nur aus einer Teilchenart. Hier sind Atomrümpfe durch ein Elektronengas miteinander verbunden. Atomrümpfe entstehen dadurch, dass Atome Elektronen abgeben, die nicht von einem benachbarten Atom aufgenommen werden, sondern sich zwischen den Atomrümpfen frei bewegen. Sie bilden das Elektronengas.

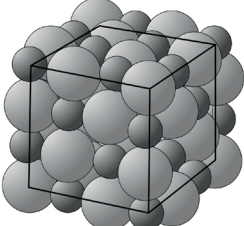


Abb. 1

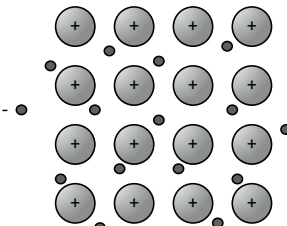


Abb. 2

Die frei beweglichen Elektronen sind nicht nur für die elektrische Leitfähigkeit verantwortlich, sondern auch für die Wärmeleitfähigkeit.
 Ziehe daraus eine Schlussfolgerung zur Wärmeleitfähigkeit von Metall- und Salzkristallen.

Metalkristalle _____, weil ...

Salzkristalle _____, weil ...

566

III

460

II

380

I

Temperatur und Reaktionsgeschwindigkeit:
 Im Chemieunterricht soll die Frage geklärt werden, ob die Temperatur der Ausgangsstoffe Einfluss auf die Reaktionsgeschwindigkeit hat.
 Welche der folgenden Kombinationen V₁-V₄ ist geeignet, um diese Frage zu beantworten?
 Kreuze die richtige Kombination an.

| | Versuch | Masse des Zinkstückes | Volumen an Salzsäurelösung | Temperatur der Salzsäurelösung |
|--------------------------|----------------|-----------------------|----------------------------|--------------------------------|
| <input type="checkbox"/> | V ₁ | 5 g | 10 mL | 30 °C |
| | | 5 g | 10 mL | 50 °C |
| <input type="checkbox"/> | V ₂ | 5 g | 10 mL | 30 °C |
| | | 10 g | 5 mL | 50 °C |
| <input type="checkbox"/> | V ₃ | 10 g | 10 mL | 30 °C |
| | | 10 g | 10 mL | 30 °C |
| <input type="checkbox"/> | V ₄ | 10 g | 10 mL | 30 °C |
| | | 5 g | 10 mL | 50 °C |

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 Kompetenzstufen¹³.

6.1.1 Kompetenzstufe I (bis unter 400 Punkte)

Identifizieren von Fakten und Phänomenen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- Stoffeigenschaften erkennen und unterscheiden.
- vorgegebenen Stoffen bestimmte Eigenschaften zuordnen.
- aus Stoffeigenschaften auf Verwendungsmöglichkeiten schließen.
- Wortgleichungen wiedergeben.
- in Situationen des Alltags chemiebezogenen Fakten und einfache Zusammenhänge identifizieren.
- vorgegebene, einfache Abstraktionen (z. B. zum Aggregatzustand) Beispielen zuordnen.

¹³ 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.

6.1.2 Kompetenzstufe II (400 bis unter 480 Punkte)

Beschreiben von Zusammenhängen und Übertragen auf ähnliche Situationen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- einfache Beziehungen zwischen Struktur und Eigenschaft herstellen.
- einfache chemische Ordnungsprinzipien (z. B. Siedetemperaturen) auf vorgegebene Beispiele anwenden.
- einfache chemische Reaktionen mit Hilfe von Wortgleichungen beschreiben.
- einfachen chemischen Reaktionen grundlegende Merkmale zuordnen.
- Energie als Einflussgröße bei chemischen Reaktionen identifizieren.
- vorgegebene chemische Zusammenhänge zur Erklärung von Phänomenen nutzen.
- vorgegebene chemische Zusammenhänge auf ähnliche Situationen übertragen.
- chemische Zusammenhänge auf Basis vorliegender Fachinformationen selbstständig formulieren.
- vorgegebene, einfache Abstraktionen (z. B. Teilchenmodell) auf Beispiele anwenden.

6.1.3 Kompetenzstufe III (480 bis unter 590 Punkte)

Anwendung der Basiskonzepte auf einfache Beispiele

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- Phänomene und Eigenschaften von Stoffen auch auf Teilchenebene erklären.
- den Aufbau der Materie auf submikroskopischer Ebene beschreiben.
- Ordnungsprinzipien für Stoffe beschreiben und auf ähnliche Beispiele anwenden (z. B. Periodensystem der Elemente, Säuren und Basen).
- Edukt- und Produktverhältnisse in vorgegebenen chemischen Reaktionen ausgleichen.
- die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen beschreiben.
- Energieverläufe chemischen Reaktionen zuordnen.
- Summenformeln interpretieren.
- chemische Zusammenhänge auf Basis eines einfachen konzeptuellen Verständnisses (z. B. Redox-Reaktionen) erklären.
- aus vorgegebenen Abstraktionen (z. B. Periodensystem der Elemente) Schlussfolgerungen ziehen.

6.1.4 Kompetenzstufe IV (590 bis unter 670 Punkte)

Selbstständige Anwendung der Basiskonzepte

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- aus Daten Stoffeigenschaften erschließen.
- gegebene Stoffeigenschaften für analytische Verfahren (z. B. Fällungsreaktionen) nutzen.
- Reaktionsgleichungen (Formelschreibweise) bei vorgegebenen Edukten und Produkten selbstständig aufstellen.
- verschiedene Reaktionstypen (Säure-Base-Reaktion/Redox-Reaktion) unterscheiden.
- Einflussgrößen (z. B. Temperatur) auf den Verlauf chemischer Prozesse (Reaktionen, Löslichkeit) beurteilen.
- chemische Kreislaufprozesse beschreiben.
- die Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen durch den Einsatz von Katalysatoren beschreiben.
- einfache stöchiometrische Betrachtungen vornehmen.
- chemische Fakten und Zusammenhänge, auch unter Zuhilfenahme von Vorwissen, in komplexeren Sinnzusammenhängen erklären.
- die Basiskonzepte zur Erklärung chemischer Zusammenhänge verwenden.
- aus vorgegebenen Abstraktionen in komplexen chemischen Zusammenhängen Schlussfolgerungen ziehen.

6.1.5 Kompetenzstufe V (ab 670 Punkte)

Selbstständige Anwendung der Basiskonzepte zur Erklärung von Sachverhalten auf Diskontinuums- ebene

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- selbstständig Stoffeigenschaften für analytische Verfahren auswählen und nutzen.
- den Aufbau der Materie auf submikroskopischer Ebene reflektieren.
- chemische Sachverhalte selbstständig in Reaktionsgleichungen (Formelschreibweise) ausdrücken.
- die Mehrstufigkeit von Reaktionsprozessen beschreiben.
- Berechnungen zu Stoffmengen- oder Konzentrationsangaben durchführen.
- lebensweltliche Phänomene, Situationen und Probleme aus chemischer Perspektive selbstständig erklären.
- ein vertieftes Verständnis der Basiskonzepte zur Erklärung komplexer chemischer Zusammenhänge verwenden.
- selbstständig zu chemischen Zusammenhängen Abstraktionen vornehmen.

6.1.6 Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht

Tabelle 3: Übersicht über die Deskriptoren im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

| | | Kompetenzstufe | | |
|--|---------------------------------------|--|---|--|
| | | I | II | |
| | | Identifizieren von Fakten und Phänomenen | Beschreiben von Zusammenhängen und Übertragen auf ähnliche Situationen | |
| Die Schülerinnen und Schüler können... | | | | |
| Struktur und Eigenschaften/Stoffe und Teilchen | | Stoffeigenschaften erkennen und unterscheiden. vorgegebenen Stoffen bestimmte Eigenschaften zuordnen. aus Stoffeigenschaften auf Verwendungsmöglichkeiten schließen. | einfache Beziehungen zwischen Struktur und Eigenschaft herstellen. einfache chemische Ordnungsprinzipien (z. B. Siedetemperaturen) auf vorgegebene Beispiele anwenden. | |
| | Chemische Reaktion und Energieumsätze | Reaktionsgleichungen | Wortgleichungen wiedergeben. | einfache chemische Reaktionen mit Hilfe von Wortgleichungen beschreiben. |
| | | Konzept der chemischen Reaktion | | einfachen chemischen Reaktionen grundlegende Merkmale zuordnen. |
| | | Energetische Betrachtungen bei Stoffumwandlungen | | Energie als Einflussgröße bei chemischen Reaktionen identifizieren. |
| Phänomene erklären, Bezüge finden und Abstraktionen nutzen | Mathe-matisierung | | | |
| | Phänomene und Bezüge | in Situationen des Alltags chemiebezogenen Fakten und einfache Zusammenhänge identifizieren. | vorgegebene chemische Zusammenhänge zur Erklärung von Phänomenen nutzen. vorgegebene chemische Zusammenhänge auf ähnliche Situationen übertragen. chemische Zusammenhänge auf Basis vorliegender Fachinformationen selbstständig formulieren. | |
| Phänomene erklären, Bezüge finden und Abstraktionen nutzen | Abstraktionen | vorgegebene, einfache Abstraktionen (z. B. zum Aggregatzustand) Beispielen zuordnen. | vorgegebene, einfache Abstraktionen (z. B. Teilchenmodell) auf Beispiele anwenden. | |

| Kompetenzstufe | | |
|--|--|--|
| III | IV | V |
| Anwendung der Basiskonzepte auf einfache Beispiele | Selbstständige Anwendung der Basiskonzepte | Selbstständige Anwendung der Basiskonzepte zur Erklärung von Sachverhalten auf Diskontinuumsebene |
| Die Schülerinnen und Schüler können... | | |
| Phänomene und Eigenschaften von Stoffen auch auf Teilchenebene erklären. | aus Daten Stoffeigenschaften erschließen. | selbstständig Stoffeigenschaften für analytische Verfahren auswählen und nutzen. |
| den Aufbau der Materie auf submikroskopischer Ebene beschreiben. | gegebene Stoffeigenschaften für analytische Verfahren (z. B. Fällungsreaktionen) nutzen. | den Aufbau der Materie auf submikroskopischer Ebene reflektieren. |
| Ordnungsprinzipien für Stoffe beschreiben und auf ähnliche Beispiele anwenden (z. B. Periodensystem der Elemente, Säuren und Basen). | | |
| Edukt- und Produktverhältnisse in vorgegebenen chemischen Reaktionen ausgleichen. | Reaktionsgleichungen (Formelschreibweise) bei vorgegebenen Edukten und Produkten selbstständig aufstellen. | chemische Sachverhalte selbstständig in Reaktionsgleichungen (Formelschreibweise) ausdrücken. |
| die Umkehrbarkeit chemischer Reaktionen beschreiben. | verschiedene Reaktionstypen (Säure-Base-Reaktion/Redox-Reaktion) unterscheiden. Einflussgrößen (z. B. Temperatur) auf den Verlauf chemischer Prozesse (Reaktionen, Löslichkeit) beurteilen. chemische Kreislaufprozesse beschreiben. | die Mehrstufigkeit von Reaktionsprozessen beschreiben. |
| Energieverläufe chemischen Reaktionen zuordnen. | die Beeinflussbarkeit chemischer Reaktionen durch den Einsatz von Katalysatoren beschreiben. | |
| Summenformeln interpretieren. | einfache stöchiometrische Betrachtungen vornehmen. | Berechnungen zu Stoffmengen- oder Konzentrationsangaben durchführen. |
| chemische Zusammenhänge auf Basis eines einfachen konzeptuellen Verständnisses (z. B. Redox-Reaktionen) erklären. | chemische Fakten und Zusammenhänge, auch unter Zuhilfenahme von Vorwissen, in komplexeren Sinnzusammenhängen erklären. die Basiskonzepte zur Erklärung chemischer Zusammenhänge verwenden. | lebensweltliche Phänomene, Situationen und Probleme aus chemischer Perspektive selbstständig erklären. ein vertieftes Verständnis der Basiskonzepte zur Erklärung komplexer chemischer Zusammenhänge verwenden. |
| aus vorgegebenen Abstraktionen (z. B. Periodensystem der Elemente) Schlussfolgerungen ziehen. | aus vorgegebenen Abstraktionen in komplexen chemischen Zusammenhängen Schlussfolgerungen ziehen. | selbstständig zu chemischen Zusammenhängen Abstraktionen vornehmen. |

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 Kompetenzstufen¹⁴.

6.2.1 Kompetenzstufe I (bis unter 380 Punkte)

Erkennen überprüfbarer Fragestellungen und Kennen einfacher Versuchsanordnungen und Modelle

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- einfache Sicherheitsregeln benennen.
- einfache chemiebezogene Fragestellungen wiedergeben.
- notwendige Experimentiergeräte auswählen.
- richtige Handlungsschritte zur Durchführung von Experimenten auswählen.
- einfache Schlussfolgerungen aus vorgegebenen Trends ziehen.
- erste, einfache Teilchenmodelle (z. B. Kugelteilchenmodell) auf einfache Phänomene anwenden.
- geeignete Modelle auswählen, um Phänomene zu beschreiben (z. B. Teilchenbewegung).
- elementare Bezüge zwischen Erkenntnissen der Chemie und gesellschaftlichen Entwicklungen benennen.

¹⁴ 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 entsprechender Testaufgaben angestrebt.

6.2.2 Kompetenzstufe II (380 bis unter 460 Punkte)

Nutzen einfacher Modelle, Anwenden einzelner Schritte der naturwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- Sicherheitsregeln auf konkrete Situationen anwenden.
- chemiebezogene Fragestellungen in lebensweltlichen Zusammenhängen identifizieren.
- die Eignung von Experimenten zur Prüfung von einfachen Hypothesen beurteilen.
- einfache Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen.
- experimentelle Beobachtungen zum Ableiten von einfachen Schlussfolgerungen nutzen.
- Aussagen des Dalton-Modells auf naturwissenschaftliche Fragestellungen beziehen.
- eine modellhafte Darstellung einem chemischen Sachverhalt zuordnen.
- Modelldarstellungen zum Ableiten von einfachen Schlussfolgerungen nutzen.

6.2.3 Kompetenzstufe III (460 bis unter 540 Punkte)

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

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- selbstständig über geeignete Sicherheitsmaßnahmen entscheiden.
- chemiebezogene Fragestellungen ableiten, die sich mit einem Experiment beantworten lassen.
- einfache Experimente unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen zur Überprüfung von Hypothesen planen.
- verschiedene Parameter (mehrere Variablen) beim Auswählen oder Planen von Experimenten berücksichtigen.
- Versuchsreihen zur Prüfung einer Hypothese planen.
- in erhobenen Daten Strukturen und Beziehungen finden und geeignete Schlussfolgerungen ziehen.
- Aussagen aus differenzierten Atommodellen (z. B. Schalenmodell) auf naturwissenschaftliche Fragestellungen beziehen.
- die Eignung von verschiedenen Modellen zur Darstellung chemischer Sachverhalte beurteilen.
- Schlussfolgerungen auf Basis von Informationen aus dem Periodensystem der Elemente ziehen.

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 ...

- chemiebezogene Fragestellungen selbstständig entwickeln, die sich mit einem Experiment beantworten lassen.
- komplexe Experimente unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen planen.
- vorgegebene komplexe Experimente auswerten.
- auf Basis von komplexen Datensätzen Schlussfolgerungen ziehen.
- mit differenzierten Atommodellen umgehen.
- mit differenzierten Molekül- und Bindungsmodellen umgehen (z. B. Oktettregel anwenden).
- modellhafte Darstellungen verschiedenen Bindungstypen zuordnen.
- komplexe Modelldarstellungen (z. B. Strukturmodelle) zum Ableiten von Schlussfolgerungen nutzen.

6.2.5 Kompetenzstufe V (ab 630 Punkte)

Berücksichtigung von Möglichkeiten und Grenzen von Experimenten und Modellen

Schülerinnen und Schüler auf dieser Kompetenzstufe können ...

- Möglichkeiten und Grenzen der Aussagekraft von Experimenten für die Beantwortung einer chemiebezogenen Fragestellung berücksichtigen.
- komplexe Experimente und Versuchsreihen planen, bei denen sie Blindproben und Vergleichsexperimente einbeziehen.
- komplexe Experimente und Versuchsreihen auswerten, bei denen sie Blindproben und Vergleichsexperimente einbeziehen.
- differenzierte Atommodelle und Molekülmodelle auf neue Beispiele anwenden.
- Möglichkeiten und Grenzen der Aussagekraft von Modellen berücksichtigen.
- Aussagen aus Modellen und Theorien ableiten.
- die Entwicklung und Aussagekraft von Modellen und Theorien aufzeigen.

6.2.6 Deskriptoren der Kompetenzstufen I bis V in der Übersicht

Tabelle 4: Übersicht über Deskriptoren im 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... | | | |
| Experimente | Sicherheits- und Umweltaspekte | einfache Sicherheitsregeln benennen. | Sicherheitsregeln auf konkrete Situationen anwenden. |
| | Fragestellung | einfache chemiebezogene Fragestellungen wiedergeben. | chemiebezogene Fragestellungen in lebensweltlichen Zusammenhängen identifizieren. |
| | Planung | notwendige Experimentiergeräte auswählen. richtige Handlungsschritte zur Durchführung von Experimenten auswählen. | die Eignung von Experimenten zur Prüfung von einfachen Hypothesen beurteilen. einfache Experimente zur Überprüfung von Hypothesen planen. |
| | Auswertung | einfache Schlussfolgerungen aus vorgegebenen Trends ziehen. | experimentelle Beobachtungen zum Ableiten von einfachen Schlussfolgerungen nutzen. |
| Modelle | Verwenden von Teilchen-/Atommodellen | erste, einfache Teilchenmodelle (z. B. Kugelteilchenmodell) auf einfache Phänomene anwenden. | Aussagen des Dalton-Modells auf naturwissenschaftliche Fragestellungen beziehen. |
| | Auswählen und Beurteilen von vorgegebenen Modellen | geeignete Modelle auswählen, um Phänomene zu beschreiben (z. B. Teilchenbewegung). | eine modellhafte Darstellung einem chemischen Sachverhalt zuordnen. |
| | Schlussfolgern aus Modellen | | Modelldarstellungen zum Ableiten von einfachen Schlussfolgerungen nutzen. |
| Wissenschaftstheoretische Reflektion/Chemie und Gesellschaft | | elementare Bezüge zwischen Erkenntnissen der Chemie und gesellschaftlichen Entwicklungen benennen. | |

| 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... | | |
| selbstständig über geeignete Sicherheitsmaßnahmen entscheiden. | | |
| chemiebezogene Fragestellungen ableiten, die sich mit einem Experiment beantworten lassen. | chemiebezogene Fragestellungen selbstständig entwickeln, die sich mit einem Experiment beantworten lassen. | Möglichkeiten und Grenzen der Aussagekraft von Experimenten für die Beantwortung einer chemiebezogenen Fragestellung berücksichtigen. |
| einfache Experimente unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen zur Überprüfung von Hypothesen planen. | komplexe Experimente unter Berücksichtigung von Kontrollvariablen planen. | komplexe Experimente und Versuchsreihen planen, bei denen sie Blindproben und Vergleichsexperimente einbeziehen. |
| verschiedene Parameter (mehrere Variablen) beim Auswählen oder Planen von Experimenten berücksichtigen. | | |
| Versuchsreihen zur Prüfung einer Hypothese planen. | | |
| in erhobenen Daten Strukturen und Beziehungen finden und geeignete Schlussfolgerungen ziehen. | vorgegebene komplexe Experimente auswerten. auf Basis von komplexen Datensätzen Schlussfolgerungen ziehen. | komplexe Experimente und Versuchsreihen auswerten, bei denen sie Blindproben und Vergleichsexperimente einbeziehen. |
| Aussagen aus differenzierten Atommodellen (z. B. Schalenmodell) auf naturwissenschaftliche Fragestellungen beziehen. | mit differenzierten Atommodellen umgehen. mit differenzierten Molekül- und Bindungsmodellen umgehen (z. B. Oktettregel anwenden). | differenzierte Atommodelle und Molekülmodelle auf neue Beispiele anwenden. |
| die Eignung von verschiedenen Modellen zur Darstellung chemischer Sachverhalte beurteilen. | modellhafte Darstellungen verschiedenen Bindungstypen zuordnen. | Möglichkeiten und Grenzen der Aussagekraft von Modellen berücksichtigen. |
| Schlussfolgerungen auf Basis von Informationen aus dem Periodensystem der Elemente ziehen. | Komplexe Modelldarstellungen (z. B. Strukturmodelle) zum Ableiten von Schlussfolgerungen nutzen. | Aussagen aus Modellen und Theorien ableiten. |
| | | die Entwicklung und Aussagekraft von Modellen und Theorien aufzeigen. |

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 Chemie 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 liegen¹⁵. 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 345 und 675 Punkten. In der 10. Jahrgangsstufe zeigt sich mit Punktwerten zwischen 356 und 715 ein höheres Kompetenzniveau. Im Mittel beträgt der Unterschied zwischen der 9. und 10. Jahrgangsstufe 33 Punkte. Die Spanne der Schülerleistungen der 10. Jahrgangsstufe ist größer als in der 9. Jahrgangsstufe.

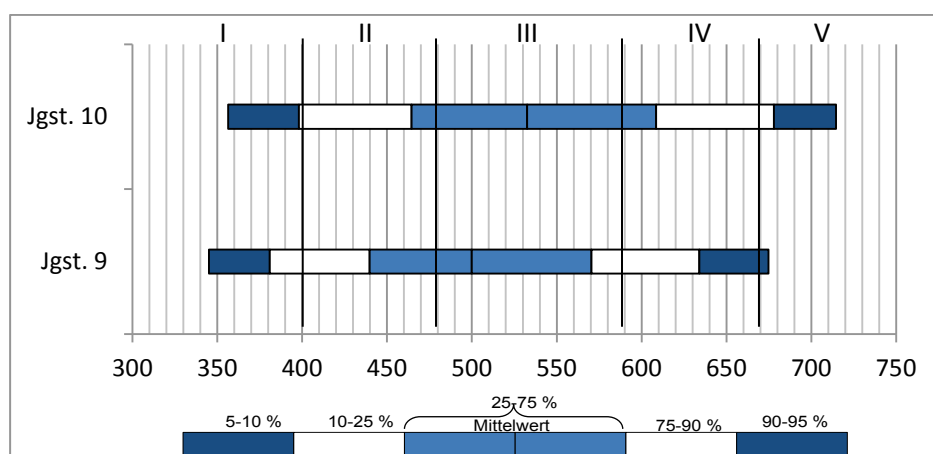


Abbildung 8: Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

¹⁵ Die unteren und oberen 5 % der Kompetenzverteilung sind als Extremwerte, die die Grenzen der Perzentilbänder unverhältnismäßig verschieben, nicht dargestellt.

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 befinden sich 16,1 % 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 57,3 % der Schülerinnen und Schüler. In der 10. Jahrgangsstufe ist die Leistungsverteilung nach oben verschoben. Hier fallen 11,1 % in den Bereich der Kompetenzstufe I und der Regelstandard wird von 69,1 % der Schülerinnen und Schüler erreicht. In der 10. Jahrgangsstufe befinden sich 10,7 % der Schülerinnen und Schüler auf der höchsten Kompetenzstufe und übertreffen die in dem Regelstandard formulierten Anforderungen deutlich.

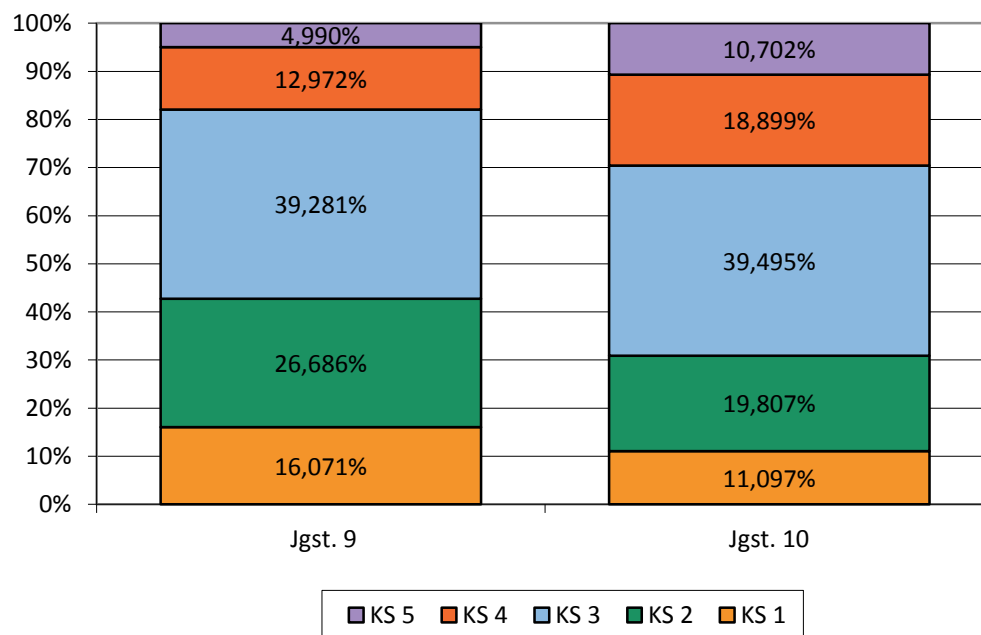


Abbildung 9: Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“

7.2 Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ erzielen 90 % der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe Testwerte zwischen 341 und 668 Punkten (vgl. Abbildung 10). Wie auch im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ ist eine Leistungsdifferenz zur 10. Jahrgangsstufe zu erkennen. Diese beträgt im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ durchschnittlich 35 Punkte. Hier liegen 90 % der Schülerinnen und Schüler zwischen 379 und 711 Punkten.

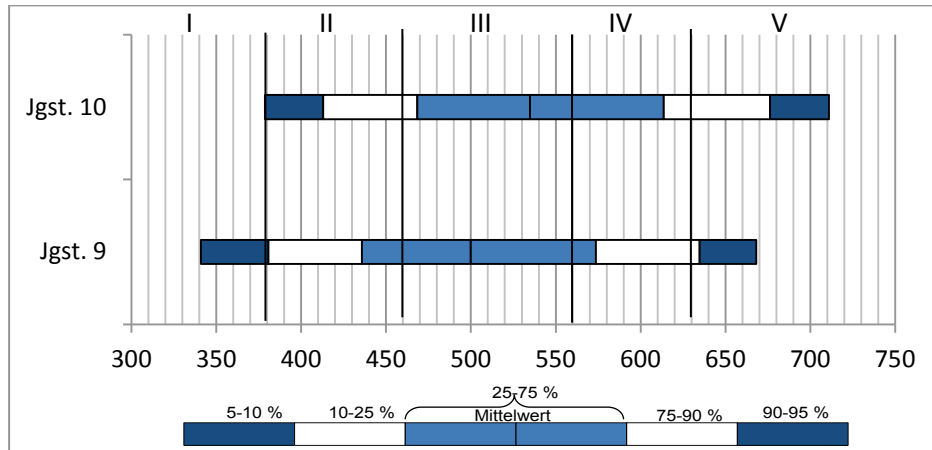


Abbildung 10: Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

Abbildung 11 zeigt die Verteilung der Schülerinnen und Schüler auf die fünf Kompetenzstufen des Kompetenzbereichs „Erkenntnisgewinnung“. Auf dem Niveau der Kompetenzstufe I befinden sich 11 % der Schülerinnen und Schüler der 9. Jahrgangsstufe. Sie erreichen den Mindeststandard nicht. Den Regelstandard, also mindestens die Kompetenzstufe III, erreichen 65,5 % 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 befinden sich nur noch 6,2 % der Schülerinnen und Schüler auf Kompetenzstufe I und der Regelstandard wird von 74,4 % der Schülerinnen und Schüler erreicht. In der 10. Jahrgangsstufe befinden sich 18,6 % der Schülerinnen und Schüler auf der höchsten Kompetenzstufe.

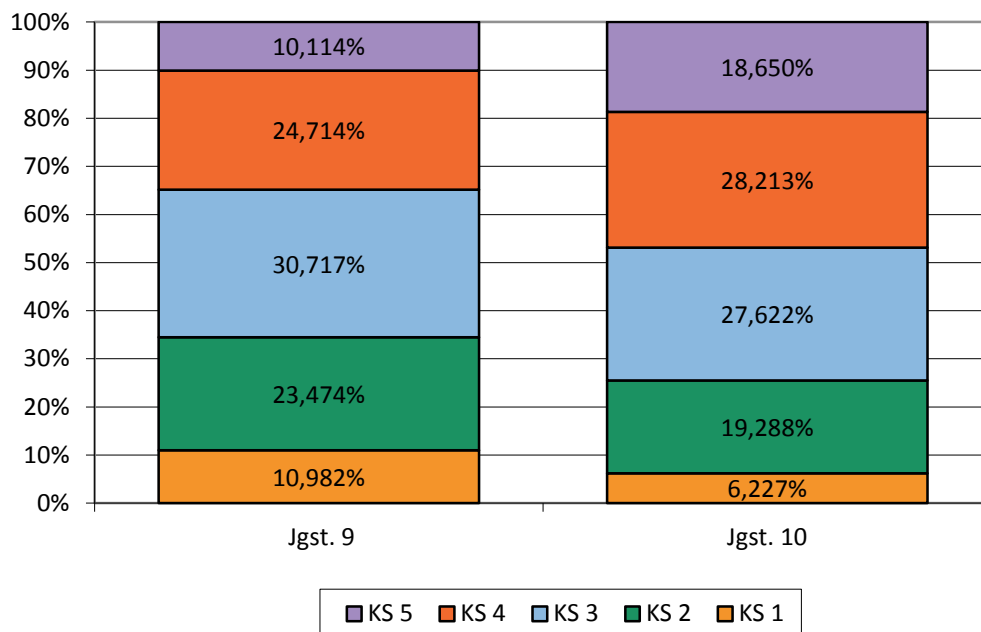


Abbildung 11: Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“

8 Literaturverzeichnis

- Abd-El-Khalick, F. (2012). Examining the sources for our understandings about science: enduring con-
flations and critical issues in research on nature of science in science education. *International
Journal of Science Education*, 34, 353–374.
- Akerson, V. L. & Hanuscin, D. L. (2007). Teaching nature of science through inquiry: results of a 3-year
professional development program. *Journal of Research in Science Teaching*, 44, 653–680.
- 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 Chemie-
unterricht. *Chemie Konkret*, 12, 50–55.
- Institut zur Qualitätsentwicklung im Bildungswesen. (2008). *Kompetenzstufenmodell zu den Bildungs-
standards im Fach Mathematik für den Mittleren Schulabschluss*. Zugriff am 19.10.2011 unter
http://www.iqb.hu-berlin.de/bista/dateien/Math_MSA.pdf
- Kauertz, A., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Walpuski, M. (2010). Standardbezogene Kompe-
tenzmodellierung 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 Ex-
pertise*. Zugriff am 19.10.2011 unter [http://www.bmbf.de/pub/
zur_entwicklung_nationaler_bildungsstandards.pdf](http://www.bmbf.de/pub/zur_entwicklung_nationaler_bildungsstandards.pdf)
- Köller, O. (2008). Bildungsstandards – Verfahren und Kriterien bei der Entwicklung von Messinstru-
menten. *Zeitschrift für Pädagogik*, 54, 163–173.
- Lederman, N. G., Abd-El-Khalick, F., Bell, R. L. & Schwartz, R. S. (2002). Views of nature of science
questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of
science. *Journal of Research in Science Teaching*, 39, 497–521.
- 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 per-
spectives* (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. Rop-
pelt, T. Siegle & C. Pöhlmann (Hrsg.), *IQB-Ländervergleich 2012. Mathematische und natur-
wissenschaftliche 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 Deutsch-
land. (2003). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahr-
gangsstufe 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](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 Deutsch-
land. (2004). *Vereinbarung über Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss (Jahr-
gangsstufe 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](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)..... | 14 |
| Abbildung 3: | Organisationsstruktur der Testaufgabenentwicklung der Kompetenzbereiche „Umgang mit Fachwissen“ und „Erkenntnisgewinnung“ | 20 |
| Abbildung 4: | Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ – Kompetenzstufen I bis III | 27 |
| Abbildung 5: | Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ – Kompetenzstufen IV bis V..... | 28 |
| Abbildung 6: | Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ – Kompetenzstufen I bis III | 29 |
| Abbildung 7: | Kompetenzstufenmodell für den Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ – Kompetenzstufen IV bis V..... | 30 |
| Abbildung 8: | Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ | 47 |
| Abbildung 9: | Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ | 48 |
| Abbildung 10: | Kompetenzverteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“..... | 49 |
| Abbildung 11: | Verteilung der Schülerinnen und Schüler der 9. und 10. Jahrgangsstufe, die den MSA anstreben, auf die Kompetenzstufen im Fach Chemie im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ | 49 |

10 Tabellenverzeichnis

| | |
|--|----|
| Tabelle 1: Kompetenzbereiche des Fachs Chemie | 5 |
| Tabelle 2: Beschreibung der Standards und ihre Zuordnung zu Kompetenzstufen | 23 |
| Tabelle 3: Übersicht über die Deskriptoren im Kompetenzbereich „Umgang mit Fachwissen“ | 37 |
| Tabelle 4: Übersicht über Deskriptoren im Kompetenzbereich „Erkenntnisgewinnung“ | 45 |

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

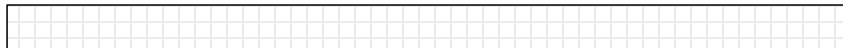
11.2.1 Aufgabenbeispiel II: Auch Metalle brennen

11.2.1.1 Aufgabentext

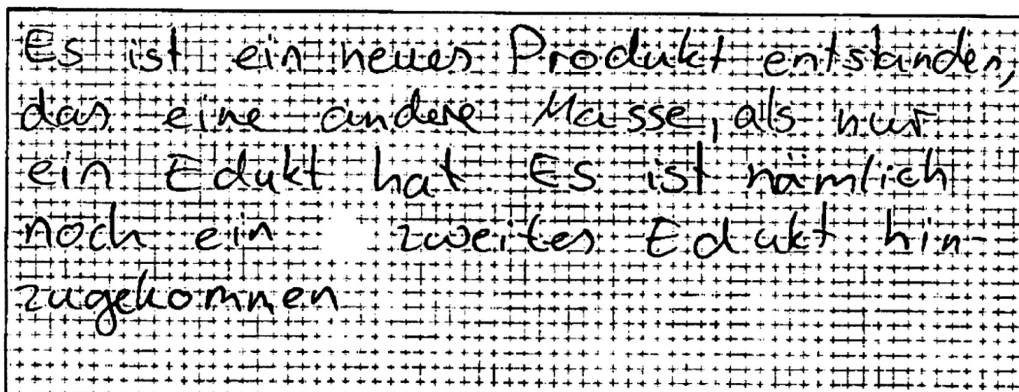
Es gibt edle und unedle Metalle. Beispiele für edle Metalle sind Gold und Silber. Beispiele für unedle Metalle sind Magnesium und Zink. Unedle Metalle reagieren besonders heftig mit Sauerstoff zu Metalloxiden.

Ein Stück Zink wiegt vor der Reaktion mit Sauerstoff 6,5 g. Nach der Reaktion wiegt das Reaktionsprodukt ungefähr 8,0 g.

Erkläre die Massenzunahme.



11.2.1.2 Beispielhafte richtige Antwort



Es ist ein neues Produkt entstanden, das eine andere Masse, als nur ein Edukt hat. Es ist nämlich noch ein zweites Edukt hinzugekommen.

11.2.1.3 Beispielhafte falsche Antworten

Unedle Metalle wie Zink reagieren besonders heftig mit Sauerstoff zu Metalloxiden.

da es mit Sauerstoff reagiert hat, quillt es auf und nimmt so zu

11.2.2.2 Beispielhafte richtige Antwort

Weil sich die Anzahl von Neutronen und Protonen nicht verändert. So kann kein Argon-Atom entstehen weil das Chlor-Atom zwar die gleiche Anzahl von Außenelektronen hat jedoch nicht die gleichen Stoffeigenschaften besitzt.

11.2.2.3 Beispielhafte falsche Antworten

Weil es kein Edelgas ist, wie Argon!

Weil Argon-Atom schon die ganze Zeit 8 Elektronen hat. Chlor dagegen muss erst ein Elektron von einem Atom aus einer kleineren Gruppe aufnehmen um 8 Elektronen zu erhalten.