

# Sachkompetenz im Fach Physik

## Bildungsstandards im Fach Physik für die allgemeine Hochschulreife

Erläuterungen verfasst von: Prof. Dr. Andreas Borowski, Prof. Dr. Alexander Kauertz  
und Prof. Dr. Gesche Pospiech

### 1 Einleitung

---

Die Grundlage für die Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife bilden die in der Sekundarstufe I erworbenen Kompetenzen. Die hier beschriebenen vier Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden insgesamt die Fachkompetenz im jeweiligen Fach. Kompetenz zeigt sich in der Verbindung von Wissen und Können, also von Kenntnissen und Fähigkeiten, in den jeweiligen Kompetenzbereichen und sind nur im Umgang mit Inhalten zu erwerben. Die einzelnen Kompetenzbereiche erfordern jeweils spezifisches Fachwissen. Das Fachwissen besteht somit aus einem breiten Spektrum an Kenntnissen als Grundlage fachlicher Kompetenz. Zu diesem Spektrum gehören Konzepte, Theorien, Modelle, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren. Der Unterschied in den Kompetenzen zwischen grundlegendem und erhöhtem Anforderungsniveau liegt im Umfang und in der Tiefe der gewonnenen Kenntnisse, sowie im Maß der Selbststeuerung bei der Bearbeitung von Problemstellungen.

Die Basiskonzepte dienen der generalisierenden Vernetzung der fachlichen Inhalte in allen Kompetenzbereichen und ermöglichen deren Betrachtung aus verschiedenen Perspektiven. Die Basiskonzepte in der Physik Oberstufe sind anschlussfähig an die Basiskonzepte aus den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004). Sie unterscheiden sich aber gegenüber diesen, da sie den fachlichen Lernzielen der Oberstufe angepasst wurden. Die Basiskonzepte der Physik in der Oberstufe lauten: Erhaltung und Gleichgewicht, Superposition und Komponenten, Mathematisierung und Vorhersagen, Zufall und Determiniertheit. Sie bilden damit grundlegende Konzepte, die in vielen verschiedenen schulischen und außerschulischen Kontexten einsetzbar sind. Die Basiskonzepte liegen als Strukturierungshilfe und Perspektivmerkmal allen Kompetenzbereichen zugrunde, nicht nur der Sachkompetenz wie in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004). Zusätzlich zu den Basiskonzepten sind die zentralen Inhalte beschrieben, über die die Lernenden zum Zeitpunkt des Erwerbs der Allgemeinen Hochschulreife verfügen sollen. Die zentralen Inhalte dienen als Richtschnur für die Erstellung von Aufgaben im Rahmen der Prüfung für die Allgemeine Hochschulreife und sind mit Blick auf den niedrigsten über die Bundesländer zu erwartenden Stundenanteil ausgewählt worden. Es ist schwierig, hierbei einen sinnvollen Grad der Detailliertheit der Beschreibung festzulegen. Die gewählte Form gibt einen Überblick, mit dem die Lehrkräfte

umgehen können und sollen, bietet aber jederzeit die Möglichkeit zu darüberhinausgehenden Vertiefungen und Erweiterungen.

Die Kompetenzbereiche sind in Teilkompetenzbereiche untergliedert.

## 2 Allgemeine Einführung

---

Die in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife für alle naturwissenschaftlichen Fächer beschriebene Sachkompetenz ersetzt den in den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss beschriebenen Kompetenzbereich Fachwissen (KMK, 2004) begrifflich und schließt inhaltlich an ihn an. Die Bezeichnung „Fachwissen“ als Bezeichnung für einen Kompetenzbereich ist irreführend, da Kompetenz mehr ist als Wissen und Fachkompetenz Kompetenzen aus allen Kompetenzbereichen umfasst. Um Missverständnisse zu vermeiden, wurde der Name dieses Kompetenzbereichs auf „Sachkompetenz“ geändert, verstanden als inhaltliches Wissen und Können in einem bestimmten Sachgebiet, hier der Physik. Die Sachkompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von Konzepten, Theorien, Verfahren sowie Experimenten und der Fähigkeit, dieses Fachwissen zu beschreiben und zu erklären sowie geeignet auszuwählen und zu nutzen, um Sachverhalte aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen zu bearbeiten.

Wer Physik erlernen will, muss „sich seines eigenen Verstandes bedienen“ (DPG, 2014). Die Lernenden bedürfen hierzu aber einer lernsystematisch angelegten Unterstützung, um die physiktypische Sicht auf die Welt zu verstehen und nutzen zu können. Im Zentrum stehen dabei fachliche Modelle und Theorien sowie experimentelle und mathematische Verfahren zur Durchführung von vorgegebenen Versuchsanordnungen. Um Physik zu begreifen, muss somit erlernt werden, Modelle und Theorien mit Hilfe von Verfahren und Experimenten zu überprüfen oder die Ergebnisse aus Experimenten mit Hilfe von Modellen und Theorien zu deuten (Tesch & Duit, 2002). Es gibt also eine wechselseitige Beziehung von Modellen und Theorien zu Verfahren und Experimenten und ihren Ergebnissen (vgl. Feynman, 1963). Um nicht unreflektierte Vermutungen aufzustellen oder einfach etwas auszuprobieren, geht es im Physikunterricht darum, experimentelle und theoretische Methoden und Verfahren zielgerichtet zu verwenden. Diese fachmethodischen Kompetenzen können nicht nebenbei erlernt werden, sondern sie müssen explizit als Gegenstand des Unterrichts thematisiert werden. Sie müssen gleichberechtigt zu anderen Unterrichtsinhalten gelehrt und gelernt werden (u.a. Vorholzer, 2017). Aus diesem Grund beinhaltet der Kompetenzbereich Sachkompetenz Physik sowohl diese fachlichen Modelle und Theorien als auch Verfahren und vorgegebene Experimente, damit die Lernenden auf dieser Grundlage Sachverhalte und Problemstellungen aus fach- und alltagsbezogenen Anwendungsbereichen bearbeiten können.

## 3 Konkretisierung der Kompetenzteilbereiche durch Standards

---

Im Bereich der Sachkompetenz ist es wichtig, Modelle und Theorien sowie Verfahren und Experimente nicht nur zu kennen, sondern sie nutzen zu können. Das Nutzen umfasst dabei Inhalte, Sachverhalte und Problemstellungen so zu beschreiben, zu strukturieren und zu bearbeiten. Dabei soll die Perspektive der Physik bei wissenschaftlichen Fragen aber auch in vielen angewandten Bereichen, z. B. den anderen Naturwissenschaften, der Technik oder auch der Medizin, deutlich werden. Dazu müssen diese Vorgänge aus physikalischer Sicht

interpretiert und verstanden werden. Hierzu ist es in der Regel notwendig, unterschiedliche Modelle, Theorien, Verfahren und Experimente zu verknüpfen. Charakteristisch für diese physikalische Sicht sind die theoriebasierte Beschreibung von Phänomenen ebenso wie die qualitative und quantitative Auswertung von Messergebnissen anhand geeigneter Theorien und Modelle.

Die Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife schließen trotz ihrer unterschiedlichen Strukturierung an die Standards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) an. Einige Standards werden wieder aufgegriffen, um sie zu vertiefen und in komplexeren Zusammenhängen anzuwenden, andere werden ergänzt. Außerdem treten Überlappungen mit den weiteren Kompetenzbereichen auf. Diese sind beabsichtigt; die Kompetenzbereiche stehen nicht isoliert voneinander.

Um das Wechselspiel zwischen Modell und Theorie bzw. Verfahren und Experimenten abzubilden, gliedert sich die Sachkompetenz in zwei Teilkompetenzbereiche. Der Kompetenzbereich Sachkompetenz führt somit Kompetenzen aus den Kompetenzbereichen Fachwissen und Erkenntnisgewinnung aus den Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss (KMK, 2004) fort.

Der erste Teilkompetenzbereich thematisiert die Kompetenzen zu den fachlichen Modellen und Theorien in Bezug auf die Bearbeitung von Aufgaben und Problemen.

### Teilbereich 1: „Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen“

Zu diesem Teilbereich gehören die folgenden drei Standards:

Die Lernenden ...

- S 1 erklären Phänomene unter Nutzung bekannter physikalischer Modelle und Theorien;
- S 2 erläutern Gültigkeitsbereiche von Modellen und Theorien und beschreiben deren Aussage- und Vorhersagemöglichkeiten;
- S 3 wählen aus bekannten Modellen bzw. Theorien geeignete aus, um sie zur Lösung physikalischer Probleme zu nutzen.

In diesem ersten Teilkompetenzbereich geht es darum, dass die Lernenden physikalische Modelle und Theorien auf (alltagsbezogene) Phänomene anwenden, um diese zu erklären (**S1**). Physikalisch kompetente Lernende sollten somit in der Lage sein, die gelernten Modelle und Theorien für ein spezielles Phänomen passend auszuwählen und sich mit Hilfe der gelernten Modelle und Theorien dieses Phänomen zu erklären. In **S2** wird thematisiert, dass Modelle und Theorien Gültigkeitsgrenzen haben und diese zwangsläufig zu den Theorien als Randbedingungen dazu gehören. Auch hier geht es darum, mit etablierten Modellen und Theorien Vorhersagen treffen zu können. Hierdurch spiegelt sich die „Mächtigkeit“ physikalischer Modelle und Theorien wider, sozusagen „in die Zukunft“ blicken zu können. Der Standard **S3** spiegelt die Kompetenz wider, Modelle und Theorien zielgerichtet auszuwählen und auf Probleme und Aufgaben anzuwenden, um diese zu lösen. Hierzu können klassische innerphysikalische Probleme wie z. B. die Berechnung einer Bahnkurve in einem EM-Feld gehören, aber auch kontextbezogene Aufgaben. Wichtig hierbei ist, dass es sich um ein physikalisches Problem handelt, bei dessen Lösung physikalische Kompetenz angewendet wird. Dies bedeutet, dass in dem Lösungsprozess physikalisches Wissen auf eine Situation angewendet wird, um ein Problem durch z.B. einen Kniff, einen Trick, eine geschickte Setzung, eine kreative Annahme/Vereinfachung, ... zu lösen.

Der zweite Teilkompetenzbereich thematisiert die Kompetenzen zu den fachlichen Verfahren und Experimenten in Bezug auf die Bearbeitung von Aufgaben und Problemen

### Teilbereich 2: „Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen“

Zu diesem Teilbereich gehören die folgenden vier Standards:

Die Lernenden ...

- S 4 bauen Versuchsanordnungen auch unter Verwendung von digitalen Messwerterfassungssystemen nach Anleitungen auf, führen Experimente durch und protokollieren ihre Beobachtungen;
- S 5 erklären bekannte Messverfahren sowie die Funktion einzelner Komponenten eines Versuchsaufbaus;
- S 6 erklären bekannte Auswerteverfahren und wenden sie auf Messergebnisse an;
- S 7 wenden bekannte mathematische Verfahren auf physikalische Sachverhalte an.

Die Kompetenz, systematisch physikalische Methoden einzusetzen, um später Erkenntnisse zu gewinnen, beruht auf den Grundlagen, die in den Standards **S4** bis **S6** gelegt werden. Deswegen geht es zuerst darum, dass die Lernenden kompetent sind, Experimente und Verfahren nach gegebenen Anleitungen aufzubauen, durchzuführen und zu protokollieren (**S4**). Dies bezieht sich explizit sowohl auf das Lesen und Verstehen von Anleitungen als auch auf die technischen Fähigkeiten zum Umsetzen von Experimenten und Verfahren. Zudem werden ausdrücklich analoge und digitale Verfahren sowohl für die Durchführung als auch zum Protokollieren eingeschlossen. Neben der Kompetenz, ein Verfahren oder Experiment durchzuführen, ist es wichtig, die Funktionsweise eines Verfahrens bzw. der einzelnen Komponenten eines Experimentieraufbaus zu verstehen und deren Zusammenspiel erklären zu können. Diese Kompetenz wird durch den Standard **S5** abgebildet. Geht man in dem Experimentierkreislauf (u.a. Frischknecht-Tobler & Labudde, 2010) weiter, so werden in einem folgenden Schritt die Messergebnisse ausgewertet. Hierzu ist es wichtig, dass verschiedene Verfahren gekannt, gekonnt, erklärt und zielgerichtet eingesetzt werden können (**S6**). Der letzte Standard in diesem Teilkompetenzbereich berücksichtigt, dass die Mathematik die Sprache der Physik ist (u. a. Feynman, 1963). Mathematische Verfahren sollten aus diesem Grunde verstanden werden, damit fachlich kompetente Lernende sie zielgerichtet auf physikalische Sachverhalte anwenden können (**S7**).

Werden die Standards in diesem zweiten Teilkompetenzbereich zusammenhängend betrachtet, dann geht es darum, dass die Lernenden die Kompetenz haben, Verfahren zu nutzen und Experimente durchzuführen (**S4**), wissen was die einzelnen Schritte, Bauteile und Verfahren bedeuten und warum sie gebraucht werden (**S5**), wissen wie sie Messdaten auswerten können (**S6**) und zielgerichtet Mathematik in der Physik verwenden (**S7**). Erst durch das Verständnis dieser grundlegenden und etablierten Verfahren werden die Lernenden in die Lage versetzt, Erkenntnisgewinnungsprozesse in der Physik, fachliche Kommunikation oder physikbezogene Bewertungen nachzuvollziehen oder selbst zu gestalten.

## 4 Konkretisierung der Standards in Lernaufgaben

---

Nach der Erläuterung der Standards im Bereich der Sachkompetenz folgt in diesem letzten Kapitel die Verdeutlichung der Standards am Beispiel einiger Teilaufgaben der auf den Seiten des IQB veröffentlichten illustrierenden Lernaufgaben zu den Bildungsstandards im Fach Physik für die Allgemeine Hochschulreife.

Im ersten Teilkompetenzbereich geht es darum Modelle und Theorien zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen zu nutzen.

Wie oben beschrieben sollen die Lernenden bei dem Standard **S1** ihr Wissen nutzen, um sich neue Situationen zu erklären. Ein Beispiel hierfür findet sich in der Lernaufgabe *Ein Elektrobuss für die Altstadt*. In der ersten Teilaufgabe dieser Lernaufgabe sollen die Lernenden erläutern, wie die Akkumulatoren eines Elektrobusses induktiv aufgeladen werden. Wenn die Lernenden bereits Wissen über das Funktionsprinzip der induktiven Energieübertragung - und speicherung besitzen, dann können sie dieses Wissen auf den neuen Kontext anwenden. Wenn nicht (und so ist die Lernaufgabe konzipiert) dann können sie sich dieses Wissen erst erarbeiten (siehe Standard K1) und dann dieses neue Wissen auf den speziellen Kontext des Elektrobusses anwenden.

Die vierte Teilaufgabe der Lernaufgabe *Gilt die Gleichung für eine lange Spule auch für andere Spulen* zeigt, wie der Standard **S2** interpretiert werden kann. Dort geht es darum, dass die Lernenden beurteilen, ob die Verwendung des Modells einer langen Spule bei der vorher in der Lernaufgabe untersuchten Spule unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten gerechtfertigt ist. Hierbei sollen die Lernenden die aus dem Modell der langen Spule berechneten Werte mit einer experimentell aufgenommenen Messreihe vergleichen.

Um die Dicke einer Plexiglasscheibe zu bestimmen, erstellen die Lernenden bei der Lernaufgabe *Luftfeuchtigkeitssensor eA* in Teilaufgabe 7.1 eine Übersicht für das durchzuführende Prozedere. Es geht also darum nach Standard **S3** ein vorheriges Modell auf die neue Situation anzuwenden. Der „Kniff“, von dem im vorherigen Abschnitt gesprochen wurde, ist bei dieser Aufgabe der Umstand, dass die Plexiglasscheibe nicht den gesamten Kondensator ausfüllt. Je nach Dicke der Scheibe ist unterschiedlich viel Luft zwischen den Kondensatorplatten und somit variiert die Kapazität des Kondensators.

Im zweiten Teilkompetenzbereich sollen die Lernenden Verfahren und Experimente zur Bearbeitung von Aufgaben und Problemen nutzen.

In der Lernaufgabe zum Kontext der *Gilt die Gleichung für eine lange Spule auch für andere Spulen?* (Teilaufgabe 2) besteht die Aufgabe der Lernenden darin, die magnetische Flussdichte  $B$  in Abhängigkeit von der Stromstärke  $I$  zu messen. Hierbei wird von den Lernenden gefordert (**S4**), eine vorgegebene Messanordnung zu verstehen, aufzubauen und die Messung durchzuführen. Hierbei nutzen sie ihr experimentelles Wissen und Können. Dies ist ein Beispiel dafür, dass das Nutzen von einfachen experimentellen Prozeduren, die die Schüler\*innen wissen und können, in den Kompetenzbereich Sachkompetenz fällt.

Auch das Erklären der Funktionen der einzelnen Komponenten eines bekannten Schaltkreises (**S5**) gehört in den Kompetenzbereich Sachkompetenz. Dies illustriert die Teilaufgabe 1 der Lernaufgabe *Luftfeuchtigkeitssensor eA*. Diese Teilaufgabe zeigt, was mit dem Standard **S5** gemeint ist. Die Lernenden sollen also aufgrund ihrer Sachkompetenz in der Lage sein, einfache bzw. bekannte Experimentieraufbauten oder Messverfahren zu erläutern. Hierbei sollten den Lernenden alle Komponenten bekannt sein. Die Zusammensetzung der Komponenten kann aber variieren.

Dass einzelne Standards nicht immer getrennt voneinander in Lernaufgaben gelernt werden, zeigt die Lernaufgabe *Experimentelle Veranschaulichung des Induktionsgesetzes*. Diese Lernaufgabe ist als Gruppenarbeit mit bis zu 6 parallelen Gruppen organisiert. Jede Gruppe bearbeitet dabei eine Abhängigkeit der Induktionsspannung. Allen Gruppen ist gemein, dass sie in Teilaufgabe 1 ein vorgegebenes Experiment aufbauen (also s.o. **S4**) und die Messwerte eigenständig nach einem bekannten Auswerteverfahren analysieren (**S6**). Somit bestehen in dieser Aufgabe also Lerngelegenheiten für beide Standards. Genau genommen illustrieren die Teilaufgaben den zweiten Teil des Standards „wenden Auswerteverfahren auf Messergebnisse an“. Für den ersten Teil müssten die Lernenden noch erklären, warum sie die verschiedenen Auswerteverfahren anwenden.

Bei der Lernaufgabe *Blitzenergie – eine neue Energiequelle?* in Teilaufgabe 2 sollen die Lernenden mithilfe von Berechnungen die Kapazität und die Abmessungen eines Kondensators abschätzen. Hierbei wenden sie, wie in **S7** gefordert, bekannte mathematische Verfahren an, um dieses Problem zu lösen. In den Hilfen zu dieser Aufgabe ist angegeben, dass zuerst mit Hilfe der Gleichung  $W_{el} = 1/2 \cdot C \cdot U^2$  die Kapazität des Kondensators ermittelt werden soll. Aufbauend darauf soll der Plattenabstand des Kondensators mit Dielektrikum bestimmt werden. Daraufhin kann dann die erforderliche Fläche des Kondensators geschätzt werden. Die verwendeten Verfahren sind also üblicherweise bekannte Gleichungen aus dem Unterricht, die in dieser Aufgabe genutzt werden, um die Größe eines Kondensators zu bestimmen.

## 5 Literatur zum Weiterlesen

---

- ◆ DGP (2014). *Zur fachlichen und fachdidaktischen Ausbildung für das Lehramt Physik*. Eine Studie der Deutschen Physikalischen Gesellschaft e. V. Verfügbar unter: <https://www.dpg-physik.de/veroeffentlichungen/publikationen/studien-der-dpg/pix-studien/studien/lehramt-studie-2014.pdf> (Zugriff am 15.06.2020)
- ◆ KMK (2004, 16. Dezember). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. Beschlüsse der Kultusministerkonferenz. Verfügbar unter: [https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen\\_beschluesse/2004/2004\\_12\\_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf](https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf) (Zugriff am 15.06.2020)
- ◆ Tesch, M. & Duit, R. (2002). *Zur Rolle des Experiments im Physikanfangsunterricht*. Didaktik der Physik Frühjahrstagung Leipzig 2002. Verfügbar unter: [https://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/gemMat/ExpSem/exp\\_i\\_phunt\\_duit.pdf](https://www.uni-regensburg.de/physik/didaktik-physik/medien/VeranstMat/gemMat/ExpSem/exp_i_phunt_duit.pdf) (Zugriff am 15.06.2020)
- ◆ Feynman, R.; Leighton, R. & Sands, M. (1963). *The Feynman Lectures on Physics (Volume I)*. California Institute of Technology.
- ◆ Vorholzer, A. (2017). Lernaufgaben zu fachmethodischen Kompetenzen. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 70(2), S. 83 - 89.
- ◆ Frischknecht-Tobler, U. & Labudde, P. (2010). Beobachten und Experimentieren. In *Fachdidaktik Naturwissenschaft 1. - 9. Schuljahr*. Labudde, P. (Hg). Bern, Stuttgart, Wien: Haupt Verlag. S. 133 - 148. Verfügbar unter: [https://irf.fhnw.ch/bitstream/handle/11654/13635/Frischknecht\\_U\\_Labudde\\_P\\_Beobachten\\_und\\_Experimentieren\\_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://irf.fhnw.ch/bitstream/handle/11654/13635/Frischknecht_U_Labudde_P_Beobachten_und_Experimentieren_2010.pdf?sequence=1&isAllowed=y) (Zugriff am 15.06.2020)