

Erläuterung: Erkenntnisgewinnungskompetenz im Fach Physik

Bildungsstandards im Fach Physik für die den Mittleren Schulabschluss

**Erläuterungen verfasst von: Prof. Dr. Andreas Borowski und
Prof. Dr. Susanne Metzger (auf Grundlage des Erläuterungstextes Physik AHR)**

Die Erläuterungen beziehen sich auf die Bildungsstandards für das Fach Physik MSA (KMK, 2024) und wurden auf Grundlage des Erläuterungstextes zur Erkennungsgewinnungskompetenz im Fach Physik AHR (Borowski, Kauertz & Pospiech, 2020) erstellt. Entsprechend wurden Textpassagen – zum Teil wörtlich – aus diesen beiden Dokumenten übernommen, ohne kenntlich gemacht worden zu sein.

1 Einleitung

Die für den Mittleren Schulabschluss beschriebenen Kompetenzbereiche Sach-, Erkenntnisgewinnungs-, Kommunikations- und Bewertungskompetenz durchdringen einander und bilden insgesamt die Fachkompetenz im Fach Physik. Fachkompetenz zeigt sich in der Verbindung von Wissen und Können und wird durch den Umgang mit Inhalten aufgebaut. Die einzelnen Kompetenzbereiche erfordern ein großes Spektrum an Kenntnissen über Konzepte, Theorien, Modelle, Verfahren, Denk- und Arbeitsweisen, Fachsprache, fachtypische Darstellungen und Argumentationsstrukturen, fachliche wie überfachliche Perspektiven und Bewertungsverfahren.

Kompetenzen im Bereich Erkenntnisgewinnungskompetenz werden unter Einbezug von quer zu den Kompetenzbereichen liegenden Basiskonzepten und verbindlichen inhaltlichen Aspekten erworben, über welche die Lernenden zum Zeitpunkt des Erwerbs des Mittleren Schulabschlusses verfügen sollen.

2 Allgemeine Einführung

Kompetenzen im Bereich der Erkenntnisgewinnung gehören zum Kern naturwissenschaftlicher Bildung (z. B. Mayer, 2007). Sie haben als wissenschaftliche Denk- und Arbeitsweisen sowie als wissenschaftspropädeutisches Arbeiten eine lange Tradition im naturwissenschaftlichen Unterricht. Die Bildungsstandards für den Mittleren Schulabschluss definieren dafür einen eigenen Kompetenzbereich *Erkenntnisgewinnung*, der in den Bildungsstandards für die Allgemeine Hochschulreife für alle naturwissenschaftlichen Fächer fortgeführt und weiterentwickelt wird. Während die Kenntnisse über naturwissenschaftliche Fachinhalte und ihre Anwendung durch den Kompetenzbereich der Sachkompetenz beschrieben werden, umfasst der

Kompetenzbereich der Erkenntnisgewinnung vor allem Kompetenzen, die sich auf das Verständnis, die Nutzung und die Reflexion naturwissenschaftlicher Erkenntnisprozesse (wie z. B. das Experimentieren oder Modellieren) und das Wissenschaftsverständnis aus naturwissenschaftlicher Perspektive beziehen. Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich also in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen und in der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären und zu verknüpfen, um Erkenntnisprozesse nachvollziehen oder gestalten zu können und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren.

Typisch für naturwissenschaftliche Denkweisen ist das hypothetisch-deduktive Vorgehen bei der Durchführung von wissenschaftlichen Untersuchungen. Kennzeichnend ist dabei die deduktive Ableitung von Hypothesen aus Theorien sowie deren Stützung bzw. Falsifikation mittels empirischer (qualitativer oder quantitativer) Daten. Schritte des wissenschaftlichen Vorgehens sind z. B. die Formulierung von Fragestellungen und Hypothesen, die Planung und Durchführung von Untersuchungen sowie deren Auswertung und methodische Reflexion. Insbesondere bei der Ableitung von Hypothesen sowie der theoriebezogenen Deutung von Evidenzen und deren Generalisierung weisen wissenschaftliches Denken und Fachwissen eine enge Verzahnung auf.

Die Erkenntnisgewinnung ist also häufig an die praktische Durchführung von Experimenten zur Datengewinnung gebunden, entsprechend haben Experimente auch für den Unterricht einen hohen Stellenwert. Ein Modell ist dabei ein theoretisches Konstrukt, das als physikalische Beschreibung der untersuchten Situation dient. Im Unterricht spielen darüber hinaus auch materielle oder virtuelle Objekte eine Rolle, die ebenfalls als Modell bezeichnet werden und didaktische Hilfsmittel für die Kommunikation oder das Lernen sind. Sie entsprechen dem ausgewählten naturwissenschaftlichen Untersuchungsgegenstand in bestimmten Eigenschaften oder Relationen und werden häufig anstelle aufwändiger oder nicht durchführbarer experimenteller Untersuchungen für Erklärungs- und Demonstrationszwecke verwendet.

Auch wenn das hypothetisch-deduktive Schema das wissenschaftliche Ideal ist, folgt das Vorgehen in der Wissenschaft nicht immer diesem typischen Schema. Aber seine Kenntnis und sichere Anwendung ermöglichen es in der Folge auch, mögliche Abweichungen zu reflektieren. Die hier thematisierten drei Schritte

- ◆ Fragestellung/ Hypothesenbildung,
- ◆ Planung und Durchführung einer Untersuchung,
- ◆ Auswertung/ Interpretation der Ergebnisse

werden also nicht als der einzige Weg für naturwissenschaftliches Arbeiten verstanden, stellen aber dennoch einen typischen Weg dar, der auf viele naturwissenschaftliche Probleme – vor allem im schulischen Umfeld – anwendbar ist.

3 Konkretisierung der Kompetenzteilbereiche durch Standards

Physikalische Erkenntnisgewinnung ist zum einen bestimmt durch die theoretische Beschreibung der Natur, die mit der Bildung von Fachbegriffen und Modellen einhergeht. Modelle stellen gegenständliche, symbolische oder auch nur gedankliche Repräsentationen von Elementen der Wirklichkeit dar (z. B. Funktionsmodelle, Denkmodelle, mathematische Gleichungen und Zusammenhänge, Diagramme oder Simulationen). Modelle werden für einen bestimmten Zweck geschaffen oder verwendet wie beispielsweise, um Vorhersagen zu ermöglichen. Bei Modellen

bestehen Analogien zwischen bestimmten Elementen des Modells und Elementen der Realität. Zum anderen sind empirische Methoden, vor allem das Experimentieren, mit denen Gültigkeit und Relevanz der theoretischen Beschreibung abgesichert werden, grundlegend für physikalische Erkenntnisgewinnung. Zusätzlich kommt der Reflexion über physikalische Verfahren und Modelle sowie den Prozess der Erkenntnisgewinnung eine besondere Bedeutung zu (Upmeyer zu Belzen & Krüger, 2019; Winkelmann, 2019).

Entsprechend werden die zugehörigen Kompetenzen in den Standards in drei Teilbereichen weiter ausdifferenziert. Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnungskompetenz gliedert sich in drei Teilbereiche:

1. Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden,
2. Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen,
3. Ergebnisse interpretieren und Erkenntnisprozesse reflektieren.

Teilbereich E 1: „Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden“

Im Kompetenzteilbereich *Fragestellungen und Hypothesen auf Basis von Beobachtungen und Theorien bilden* geht es darum, physikalische Phänomene in verschiedenen Kontexten zu identifizieren, zu beschreiben und daraus entsprechende Fragestellungen und Hypothesen abzuleiten.

Die Lernenden ...

- E 1.1 beobachten und beschreiben physikalische Phänomene oder Sachverhalte;
- E 1.2 identifizieren und formulieren Fragestellungen zu physikalischen Sachverhalten;
- E 1.3 stellen Hypothesen zur Bearbeitung von Fragestellungen auf.

In einem ersten Schritt sollen Lernende die Physik nicht als isoliertes Fach wahrnehmen, sondern seine Bedeutung in der Gesellschaft und im täglichen Leben erkennen, indem sie physikalische Phänomene und Sachverhalte erkennen, diese beobachten und beschreiben (**E.1.1**). Dies ist der Ausgangspunkt, um entsprechende Fragestellungen zu formulieren (**E 1.2**). Dabei ist es wichtig, dass die Lernenden reflektieren, dass nicht alle Fragestellungen naturwissenschaftlich beantwortet werden können. In vielen Fällen können die Naturwissenschaften nur aus ihrer spezifischen Perspektive beispielsweise Daten zur Beurteilung eines Sachverhalts beitragen, während eine vollständige Würdigung weitere Perspektiven erfordert (siehe auch Kompetenzbereich Bewertung). Zur Bearbeitung physikalischer Fragestellungen ist es nützlich, zunächst Hypothesen aufzustellen (**E 1.3**). Idealerweise können diese mit den Lernenden bereits bekannten theoretischen Grundlagen begründet werden.

Teilbereich E 2: „Fachspezifische Modelle und Verfahren charakterisieren, auswählen und zur Untersuchung von Sachverhalten nutzen“

Die Physik nutzt verschiedene Verfahren der Erkenntnisgewinnung im Wechselspiel von Theorie und Experiment. Die Kompetenzen, die erforderlich sind, um diese Methodik einsetzen, reflektieren und beurteilen zu können, werden durch die folgenden Standards beschrieben.

Die Lernenden ...

- E 2.1 planen geeignete Experimente und Auswertungen zur Untersuchung physikalischer Fragestellungen, auch mithilfe digitaler Messwerterfassung und -auswertung;
- E 2.2 entwickeln einfache geeignete Modelle (z. B. Denkmodelle, grafische Darstellungen, mathematische Gleichungen), auch mithilfe digitaler Werkzeuge, wobei sie Hypothesen und experimentelle Erkenntnisse aufeinander beziehen.

In der Durchführung eigener Untersuchungen planen die Lernenden Experimente (**E 2.1**) und entwickeln eigene einfache Modelle (**E 2.2**), indem sie z. B. experimentell gewonnene Daten mit bekannten Gleichungen vergleichen und diese systematisch variieren. Die Nutzung ihnen bekannter Modelle oder die Durchführung von angeleiteten Experimenten gehören dabei zur Sachkompetenz.

Das experimentelle Vorgehen umfasst je nach Zielstellung (z. B. exploratives Vorgehen oder Hypothesenüberprüfung) qualitative oder quantitative Untersuchungen. Hierzu wählen die Lernenden auf der Basis ihrer Sachkompetenz Experimente und Untersuchungen aus, die der Hypothese respektive Fragestellung angemessen sind und die interpretierbaren Ergebnisse liefern. Das Planen schließt dabei auch eine sorgfältige Variablenkontrolle ein. Außerdem sind das sachgerechte Durchführen, das Protokollieren und das (gegebenenfalls digitale) Auswerten des experimentellen Vorgehens sowie der Abgleich mit den theoretischen Grundlagen wichtig.

Heutzutage spielen in der physikalischen Forschung digitale Werkzeuge, sei es für Simulationen oder für die Aufnahme, Darstellung und Auswertung experimenteller Daten, zunehmend eine zentrale Rolle. Dies soll sich in angemessener Weise auch im Physikunterricht spiegeln, in dem die Lernenden geeignete, schulgerechte Werkzeuge zur Modellbildung, Simulation und Datenerfassung kennenlernen, einsetzen und auch geeignet auswählen können (KMK, 2016).

Teilbereich E 3: „Ergebnisse interpretieren und Erkenntnisprozesse reflektieren“

Im dritten Kompetenzteilbereich geht es darum, Experimente auszuwerten, die Ergebnisse zu interpretieren sowie den Prozess zu reflektieren. Die entsprechenden Kompetenzen werden in den folgenden drei Standards abgebildet.

Die Lernenden...

- E 3.1 werten in Experimenten gewonnene oder recherchierte Daten auch mithilfe von digitalen Hilfsmitteln aus, identifizieren Zusammenhänge und erklären diese mithilfe bekannter Modelle (z. B. Denkmodelle, grafische Darstellungen, mathematische Gleichungen);
- E 3.2 differenzieren zwischen Beobachtung und Interpretation experimentell gewonnener Daten;
- E 3.3 interpretieren Messergebnisse unter Berücksichtigung von Messunsicherheiten und beschreiben Möglichkeiten zur Verbesserung des Messprozesses;

Nachdem Experimente durchgeführt und Daten erhoben (oder alternativ Daten recherchiert) wurden, gilt es, diese Daten auszuwerten und damit die Hypothesen zu verifizieren oder zu falsifizieren (**E 3.1**). Dafür werden in einem ersten Schritt die Daten auf Basis von Fragestellungen oder Hypothesen sinnvoll strukturiert, um darin Zusammenhänge erkennen zu können. Diese werden mit Hilfe von Modellen erklärt. Wichtig im Rahmen der Auswertung von experimentell gewonnenen Daten ist zudem, zwischen der Beobachtung und der Interpretation zu

unterscheiden (**E 3.2**). Um Messergebnisse zu interpretieren und Messprozesse zu verbessern, müssen Ursachen und Einflussgrößen von Messunsicherheiten identifiziert und systematische Messabweichungen erkannt werden (**E 3.3**). Dabei werden Vertrauensintervalle verwendet, die aus quantitativ abgeschätzten Messunsicherheiten abgeleitet werden. Diese Intervalle dienen als Kriterium, um Messwerte und Messergebnisse miteinander oder mit einem Referenzwert zu vergleichen.

4 Literatur zum Weiterlesen

- ◆ Borowski, A.; Kauertz, A. & Pospiech, G. (2020). *Erkenntnisgewinnungskompetenz im Fach Physik*. <https://www.iqb.hu-berlin.de/appsrc/taskpool/data/taskpools/getPool-File?id=p03^pf4630>
- ◆ Hellwig, J. & Heinicke, S. (2020). Messfehler - wann, warum und wie? Unterrichtsansätze und Werkzeuge für die Sekundarstufe I zur Auseinandersetzung mit Mess„fehlern“. *Naturwissenschaften im Unterricht Physik*, 177/178, 28ff.
- ◆ KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf
- ◆ KMK (2024). *Bildungsstandards im Fach Physik für den Mittleren Schulabschluss*. <https://www.kmk.org/themen/qualitaetssicherung-in-schulen/bildungsstandards.html>
- ◆ Mayer, J. (2007). Erkenntnisgewinnung als wissenschaftliches Problemlösen. In D. Krüger & H. Vogt (Hrsg.), *Theorien in der biologiedidaktischen Forschung: Ein Handbuch für Lehramtsstudenten und Doktoranden* (S. 177–186). Springer.
- ◆ Upmeyer zu Belzen, A. & Krüger, D. (2019) Modelle und Modellieren im Biologieunterricht: Ein Fall für Erkenntnisgewinnung. *Unterricht Chemie*, 171, 38–41.
- ◆ Winkelmann, J. (2019). *Idealisierungen und Modelle im Physikunterricht*. Didaktik der Physik – Beiträge zur DPG-Frühjahrstagung. <http://phydid.physik.fu-berlin.de/index.php/phydid-b/article/view/938/1065>