

Erläuterung: Erkenntnisgewinnungskompetenz im Fach Biologie

Bildungsstandards im Fach Biologie für die den Mittleren Schulabschluss

Erläuterungen überarbeitet von: Prof. Dr. Dirk Krüger und
Prof. Dr. Annette Upmeyer zu Belzen (auf der Grundlage des Erläuterungstextes AHR)

1 Allgemeine Einführung

Kompetenzen der Erkenntnisgewinnung haben im Sinne von praktischen Arbeitstechniken, wissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen bei der Untersuchung biologischer Phänomene sowie als wissenschaftspropädeutisches Arbeiten eine lange Tradition im naturwissenschaftlichen Unterricht.

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung umfasst methodische Kompetenzen, die sich auf das Verständnis, die Anwendung und die Reflexion naturwissenschaftlicher Denk- und Arbeitsweisen und das Wissenschaftsverständnis aus naturwissenschaftlicher Perspektive beziehen. Die Erkenntnisgewinnungskompetenz der Lernenden zeigt sich in der Kenntnis von naturwissenschaftlichen Denk- und Arbeitsweisen verbunden mit der Fähigkeit, diese zu beschreiben, zu erklären, für Erkenntnisprozesse zu nutzen und deren Möglichkeiten und Grenzen zu reflektieren (KMK, 2020).

Bei der Untersuchung naturwissenschaftlicher bzw. biologischer Phänomene werden fachgemäße Arbeitsweisen im Sinne des hypothetisch-deduktiven Vorgehens angewendet (Tab. 1). Die Arbeitsweisen umfassen das Beobachten zur Untersuchung von korrelativen (funktionalen) Zusammenhängen, das Experimentieren zur Untersuchung von kausalen Zusammenhängen (Ursache-Wirkungs-Beziehungen) und das Konstruieren und Anwenden von Modellen im Falle nicht zugänglicher und abstrakter Sachverhalte und Phänomene. Schritte des hypothetisch-deduktiven Vorgehens sind das Formulieren von Fragestellungen und Hypothesen, das Planen und Durchführen von Untersuchungen sowie das Auswerten, Interpretieren und das methodische Reflektieren. Sie werden auch als Denkweisen bezeichnet.

Die Arbeits- und Denkweisen sind an eine praktische Durchführung zur Gewinnung und Auswertung von Daten gebunden. Kennzeichnend ist dabei die Suche nach Erklärungen, der Rückbezug auf theoretische Grundlagen, die deduktive Ableitung von begründeten Hypothesen sowie ihre Widerlegung beziehungsweise Stützung durch empirische Befunde. Die Standards können variabel durch Basiskonzepte vernetzt und auf ausgewählte Inhalte aus den verbindlichen inhaltlichen Aspekten bezogen werden.

In Übereinstimmung mit der Strategie zur Bildung in der digitalen Welt (KMK, 2016) sollen Lernende bei der Umsetzung der Arbeits- und Denkweisen Kompetenzen zur Nutzung digitaler Werkzeuge aufbauen.

Tabelle 1: Naturwissenschaftliche Arbeitsweisen strukturiert nach Denkweisen.

	Arbeitsweisen			
Denkweisen	Beobachten	Vergleichen/ Ordnen	Experimentieren	Modellieren
Fragestellungen	Korrelative (funktionale) Zusammenhänge	Unterschiede und Gemeinsamkeiten	Kausale (Ursache-Wirkungs-) Zusammenhänge	Erklären und Voraussagen eines Phänomens
Hypothesen	Zusammenhangshypothesen	Unterschiedshypothesen zu Vergleichskriterien	Kausalhypothesen	Zusammenhangs-, Unterschieds- oder Kausalhypothesen
Planung und Durchführung	Kriteriengeleitetes Beobachten	Kriterienstetes Vergleichen	Kontrolliertes Experimentieren	Beobachten, Vergleichen/Ordnen oder Experimentieren
Auswertung, Deutung und Ergebnis	Merkmale und Prozesse	Objekte und Ordnungssysteme	Ursache und Wirkung	Bestmögliche Erklärung des Phänomens

Auf einer Metaebene werden Erkenntnisprozesse in Bezug auf ihre Aussagekraft reflektiert. Dabei werden Merkmale naturwissenschaftlicher Aussagen und Methoden charakterisiert und von nicht-naturwissenschaftlichen Aussagen und Methoden abgegrenzt.

Der Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnungskompetenz gliedert sich in fünf Teilbereiche:

1. Arbeitstechniken anwenden,
2. Kriteriengeleitet beobachten, kriterienstet vergleichen und ordnen,
3. Hypothesengeleitet experimentieren,
4. Erklärend und voraussagend modellieren,
5. Erkenntnisprozess reflektieren.

2 Konkretisierung der Kompetenzteilbereiche durch Standards

Ausgangspunkt von empirisch-naturwissenschaftlichen Untersuchungen in der Biologie ist die Wahrnehmung und Beschreibung einer Situation mit Problemcharakter in einem biologisch relevanten Kontext. Dabei werden biologische Phänomene mit **grundlegenden Arbeitstechniken** in Untersuchungen sachgerecht erschlossen.

Teilbereich 1: Arbeitstechniken anwenden

Die Lernenden...

- E 1.1 gehen mit Labormaterial und technischen Geräten sachgerecht unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen um;
- E 1.2 mikroskopieren sachgerecht unter Berücksichtigung der Sicherheitsbestimmungen;

- E 1.3 gehen mit Lebewesen artgerecht unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Schutzbestimmungen um;
- E 1.4 untersuchen biologische Objekte auch an außerschulischen Lernorten unter Berücksichtigung von Sicherheits- und Schutzbestimmungen.

Die Nutzung von Verfahren, Geräten und Techniken ist sicherheitsrelevant und hilft bei der Erfassung, Darstellung und Auswertung von Daten, wobei auch digitale Werkzeuge einzubeziehen sind (**E 1.1**). Eine besondere Arbeitstechnik der Biologie ist das Mikroskopieren zum Erschließen von Phänomenen im mikrobiellen und zellulären Bereich (**E 1.2**). Ein Spezifikum der Biologie ist der Umgang mit Lebewesen und natürlichen Objekten. Zu den Lebewesen, die in der Schule beobachtet und dafür auch gepflegt werden können, gehören Pflanzen, Tiere und Pilze. Das Pflegen von Lebewesen fördert eine fürsorgliche Verantwortungsübernahme und ist durch Sicherheits-, Tier- und Naturschutzbestimmungen sowie Hygienemaßnahmen geregelt (**E 1.3**). Sicherheits- und Schutzbestimmungen beim Untersuchen biologischer Objekte sind auch an außerschulischen Lernorten einzuhalten (**E 1.4**)

Beobachten bezeichnet eine systematische an theoretischen Kategorien orientierte Vorgehensweise bei der Untersuchung von Merkmalen an Objekten und **korrelativen Zusammenhängen** von Elementen eines Systems, ggf. unter zeitlicher und örtlicher Veränderung. Auch beim **Vergleichen und Ordnen** steht der Umgang mit Objekten im Vordergrund. Dabei werden zwei oder mehr Objekte in Bezug auf theoretische Kriterien gegenübergestellt, wobei sie in einem hierarchischen System angeordnet werden können. Die Anwendung von Bestimmungsschlüsseln führt zur Identifikation von Mitgliedern in einem Ordnungssystem (Tab. 1).

Teilbereich 2: Kategoriengeleitet beobachten, kriterienstet vergleichen und ordnen

Die Lernenden...

- E 2.1 beschreiben Phänomene durch kriteriengeleitetes Beobachten auch mit Bezügen zu Basiskonzepten;
- E 2.2 formulieren Fragestellungen mit Zusammenhangshypothesen für das Beobachten und mit Unterschiedshypothesen für das Vergleichen;
- E 2.3 planen und führen das Beobachten kriteriengeleitet, das Vergleichen und Ordnen kriterienstet auch unter Verwendung digitaler Werkzeuge durch;
- E 2.4 werten Daten aus dem Beobachten, Vergleichen und Ordnen aus und interpretieren die Ergebnisse kriterienbezogen.

Das Beobachten, Vergleichen und Ordnen kann im Klassenraum oder an außerschulischen Lernorten stattfinden, wobei jeder Lernort eigene Spezifika und damit Möglichkeiten für die Umsetzung von Untersuchungen mit sich bringt (**E 2.1**). Wie jede Arbeitsweise sind auch das Beobachten, Vergleichen und Ordnen bei der Umsetzung durch Denkweisen strukturiert. Idealtypisch beginnt der Prozess mit der Formulierung von Fragestellungen, die zum Beobachten bei Zusammenhangshypothesen (je ..., desto ...-Formulierungen) und zum Vergleichen bei Unterschiedshypothesen (Objekte gleichen oder unterscheiden sich in Bezug auf Kriterien) führen (**E 2.2**). Wissenschaftliches unterscheidet sich gegenüber lebensweltlichem Beobachten und Vergleichen durch die systematische und an Kriterien orientierte Planung und Durchführung von empirischen Untersuchungen (**E 2.3**). Diese münden in auswertbaren Daten, welche vor dem Hintergrund der Kriterien ausgewertet und interpretiert werden, wodurch die gewonnene Erkenntnis explizit wird (**E 2.4**).

Beim **Experimentieren** werden Ursache-Wirkungs-Beziehungen durch planmäßige und systematische Variation einer **unabhängigen Variablen** untersucht, wobei die Auswirkung dieser Änderung auf eine **abhängige Variable** dokumentiert und kausal interpretiert werden kann, sofern Störvariablen, die ebenso auf die abhängige Variable wirken können, dabei **kontrolliert** werden (Tab. 1).

Teilbereich 3: Hypothesengeleitet experimentieren

Die Lernenden...

- E 3.1 formulieren Fragestellungen und Hypothesen zu Ursache-Wirkungs-Beziehungen;
- E 3.2 planen und führen Experimente unter Beachtung der unabhängigen und der abhängigen Variablen sowie Kontrollen auch mit digitaler Messwerterfassung durch;
- E 3.3 widerlegen oder stützen Hypothesen durch Auswertung und Interpretation von experimentell erhobenen Daten auch mit Bezügen zu Basiskonzepten.

Idealtypisch beginnt der Prozess mit der Formulierung von Fragestellungen, die bei Ableitung von Kausalhypothesen (wenn ..., dann ...-Formulierungen) zum Experimentieren führen (**E 3.1**). Die durch Kontrollen geprägte Planung und Durchführung eines Experiments zu jeweils einer Hypothese misst die Wirkungen auf die abhängige Variable bezogen auf die Manipulationen der verursachenden unabhängigen Variable (**E 3.2**). Die Auswertung der auch digital erfassten Daten führt zu Ergebnissen, die kausal interpretiert werden können und auf die Hypothese zurückbezogen werden (**E 3.3**).

Biologische Phänomene regen Fragen an, zu denen auf vielfältige Weise Erklärungen gebildet werden können. Beim **Modellieren** wird beim Herstellen und Anwenden von Modellen ein zyklischer Untersuchungsprozess durchlaufen, durch den Phänomene erklärt und untersucht werden. Das intuitive erste Finden von **Erklärungen** basiert auf theoretischem Vorwissen, Vorstellungen und Kreativität und führt zur **Herstellung von Modellen**. Die zweckbezogene, hier an ein empirisches Forschen orientierte **Anwendung jeweils eines Modells** erfolgt mit der Ableitung von **Hypothesen aus dem Modell**, die wiederum fallweise mit den oben beschriebenen Arbeitsweisen empirisch untersucht werden können. Führt die Untersuchung zu Daten, mit denen die untersuchte Hypothese falsifiziert wird, beginnt der zyklische Prozess des Modellierens von neuem (Tab. 1). Der hier angesprochene Umgang mit Modellen weist das Modellieren als Forschungswerkzeuge aus, um bislang unbekannte Sachverhalte zu untersuchen.

Modelle werden auch als Medien zweckbezogen zum Lernen eingesetzt, dies zielt jedoch vorrangig auf den Erwerb von Fachwissen im Bereich der Sachkompetenz.

Teilbereich 4: „Erklärend und voraussagend modellieren“

Die Lernenden...

- E 4.1 modellieren mögliche Erklärungen für biologische Phänomene;
- E 4.2 prüfen aus Modellen abgeleitete Hypothesen mit qualitativen und quantitativen Daten auch mit digitalen Werkzeugen;
- E 4.3 beurteilen die Gültigkeit von Modellen für das Erklären und Voraussagen biologischer Phänomene auch mit Bezügen zu Basiskonzepten.

Das Entwickeln von Erklärungen für biologische Sachverhalte führt zur Herstellung verschiedener Modelle, wodurch Forschungsprozesse angeregt werden (**E 4.1**). Die modellierten Ideen zeigen sich in der Anwendung der Modelle durch die Ableitung von Hypothesen, die in empirischen Untersuchungen zu qualitativen und quantitativen, auch digital erfassten Daten führen (**E 4.2**). Beim Interpretieren der Daten im Modellierprozess wird die Belastbarkeit der Erklärungen und Voraussagen aus den Modellen hinterfragt (**E 4.3**).

Ein **Charakteristikum der Naturwissenschaften** ist das Reflektieren der Tragweiten und Grenzen der Denk- und Arbeitsweisen. Dies trägt zum Aufbau eines allgemeinen Verständnisses der Naturwissenschaften (*Nature of Science*) bei. Die Reflexion umfasst Prinzipien wie Falsifizierbarkeit, Reproduzierbarkeit, Widerspruchsfreiheit sowie Intersubjektivität und kulturelle, soziale sowie gesellschaftliche Einflüsse auf die naturwissenschaftliche Forschung. Dabei berücksichtigen auf Daten gestützte Aussagen in den Naturwissenschaften immer potenzielle **Fehlerquellen**, die durch die eingesetzten Messgeräte sowie die messenden Subjekte erfolgen können. In der Biologie kommt bei der Datengewinnung erschwerend die Variabilität der Untersuchungsobjekte, die oft lebende oder Teile von lebenden Objekten sind, hinzu. Neben dieser Unsicherheit im Sinne von Sicherheitsgefahren besitzt naturwissenschaftliche Erkenntnis auch Ungewissheit im Sinne begrenzter Erkenntnis, die sich teilweise durch weitere Forschung, zum Beispiel zur Validität von Daten, lösen lässt, beim Blick in die Vergangenheit (z. B. evolutive Prozesse) und beim Blick in die Zukunft (z. B. Menge der Treibhausgasemissionen) jedoch immer begrenzt und somit mit Ungewissheit behaftet bleiben wird.

Teilbereich 5: „Erkenntnisprozess reflektieren“

Die Lernenden...

- E 5.1 reflektieren Unterschiede zwischen Beschreibung und Interpretation;
- E 5.2 reflektieren das methodische Vorgehen im Erkenntnisprozess;
- E 5.3 reflektieren die Zuverlässigkeit von Ergebnissen unter Berücksichtigung von Fehlerquellen und Unsicherheit

Neben der Gewinnung und Beschreibung von Daten bei der Durchführung einer Untersuchung kommt der (statistischen) Auswertung und Deutung der Daten mit Bezug zur herangezogenen Theorie eine besondere Bedeutung zu. Die Trennung der vorgenommenen Beschreibung der Planung, der Durchführung und der Daten von der Auswertung und Deutung der Daten (Tab. 1) ist zentraler Bestandteil des naturwissenschaftlich objektivierenden Vorgehens (**E 5.1**). Da Individualität und Vielfalt inhärente Merkmale biologischer Untersuchungsobjekte sind und darauf bezogene Erkenntnisprozesse von Subjekten gestaltet werden, ist ein solches Vorgehen gemäß wissenschaftlicher Gütekriterien zu reflektieren (**E 5.2**). Dabei wird außerdem über die Zuverlässigkeit der Daten sowie mögliche Fehlerquellen reflektiert. Die Untersuchungsobjekte der Biologie bringen durch ihre genetische und verhaltensbiologische Variabilität spezifische Varianz in die Untersuchungen, die als Fehlerquellen im Sinne von Unsicherheit bei der Datenanalyse und im Sinne von Ungewissheit wegen fehlender Informationen berücksichtigt werden müssen. Es ist also ein wesentliches Kennzeichen naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, über Unsicherheit und Ungewissheit im Erkenntnisprozess zu reflektieren (**E 5.3**).

3 Literatur zum Weiterlesen

- ◆ Gut-Glanzmann, C. & Mayer, J. (2018). Experimentelle Kompetenz. In D. Krüger, I. Parchmann & H. Schecker (Hrsg.), *Theorien in der naturwissenschaftsdidaktischen Forschung* (S. 121–140). Springer.
- ◆ KMK (2020). *Bildungsstandards im Fach Biologie für die Allgemeine Hochschulreife*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlusse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Biologie.pdf
- ◆ KMK (2016). *Bildung in der digitalen Welt. Strategie der Kultusministerkonferenz*. https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschlusse/2018/Strategie_Bildung_in_der_digitalen_Welt_idF_vom_07.12.2017.pdf
- ◆ Lübke, B. & Heuckmann, B. (2024). Umgang mit Ungewissheit als Charakteristikum von *Nature of Science*. In B. Reinisch, D. Krüger & D. Mahler (Hrsg.), *Biologiedidaktische Nature of Science-Forschung: Zukunftsweisende Praxis*. Springer.
- ◆ Upmeier zu Belzen, A. & Krüger, D. (2023). Modellieren. In H. Gropengießer & U. Harms (Hrsg.), *Fachdidaktik Biologie* (S. 316–327). Aulis.