**Stufenmodelle für den**

**inklusiven Physikunterricht**

Einreichfassung vom 11.11.2024

Hier einfügen “Physik\_Logo\_Physik\_Schrift.jpg”

Eingereicht von:

Dr. Jochen Scheid

([scheid.j@rptu.de](mailto:scheid.j@rptu.de))

**Inhaltsverzeichnis**

1. Abkürzungsverzeichnis 2

2. Einleitung zu den Stufenmodellen Physik 3

3. REMI Fachwissen Stufenmodelle 5

3.1. REMI-Stufenmodell Teilbereich Fachwissen Physik: Mechanik 5

3.2. ReMi-Stufenmodell Teilbereich Fachwissen Physik: Elektrizität 6

4. Führerscheine für Kinder und Jugendliche 8

5. Exemplarischer Entwurf für das Lernen am gemeinsamen Gegenstand 10

6. Entwürfe für die Arbeit an Themen und Interessen der Kinder und Jugendlichen 10

7. Kommentierter Überblick über weitere Stufenmodelle in Physikdidaktik 14

8. Literaturverzeichnis 16

**Hinweis:** Dieses Dokument gehört zum gemeinsamen Dokument der NaWi-Fächer. Die entwickelten fachspezifischen Stufenmodelle für den inklusiven Physikunterricht basieren auf den Überlegungen und Ausarbeitungen, die in der Datei „Nawi\_2024\_final.docx“ vom ReMi-NaWi-Team zusammengetragen wurden.

1. Abkürzungsverzeichnis

b = basaler Zugang

e = elementarer Zugang

elektr. Strom = elektrischer Strom

ILZ = Inklusive Lernzugänge (beschreibt Stufen)

p = primarer Zugang

ReMi = Reckahner Modelle zur inklusiven Unterrichtsplanung

LuL = Lehrerinnen und Lehrer

s = sekundarer Zugang

SuS = Schülerinnen und Schüler

1. Einleitung zu den Stufenmodellen Physik

Hintergrund

Im inklusiven Unterricht wird die Verschiedenheit der Entwicklung von kognitiven und sozial-emotionalen Fähigkeiten bei Menschen beachtet (vgl. Pitsch, 2005). Bei der Umsetzung der Prinzipien von Inklusion wie Individualisierung, Differenzierung und Handlungsorientierung (Musenberg und Riegert, 2013) können Lehrende und Lernende unterstützt werden.

Das Fach Physik ist eine Naturwissenschaft, in der Vorgänge der Natur mit ihren Wechselwirkungen untersucht werden. Die wichtigsten Teilgebiete der Physik sind: Mechanik, Thermodynamik, Elektrodynamik, Optik, Kosmologie, Atomphysik, Festkörperphysik und Quantenphysik. Die letzten vier Teilgebiete erfordern viele Grundlagen, daher wurden sie hier nicht für die Stufenmodelle ausgewählt. Mechanik und Thermodynamik sowie Elektrodynamik und Optik sind grundlegend und stehen jeweils in recht engem Zusammenhang. Je eine Komponente aus diesen beiden Paaren wurde daher exemplarisch für die Stufenmodelle ausgewählt.

In der Physik haben Experimente eine bedeutsame und lange Tradition, da mit Ihnen die Fachwissenschaftler wichtige Erkenntnisse über die Natur gewonnen haben und dies auch noch tun. In der Schule können physikalische Phänomene erkundet und Erkenntnisse der Naturwissenschaft Physik vermittelt und nachvollzogen werden, z.B. als Frage an die Natur oder als Bestätigung von bereits gelernten und bekannten Gesetzen. Beim Experimentieren bieten manuelle Tätigkeiten und sinnliche Erfahrungen direkte Zugänge zum Erzeugen, Beobachten und Beschreiben von physikalischen Phänomenen. Lehrkräfte können Experimentiermaterialien unterschiedlicher Komplexität anbieten und Kinder und Jugendliche können auch selbst wählen, welche Experimente sie realisieren wollen (je nach Lernstand, nach Hermanns et al., 2018). Das Verständnis für die mit den Experimenten verbundenen Konzepte hängt auch von den kognitiven Kompetenzen der Lernenden ab (Scheid, 2013, Scheid et al., 2018, 2019). Lernende mit heterogenen kognitiven Voraussetzungen profitieren individuell verschieden vom Experimentieren. Auch wenn sie sich zum Beispiel im Bereich elementarer Zugänge bewegen, können sie nützliche Erfahrungen über das physikalische Verhalten, z.B. von aufeinanderprallenden Kugeln sammeln. Aus der physikalischen Realität werden nur Teile betrachtet, zu denen möglichst einfache Modelle behandelt werden. Die naturwissenschaftliche Modellbildung spielt in allen NAWI-Fächern eine Rolle. Sie wird im gemeinsamen NaWi-Text beschrieben, welcher einen Abschnitt zu „Modellbildung“ enthält: NaWi\_2024\_final.docx Kapitel „Führerscheine“. Modelle enthalten weniger Fakten als die Realität, welche sie abbilden. Dies ermöglicht das Arbeiten oftmals erst, da die Realität zu kompliziert ist, um sie als Ganzes zu beachten. Der Preis für diese Vereinfachung ist jedoch, dass Modelle nicht auf jede reale Situation passen, sondern nur in bestimmten Fällen. Dies wird als „Modellgrenze“ bezeichnet, deren Beachtung sehr wichtig ist.

In der Physik und so auch im Physikunterricht spielt die Arbeit mit Repräsentationen eine Rolle. Repräsentationen sind Abbildungen der Wirklichkeit, die in verschiedenen Formen auftreten können. Sie können symbolisch als Text oder mathematische Gleichung oder bildlich als realistische Abbildung (Foto, realistische Zeichnung) bzw. abstrakte Abbildung (z.B. Diagramm) verwendet werden. Bei der Arbeit mit Repräsentationen werden oft mehrere Repräsentationsformen miteinander verbunden: oft Text und Bild (vgl. Schnotz, 2005). Jede Repräsentation hat ihre spezifischen Vorteile. Allerdings müssen die Lernenden auch stets bestimmte Voraussetzungen erfüllen, um mit Repräsentationen arbeiten zu können. Zum Beispiel ist es wichtig, dass die Lernenden wissen, was die verwendeten Symbole in einer Repräsentation bedeuten oder wie man ein Diagramm zeichnet und deutet. Die Kompetenz, mit Repräsentationen gewinnbringend umgehen zu können, muss bei den Lernenden durch Übung entwickelt werden. Im grundlegenden Fall nutzt man bereits vorhandene Repräsentationskompetenz, in dem die Lernenden sich aus einem Angebot verschiedener Repräsentationen eine aussuchen, mit denen sie arbeiten können.

Da die Lernenden in inklusiven Gruppen in unterschiedlicher Ausprägung über die Voraussetzungen mit einer bestimmten Repräsentationsform zu arbeiten, verfügen, sollten nach dem Prinzip des Universal Design of Learning/Instruction (Burgstahler, 2018) Repräsentationen in unterschiedlicher Komplexität zur individuellen Auswahl angeboten werden, um allen Lernenden einen Zugang zu ermöglichen. Während Kinder mit elementaren und primaren Zugängen mit unterschiedlich komplexen Laborgeräten experimentieren können, wird das Lernen anhand von quantitativen Daten und Mathematisierungen vor allem im sekundaren Zugang zum Thema (Sach und Heinicke, 2019). Für weitere Theorien zur physikalischen Bildung wird auf die Veröffentlichungen des Netzwerks inklusiver naturwissenschaftlicher Unterricht verwiesen (NinU, o. J.). Eine empirisch geprüfte Strategie zur Entwicklung von Repräsentationskompetenz für tieferes Verständnis von naturwissenschaftlichen Inhalten für den sekundaren Zugang findet sich bei Scheid et al. (2019).

**Stufenmodelle Physik**

Die später in diesem Text dargestellten Stufenmodelle sollen im Bereich des differenzierten Unterrichtens von Physik hilfreich sein, welches auch Inklusion beinhalten kann: Es werden konkrete Hinweise gegeben, wie im Bereich der Physik mit Diversität in den Lernvoraussetzungen durch Differenzierung der Lerninhalte hinsichtlich basaler, elementarer, primarer und sekundarer Zugänge umgegangen werden kann. Damit sollen Lehrpersonen in der Praxis insbesondere bei der Leistungsdifferenzierung unterstützt werden.

In Lehrplänen der Länder werden zwar nützliche Differenzierungshinweise gegeben, aber in zu geringem Umfang. Wenn Minimalstandards angegeben werden, müssen sie für inklusive Lerngruppen weiter ausdifferenziert werden, um für die Arbeit mit allen Kindern zu genügen (vgl. Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur, 2014, S. 209f). Dies gilt vor allem für besonders heterogene Lerngruppen und in Bezug zu den elementaren und basalen Zugängen.

Es wird auch erwähnt, dass Vereinbarungen zur gestuften Kompetenzentwicklung in den Fachschaften getroffen werden sollen (Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur, 2014, S. 9 und S. 12). Um für die Fachkonferenzen vorzuarbeiten und den Lehrenden im Alltag zur Seite zu stehen, zeigen die Stufenmodelle Physik Differenzierungsmöglichkeiten für essenzielle Kompetenzen auf.

Die Stufenmodelle im nächsten Kapitel zu den Teilbereichen Mechanik und Elektrizität bieten drei Spalten, in denen jede Stufe in Erwachsenensprache und in Kindersprache formuliert wird. Den einzelnen Stufen werden pädagogische Angebote zugeordnet, die dem Erreichen der nächsten Stufe dienen. Das Stufenmodell dient dazu, festzustellen, was ein Kind schon kann und welches pädagogische Angebot es jetzt braucht, um weiter zu lernen. Es ist als Hilfe für Fachlehrer und fachfremde Lehrer gedacht und auch die Kinder selbst können ihre erreichte Kompetenz durch das Lesen des Teils in Kindersprache selbst einordnen. Stufenmodelle können wegen des großen Umfangs an fachlichen Inhalten im Lehrplan hier exemplarisch für einzelne Themengebiete erstellt werden und haben keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Das lineare Lernmodell „ReMi-Physik“ orientiert sich hauptsächlich an der Kompetenzdimension „mit Fachwissen umgehen“. Diese Kompetenzen sind in der linken Spalte der fachlichen Modelle Mechanik und Elektrizität genannt.

Die Teilbereiche Kommunizieren und Bewerten werden in den beiden fachlichen Stufenmodellen Physik Mechanik (Physik\_Teilbereich Mechanik\_2024.xlsx) und Elektrizität (Physik\_Teilbereich Elektrizität\_2024.xlsx) und im gemeinsamen NaWi Dokument mit Chemie und Biologie (NaWi\_final\_2024.docx, siehe dortigen Abschnitt „Erkenntnisgewinnungsmodell“) z.T. mitbehandelt.

Unter Kommunizieren versteht man, adressatengerecht Informationen sach- und fachbezogen auszutauschen (z.B. Experimentalergebnisse). Auch beispielsweise eine angemessenen Sprech- und Schreibfähigkeit in Alltags- und Fachsprache, und das Verstehen von Fachtexten, Abbildungen und Diagrammen zählt hierzu (vgl. KMK 2004). „Bewerten“ bezieht sich nach KMK (2004) auf physikalisch-technische und gesellschaftliche Entscheidungen verschiedener Kontexte und schließt das Erkennen dieser ein. Hierbei sollen naturwissenschaftliche Denkmethoden und Erkenntnisse zur Erläuterung und zum Verständnis herangezogen werden (vgl. ebenda, S 10). Unter Erkenntnisgewinnung fällt das Einüben von wissenschaftlichen Denkweisen wie dem Stellen von Fragen, Gewinnung von Hypothesen, Durchführung von Experimenten und Sammeln und Auswertung von Daten (Labudde & Metzger, 2019).

Die Stufenmodelle ReMi Physik sollen exemplarisch einen Beitrag zur Realisierung von inklusivem Unterricht leisten. Dies gilt vor allem für das individuelle Lernen in Freiarbeit und Lernbüroarbeit. Sie bieten, wie im allgemeinen einführenden Text des ReMi Projekts beschrieben, eine Diagnostik- und eine Differenzierungshilfe. Für das das Arbeiten am gemeinsamen Gegenstand gibt es in diesem Text einen ergänzenden Abschnitt „Exemplarische Anleitung für das Lernen am gemeinsamen Gegenstand“. Ebenso enthält der Text eine Ergänzung „Exemplarische Anleitung für die Arbeit an frei wählbaren Themen der Kinder/Jugendlichen“.

1. REMI Fachwissen Stufenmodelle

Zu zwei der essenziellen Themen der physikalischen Bildung werden im Folgenden exemplarische Stufenmodelle entwickelt: zu Mechanik und zu Elektrik.

# **REMI-Stufenmodell Teilbereich Fachwissen Physik: Mechanik**

Die ILZ-Stufen (Stufen der Inklusiven Lernzugänge) des folgenden Modells sind im allgemeinen Teil der Remi Stufenmodelle detailliert erklärt (siehe NaWi\_2024\_final.docx).

Folgende ILZ-Stufen gibt es:

1. basal-perzeptiv
2. unkonkret-gegenständlich
3. konkret-gegenständlich
4. anschaulich
5. grob überblickend
6. abstrakt/komplex/exakt

6a einzelne Fakten verstehen und wiedergeben

6b Prozesse verstehen und wiedergeben

6c Zusammenhänge erkennen und erklären

6d eigene Konzepte entwickeln

6e entwickelte Konzepte und Modellvorstellungen kritisch hinterfragen und auf neue Sachverhalte anwenden —> Selbstständiges Lösen von Problemen

6f unbekannte Sachverhalte argumentativ bewerten, Handlungsempfehlungen ableiten und umsetzen

Ab Stufe 3 enthalten die folgenden Tabellen die ILZ-Stufen die Markierungen „(I)“ und „(II)“. Diese dienen dem leichteren Wiederfinden von zusammengehörigen Themenkomplexen über die Stufen hinweg. „(II)” setzt ab Stufe 3 ein, da eine Basis dafür gelegt werden muss.

(I): Themenkomplex I

(II): Themenkomplex II

Die Basiskonzepte Wechselwirkung (wenn Körper aufeinander einwirken, kann eine Verformung oder eine Änderung der Bewegungszustände der Körper auftreten), System (stabile Zustände sind Systeme im Gleichgewicht, Kräftegleichgewicht) und Energie (die Gesamtheit der Energien

bleibt konstant) fließen hier ein (KMK, 2004). Materie fließt in anderen Stufenmodellen ein (Elektrizität, Physik\_Teilbereich Elektrizität\_2024.xlsx, siehe auch ReMi-Stufenmodelle Fachwissen Chemie, Chemie\_final\_2024.docx).

Zum Erreichen des Hauptschulabschlusses / Berufsreife müssen die Kompetenzen der Stufen 1-6d erreicht sein, bei Stufen 6e und 6f können folgende Abstriche gemacht werden: Hier ist der Themenkomplex (II) nicht für Hauptschulabschluss / Berufsreife vorgesehen. Höhere Abschlüsse unterscheiden sich davon durch tiefere und detailliertere Bearbeitungen der Themen, mehr Transfer und höhere Mathematisierung.

Hier gelangen Sie zum ReMi-Stufenmodell Fachwissen Physik Teilbereich Mechanik (Physik\_Teilbereich Mechanik.xls)

# **ReMi-Stufenmodell Teilbereich Fachwissen Physik: Elektrizität**

Die ILZ-Stufen (Stufen der Inklusiven Lernzugänge) des folgenden Modells sind im allgemeinen Teil der ReMi-Stufenmodelle detailliert erklärt (siehe Datei NaWi\_2024\_final.docx).

Folgende ILZ-Stufen gibt es:

1. basal-perzeptiv
2. unkonkret-gegenständlich
3. konkret-gegenständlich
4. anschaulich
5. grob überblickend
6. abstrakt/komplex/exakt

6a einzelne Fakten verstehen und wiedergeben

6b Prozesse verstehen und wiedergeben

6c Zusammenhänge erkennen und erklären

6d eigene Konzepte entwickeln

6e entwickelte Konzepte und Modellvorstellungen kritisch hinterfragen und auf neue Sachverhalte anwenden —> Selbstständiges Lösen von Problemen

6f unbekannte Sachverhalte argumentativ bewerten, Handlungsempfehlungen ableiten und umsetzen

Ab Stufe 3 enthalten in den folgenden Tabellen die ILZ-Stufen die Markierungen „(I)“ und „(II)“. Diese dienen dem leichteren Wiederfinden von zusammengehörigen Themenkomplexen über die Stufen hinweg. „(II)” setzt ab Stufe 3 ein, da eine Basis dafür gelegt werden muss.

(I): Themenkomplex I

(II): Themenkomplex II

Teile der Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung und Energie fließen hier ein (Beschlüsse der Kultusministerkonferenz, 2004; siehe auch ReMi-Stufenmodell Fachwissen Chemie, Chemie\_final\_2024.docx).

Zum Erreichen des Hauptschulabschlusses / Berufsreife müssen die Kompetenzen der Stufen 1-6d erreicht sein, bei Stufen 6e und 6f können folgende Abstriche gemacht werden: Hier ist der Themenkomplex (II) nicht für Hauptschulabschluss / Berufsreife vorgesehen. Höhere Abschlüsse unterscheiden sich davon durch tiefere und detailliertere Bearbeitungen der Themen, mehr Transfer und höhere Mathematisierung.

Hier gelangen Sie zum ReMi-Stufenmodell Teilbereich Fachwissen Physik\_Teilbereich Elektrizität.xls.

1. Führerscheine für Kinder und Jugendliche

Zur Vorbereitung auf das Experimentieren mit vorgegebenen Experimenten mit vorgegebener Anleitung kann mit den Lernenden der folgende „Führerschein“ erarbeitet werden. Es gibt dabei nacheinander zu durchlaufende Schritte, welche mit Buchstaben bezeichnet sind. Diese Schritte sind eine Art “Schritt-für-Schritt-Anleitung”, unterscheiden sich von den Stufen der Stufenmodelle und orientieren sich auch nicht zwangsläufig daran. Es geht mehr um das Erlernen einer naturwissenschaftlichen Arbeitsweise: Ein späterer Schritt muss dabei nicht anspruchsvoller sein als ein vorangegangener. Daher sind die Schritte mit Buchstaben bezeichnet und nicht mit Nummern wie bei den ILZNAWI-Modellen.

Nach der Arbeit mit dem Experimentierführerschein können die Lernenden schon nach Durchlaufen einiger der darin enthaltenen Schritte eine gewisse Teilselbstständigkeit beim Experimentieren bzw. der Vorbereitung haben.

**Führerschein „Vorgegebene Experimente aufbauen und durchführen“**

Version für die Lehrerenden:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Formulierungshilfen für Erwachsenensprache** | **Formulierungshilfen für Kindersprache**  **„Ich kann ...“** | **Pädagogische Angebote zur Stabilisierung und Weiterentwicklung** |
| **A** | Die SuS können aus einer bebilderten Experimentieranleitung entnehmen, wie Experimentiergegen-stände zueinander angeordnet werden sollen und wie das Experiment durchgeführt werden soll.  Sie wissen, dass das Experiment vor Durchführung von einem Experten abgenommen werden muss.  Sie können beobachten, was im Experiment geschieht. | Ich kann mit einer Anleitung mit Bildern ein Experiment aufbauen.  Ich weiß, dass ein Experte dann das Experiment anschaut und ich erst nach der Erlaubnis experimentieren darf.  Ich kann nach einer Anleitung mit Bildern ein Experiment durchführen.  Ich kann beobachten, was passiert. | Hilfestellungen geben, dass die SuS selbst die Anleitung in kleine Abschnitte unterteilen und überprüfen, ob jedes Bauteil genau so angeordnet ist wie auf der Anleitung.  Nachdem es aufgebaut ist, soll genau geschaut werden, wie das Experiment durchgeführt wird.  Auf Sicherheitsbestimmungen hinweisen.  Bilder zur Durchführung in die richtige Reihenfolge bringen lassen. |
| **B** | Die SuS können die Beobachtung des Experiments zeichnerisch festhalten.  Dies kann auch durch Auswahl der richtigen Beobachtung auf einem vorgegebenen Blatt geschehen. | Ich kann aufmalen, was bei dem Experiment passiert ist.  Oder ich kann ankreuzen, was bei dem Experiment passiert ist. | Ermuntern, auf einem vorgegebenen Blatt zu zeigen oder anzukreuzen, was bei einem Experiment passiert ist.  Ermuntern, in einer einfachen Zeichnung festzuhalten, was bei einem Experiment passiert ist.  Evtl. als Hilfestellung verschiedene Ausgänge zeichnen, und die SuS ergänzen lassen. |
| **C** | Die SuS können beschreiben, wie das Experiment aufgebaut werden soll und funktionieren soll, wenn sie eine bebilderte Experimentieranleitung vorliegen haben.  Sie können nach der Durchführung des Experiments die  Beobachtung beschreiben. | Mit einer Anleitung mit Bildern kann ich folgendes machen:  Ich kann sagen, wie das Experiment aufgebaut wird.  Ich kann sagen, wie das Experiment funktionieren soll.  Nach dem Experiment:  Ich kann sagen, was bei dem Experiment passiert ist. | Anregungen geben, damit SuS beginnen in eigenen Worten zu formulieren. Fehler in den Beschreibungen zulassen. Wenn viele Fehler vorgekommen sind, nach mehrmaliger Durchführung des Experiments nochmal beschreiben lassen, wie das Experiment aufgebaut wird und was gemacht werden soll.  Spiele zu Benennung von Geräten (Domino, Trimino, Memory, Bingo). |
| **D** | Die SuS können Beobachtungen nach vorgegebenen oder (später) selbst gewählten Schemata / Methoden auswerten | Wenn ich das Experiment beobachtet habe, kann ich sagen, was das Ergebnis des Experimentes ist. | Als Hilfe kann man auf relevante Teile der Beobachtung hinweisen, um den Blick zu schärfen.  Hilfestellungen für die Methoden in der Auswertung  Verweis auf Frage und Hypothese / Vermutung  “Scaffolding“? |
| **E** | Die SuS können das Ergebnis diskutieren. Sie berücksichtigen dabei, wie gut das Experiment funktioniert hat (ist es wiederholbar, passiert immer das gleiche?) und ob die Ergebnisse verallgemeinerbar sind (ist das Experiment speziell oder kommen solche Dinge in der Weise noch in anderen Kontexten vor?) | Ich kann erzählen,  ob das Experiment gut funktioniert hat oder nicht. Ich kann sagen, ob immer das Gleiche passiert.  Ich kann erzählen, ob Dinge aus dem Experiment im Alltag vorkommen und sich vermutlich auch so verhalten. | Besprechung versch. Beispiele guter und verbesserungswürdiger Untersuchungen, Erarbeitung von Kriterien für gute wissenschaftliche Arbeit  Beurteilung nach vorgegebenen Kriterien und später nach selbstgewählten Kriterien |
| **F** | Die SuS optimieren die Planung, Durchführung und Auswertung des Experimentes. | Ich kann sagen, wie man das Experiment verbessern kann. | Als Hilfe kann man genannte Dinge von SuS einzeln aufgreifen und sie fragen, ob man hier etwas geschickter machen könnte. Dies kann auch während des Experimentierens geschehen. Durch praktische Wiederholung und Übung kann sich Manches zunächst ohne Versprachlichung optimieren. Dies kann man je nach Möglichkeit beschreiben lassen. |

Version für die Lernenden:

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Schritte des Experimentierens (vorgegebene Experimente)** | Das kann ich mit Hilfe | Das kann ich allein |
| **A** | Ich kann mit einer Anleitung mit Bildern ein Experiment aufbauen.  Ich weiß, dass ein Experte dann das Experiment anschaut und ich erst nach der Erlaubnis experimentieren darf.  Ich kann nach einer Anleitung mit Bildern ein Experiment durchführen.  Ich kann beobachten, was passiert. |  |  |
| **B** | Ich kann aufmalen, was bei dem Experiment passiert ist.  Oder ich kann ankreuzen, was bei dem Experiment passiert ist. |  |  |
| **C** | Mit einer Anleitung mit Bildern kann ich folgendes machen:  Ich kann sagen, wie das Experiment aufgebaut wird.  Ich kann sagen, wie das Experiment funktionieren soll.  Nach dem Experiment:  Ich kann sagen, was bei dem Experiment passiert ist. |  |  |
| **D** | Wenn ich das Experiment beobachtet habe, kann ich sagen, was das Ergebnis des Experimentes ist. |  |  |
| **E** | Ich kann erzählen, ob das Experiment gut funktioniert hat oder nicht. Ich kann sagen, ob immer das Gleiche passiert.  Ich kann erzählen, ob Dinge aus dem Experiment im Alltag vorkommen und sich vermutlich auch so verhalten. |  |  |
| **F** | Ich kann sagen, wie man das Experiment verbessern kann. |  |  |

Weitere Führerscheine finden Sie in der zusammengefassten Datei „NaWi\_2024\_final.docx“ für Biologie, Chemie und Physik:

* Forschungs-Führerschein“: Naturwissenschaftliches Denken als Prinzip der Erkenntnisgewinnung
* „Experimentier-Führerschein A“: Vorgegebene Experimente aufbauen, durchführen und auswerten als naturwissenschaftliche Arbeitsweise
* „Experimentier-Führerschein B“: Experimente selbst entwickeln, durchführen und auswerten als naturwissenschaftliche Arbeitsweise
* “Modelle-Führerschein“: Entwickeln von Modellen

1. Exemplarischer Entwurf für das Lernen am gemeinsamen Gegenstand

Hier gelangen Sie zu der Datei „Physik\_Teilbereich Exemplarischer Entwurf für das Arbeiten am gemeinsamen Gegenstand.pdf“. Sie enthält einen differenzierenden Unterrichtsentwurf zum Thema „Schwingungsdauern von Schaukeln“ bzw. physikalischer formuliert, „Schwingungsdauer eines Fadenpendels“.

Im Allgemeinen können im gemeinsamen NaWi-Text für Biologie, Chemie und Physik weitere hilfreiche Informationen zum Thema nachgelesen werden: NaWi\_2024\_final.docx Kapitel „Entwürfe für das Lernen am gemeinsamen Gegenstand.

1. Entwürfe für die Arbeit an Themen und Interessen der Kinder und Jugendlichen

**Auswahl des frei wählbaren Themas**

Die Physik Stufenmodelle stellen exemplarisch vor, wie Themen differenziert werden können. Manchmal haben Lernende schon eine eigene Idee, welches Thema sie bearbeiten wollen. Dieses ist nicht immer auch in einem schon fertig ausgearbeiteten Stufenmodell enthalten. Wenn das Thema nicht enthalten ist, müssten Lehrende und / oder Lernende selbst Pläne schmieden, wie sie sich mit dem Thema produktiv auseinandersetzen können. Lehrkräften kommt dann die Aufgabe zu, Lernende bei der Informations- und Materialbeschaffung und bei den Planungen zu begleiten und Hilfestellung zu geben. Nach den Planungen können Kinder an ihrem Thema in den passenden Schritten an ihrem gewählten Thema arbeiten. Die Arbeit am frei gewählten Thema kann dann zum Beispiel mit einem schriftlichen oder bildlichen Bericht oder mit einer Präsentation für die Lerngruppe oder eine größere Zuhörergruppe abgeschlossen werden. Im gemeinsamen NaWi-Text für die Fächer Biologie, Chemie und Physik können weitere hilfreiche Methoden-Ideen nachgelesen werden: NaWi\_2024\_final.docx

Oft haben Lernende aber selbständig noch keine Idee gefunden: Um sie Themen frei wählen zu lassen, kann es nötig sein, Ihnen Auswahlmöglichkeiten zu bieten. Dies kann beispielsweise durch Nutzung folgender Quellen geschehen:

* Es gibt viele schriftliche Quellen von Ideen für Themen der Physik, beispielsweise folgende für den sekundaren und primaren Zugang, bei der sich die Lernenden ein Thema aussuchen können und eine Lehrkraft bei der Materialbereitstellung und dem Experimentieren und Auswerten unterstützt:
  + Umfassend für Themen der Sekundarstufe: <https://www.leifiphysik.de/>
  + Arbeitsmaterial zu „Hebeln“ mit elementarem Zugang findet sich auf S. 116-120 der Dissertation von Frau Ebel (2020, hierzu gibt es auch Verständnistests, S. 238ff). Es geht um Zangen, welche die kraftverstärkenden Eigenschaften von Hebeln (z.B. Zange) nutzen und die Gleichgewichtsfunktion (z.B. Balkenwaage). Zum Einstieg ist es nötig, dem Kind mit den im Material dargestellten Texten eine Einführung in den Versuch zu geben. Danach können Kinder mit Lesefähigkeit und -verständnis selbstständig weiterarbeiten. Im anderen Fall wird eine Person als Ansprechpartner und Helfender benötigt.
  + Anleitungen zu Magnetismus findet man bei Kolvenbach (2022) oder Kraft (2014, Lernwerkstatt). Inklusive Stationen zur Freiarbeit oder auch zum arbeitsteiligen Einsatz mit mehreren Lernenden sind bei Schub (2016) dargestellt. Bitte darauf achten, dass keine Magnete verschluckt werden. Beim Verschlucken können Magnete den Darm schwer verletzen, daher lebensgefährlich sein und eine rasche Behandlung notwendig machen. Neodym-Magnete („Supermagnete“) sind besonders risikoreich und deshalb zu vermeiden. Nur große Magnete verwenden, die nicht verschluckt werden können und nicht zu stark sind.
  + Zu Strom, Magnetismus, Licht und Schall gibt es differenzierende Materialien von Rex (2018).
  + Ein Set von Arbeitsblättern zu Licht und Sehen, Schall und Hören, Kräfte im Alltag, Wärme und Wetter, Magnetismus, elektrischem Strom haben Krämer und Nessler (2015) zusammengestellt.
  + Das bildungsstufenübergreifende Spiralcurriculum der Telekom Stiftung enthält viele Materialien über Magnetismus, Schwimmen und Sinken sowie Kräfte und Kräftegleichgewicht (<https://www.telekom-stiftung.de/minteinander-materialien>). Es hat sich zur Aufgabe gemacht möglichst allen Kindern MINT Kompetenzen zu vermitteln. Dabei handelt es sich um eine Materialsammlung und didaktische Begleithandreichung.
    - Steffensky, M. und Hardy, I. (2020). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. 3. Auflage. Friedrich Verlag. (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Magnetismus-Elementar.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - Möller, K., Bohrmann, M., Hirschmann, A., Wilke, T., Wyssen, H.-P. (2020). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. 3. Auflage 2020 Friedrich Verlag. (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Magnetismus-Primar.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - v. Aufschnaiter, C., Wodzinski, R. (2020). Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 3: Sekundarbereich. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Magnetismus: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 7. Klasse. 3. Auflage 2020 Friedrich Verlag (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Magnetismus-Sekundar.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - Hardy, I., Steffensky, M., Leuchter, M., Saalbach, H. (2017). Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse. 1. Auflage. Friedrich Verlag (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/SchwimmenSinken-Elementar-Handreichung.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - Möller, K., Hans-Peter Wyssen (2017). Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich Ergänzungs-Handbuch. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Schwimmen und Sinken: Naturwissenschaftlich arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse. 1. Auflage 2017 (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/SchwimmenSinken-Primar-Handreichung.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - Rösch, S., Stübi, C., Labudde, P. (2017) <https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/SchwimmenSinken-Sekundar-Arbeitsblaetter_0.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - Leuchter, M., Ape, M., Hardy, I., Steffensky, M. (2021). Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Band 1: Elementarbereich. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse. 1. Auflage 2021. Friedrich Verlag. (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Mechanik-Elementar-Handreichung.pdf>, Stand 21.01.2023).
    - Möller, K., Bohrmann, M., Wyssen, H.-P., Klein, A., Wilke, T. (2021). Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Band 2: Primarbereich. In K. Möller (Hrsg.) Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse. 1. Auflage. Friedrich Verlag. (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Mechanik-Primar-Handreichung.pdf>, Stand 21.01.2023)
    - Rösch, S., Labudde, P. (2021). Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen, Band 3: Sekundarbereich. In Möller, K. (Hrsg.) Spiralcurriculum Kräfte und Gleichgewicht: Naturwissenschaftlich und technisch arbeiten und denken lernen. Ein Curriculum vom Kindergarten bis zur 8. Klasse. 1. Auflage. Friedrich Verlag. (<https://www.telekom-stiftung.de/sites/default/files/files/Mechanik-Sekundar-Handreichung.pdf>, Stand 21.01.2023)
* Folgende Web-Seite gibt einen Überblick über eine Vielzahl von Physik-Lernangeboten: <https://bildungsserver.berlin-brandenburg.de/physik-unterrichtsmaterial/>
* Es stehen einige Experimentierkästen für Physik auf dem freien Markt zur Verfügung. Diese sind dafür gedacht, dass sich Kinder nach eigenem Interesse Themen auswählen und dann bearbeiten. Die Kästen enthalten Anleitungen zu den bereitgestellten Experimenten:

<https://experimentierkasten-test.de/erlebe-physik-experimentierkaesten-fuer-gross-und-klein/>

<https://www.experimentiershop.de/Physik>; <https://vaterzeiten.de/spielzeugwelt/experimentierkasten/>

* Es gibt mehrere Quellen von Freihandexperimenten für alle Lernniveaus (z.B. <https://www.experimentis.de/experimente-index/>). Hier kann sich die Lehrperson ein zur Lerngruppe passendes Experiment heraussuchen. Die Anleitung enthält Angaben zur Vorgehensweise und dem Material und liefert auch eine Erklärung zum jeweiligen Experiment. Andere Sammlungen von Experimentiermaterial finden Sie im Stufenmodell zu NaWi: NaWi\_2024\_final.docx, Kapitel: Themen und Interessen der Kinder
* Es gibt auch ein Unterstützungsraster für die Vorbereitung inklusiven Naturwissenschaftsunterrichts, das jedoch eher für einzelne Stunden geeignet ist. Hieraus können sich Lehrende aus einem der vorhandenen Stufenmodelle Unterrichtsstunden ableiten (NiNu, <https://www.cinc.uni-hannover.de/fileadmin/cinc/Veroeffentlichungen_des_Netzwerkes/20211117_NinU-Unterstuetzungsraster.pdf>). Dazu werden umfangreiche Hilfestellungen angeboten (<https://www.cinc.uni-hannover.de/fileadmin/cinc/Veroeffentlichungen_des_Netzwerkes/Hilfestellungen_mit_CC_BY_SA.docx>, jeweils Stand 21.01.2023).

Es enthält auf einer Achse die Punkte „Diversität anerkennen, Barrieren erkennen, Partizipation“ ermöglichen, auf der anderen Achse die Punkte „sich mit naturwissenschaftlichen Kontexten auseinandersetzen, naturwissenschaftliche Inhalte lernen, naturwissenschaftliche Erkenntnisgewinnung betreiben und über Naturwissenschaften lernen“.

Vor allem Experimentierkästen bieten viele Stunden z.T. aufeinander aufbauende physikalische Arbeit und sinnvolle Lernmöglichkeiten. Der Vorteil ist, dass das benötigte Material schon mitgeliefert wird. Es muss allerdings darauf geachtet werden, dass nichts verloren geht. Einzelteile können nicht so einfach wiederbeschafft werden. Experimente aus Alltagsmaterialien haben u.a. den Vorteil, dass man sie als Hausaufgabe aufgeben kann oder dass alle Kinder ein eigenes Experiment durchführen können und nicht mit mehreren am Experiment arbeiten (was beides Vor- und Nachteile hat).

**Bearbeitung des frei gewählten Themas**

Haben sich die Lernenden ein Thema ausgewählt, nehmen Sie das vom Lehrenden bereitgestellte Lernmaterial mit zum Arbeitsplatz und beginnen mit der Vorbereitung. Wenn kein Material bereitgestellt wurde, muss je nach kognitiver Entwicklungsstufe mit den Lernenden überlegt werden, welche Materialien benötigt werden. Diese können je nach Selbstständigkeit der Lernenden selbst besorgt werden oder durch die Lehrkräfte für die nächste Unterrichtsstunde. Differenzierung ist z.B. in Form einer Lerntheke möglich. Hier werden Materialien zu den ausgewählten Themen in verschiedenen Differenzierungsstufen im Lernraum bereitgestellt und die Lernenden können sich selbst etwas Passendes und für sie Interessantes heraussuchen.

Wenn ein Experiment durchgeführt werden soll, ist es hilfreich, die Lernenden den Führerschein „vorgegebene Experimente aufbauen und durchführen“ absolvieren zu lassen (siehe „Experimentier-Führerschein“ in Kapitel 4 dieses Dokuments oder im gemeinsamen NaWi Dokument für die Fächer Biologie, Chemie und Physik: NaWi\_2024\_final.docx Kapitel „Führerscheine“). So kann die Selbstständigkeit der Lernenden vorher eingeschätzt und gefördert werden.

1. Kommentierter Überblick über weitere Stufenmodelle in Physikdidaktik

Da im inklusiven und differenzierenden Unterricht die Verschiedenheit der Entwicklung von kognitiven und sozio-emotionalen Fähigkeiten bei Menschen beachtet wird (vgl. Pitsch, 2005), ergibt sich unter anderem Folgendes: Die im Physikunterricht für inklusive bzw. heterogene Klassen benötigten Differenzierungsebenen müssen insgesamt einen wesentlich breiteren Abstand besitzen als für Klassen ohne Berücksichtigung von Heterogenität bzw. Inklusion. Dies ist aber natürlich noch längst nicht alles. Da Physikunterricht in der Schule normalerweise erst in der 7. Klasse bzw. integriert in den naturwissenschaftlichen Unterricht in der 5. Klasse einsetzt, fehlt es Sekundarlehrern oft an einer Ausbildung, Physik inklusiv zu unterrichten. Lehrende von Sekundarschulen müssen sich dadurch praktisch in Schulformen niedrigerer Klassenstufen einarbeiten, was aber im Arbeitsalltag nicht geleistet werden kann. Es gibt für die Grundschule umfassende theoretische Postulate für inklusive Didaktik und konzeptionelle Überlegungen zur Gestaltung inklusiven Sachunterrichts, aber Konkretisierungen fehlen (Seitz, 2005).

Um eine weitere Einarbeitung in das Thema zu erleichtern, wird hier eine Literaturliste angeboten. Diese informiert über in dem Fach vorliegende Stufenmodelle in geeigneten Print- und Online-Angeboten und charakterisiert diese knapp. In der schulischen Ausbildung im Fach Physik liegen folgende Stufenmodelle bereits vor:

Nach Vorliegen der Ergebnisse von internationalen Schulleistungsstudien TIMSS95 (Baumert et al., 1997) und PISA 2000 (Baumert et al., 2001) wurden für Deutschland gültige Bildungsstandards und länderspezifische Kerncurricula entwickelt (weiterführende Ergebnisse siehe PISA 2015, Reiss et al, 2016; TIMMS, 2019, Selter et al., 2020).

* Bildungsstandards Physik für den mittleren Schulabschluss:

In den Bildungsstandards sind verpflichtend zu implementierende Kompetenzen für den mittleren Bildungsabschluss aufgeführt. Die Bildungsstandards umfassen folgende Kompetenzbereiche „Fachwissen, Erkenntnisgewinnung, Kommunikation, Bewertung“.

Beschlüsse der Kultusministerkonferenz (2004).Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss.Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg)*.* Luchterland: Neuwied. (<https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf>, Stand 09.01.2023)​

Wegen anfänglich noch nicht stark wissenschaftlicher Fundierung gibt es zahlreiche Arbeiten zur Validierung und empirischen Prüfung der Bildungsstandards, von denen aus Platzgründen nur eine Auswahl genannt werden soll:

Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(6), 323–326.

Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe. In A. Gehrmann, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle – Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. (<https://www.researchgate.net/publication/263518612_ESNaS_--_Evaluation_der_Standards_fur_die_Naturwissenschaften_in_der_Sekundarstufe_I>, Stand 09.01.2023)​

Wellnitz, N., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I, Pant, H. A. et al. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Evaluation of National Educational Standards – an interdisciplinary test design for the competence area acquirement of knowledge. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18.

* Es liegen auch Bildungsstandards für die allgemeine Hochschulreife vor, welche sich an die Bildungsstandards für den mittleren Schulabschluss anschließen. Sie enthalten neben den o.g. Kompetenzbereichen auch Basiskonzepte und beschreiben neben den Kompetenz-Stufen auch den Bildungsbeitrag des Fachs Physik.

Beschlüsse der Kultusministerkonferenz (2020).Bildungsstandards im Fach Physik für die allgemeine Hochschulreife.Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg)*.* Hürth: Wolters Kluwer. (<https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf>, Stand 20.01.2023)

* Die länderspezifische Kerncurricula erfüllen die Zielsetzungen und Vorgaben der Bildungsstandards und beschreiben den Rahmen der Kompetenzentwicklung in bestimmten Klassenstufen: Beispiele für Quellen:
  + Niedersächsisches Kultusministerium (Hrsg., 2015) Lehrplan Naturwissenschaften, Niedersachsen, Hauptschule (hauptsächlich verwendete Quelle) (<https://www.cuvo.nibis.de/cuvo.php?p=searched_download&skey_lev0_0=Fach&svalue_lev0_0=Physik&fulltextsearch_lev0=Kerncurriculum+Naturwissenschaften+Hauptschule&&uploadnum=0>, Stand 20.01.2023):
  + Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Jugend und Kultur (Hrsg., 2014). Rahmenlehrplan Naturwissenschaften, Rheinland-Pfalz. (<https://naturwissenschaften.bildung-rp.de/fileadmin/user_upload/naturwissenschaften.bildung-rp.de/_Alt/pdf-download/Rahmenlehrplan_Naturwissenschaften_OS_2010.pdf>, Stand 20.01.2023).
* Die Telekom Stiftung hat ein bildungsstufenübergreifendes Spiralcurriculum in mehreren Bänden heraus gebracht. Es hat sich zur Aufgabe gemacht möglichst allen Kindern MINT Kompetenzen zu vermitteln. Es handelt sich eigentlich um eine Materialsammlung und didaktische Begleithandreichung, welche schon im vorangegangenen Teil dieses Dokuments erwähnt wurde (siehe „Entwürfe für die Arbeit an Themen und Interessen der Kinder und Jugendlichen“ Stichwort „Telekom Stiftung“). Jedoch gibt es durch den spiralartigen Aufbau verschiedene Niveaus eines Themas, welche dann auch als eine Art Stufenmodell genutzt werden können.

1. Literaturverzeichnis

* Baumert, J., Klieme, E., Neubrand, M., Prenzel, M., Schiefele, U. & Schneider, W. (2001). PISA 2000: Basiskompetenzen von Schülerinnen und Schülern im internationalen Vergleich. Opladen: Leske + Budrich.
* Baumert, J., Lehmann, R., Lehrke, M., Schmitz, B., Clausen, M. & Hosenfeld, I. (1997). TIMSS – mathematisch-naturwissenschaftlicher Unterricht im internationalen Vergleich. Deskriptive Befunde. Opladen: Leske + Budrich.
* Burgstahler, S. (2018). Universal Design of Instruction (UDI): Definition, Principles, Guidelines, and Examples. [Online verfügbar unter: <https://www.washington.edu/doit/universal-design-instruction-udi-definition-principles-guidelines-and-examples> Stand 18.10.2022]
* Ebel, M. (2020). Förderung von naturwissenschaftlichen Konzepten und Bildungssprache von Vorschulkindern - Effekte kontext-reduzierter Gespräche auf konzeptuelle Vorstellungen zu Hebelwirkung und bildungssprachliche Lexik und Grammatik. Online Veröffentlichung der Bibliothek der Rheinland-Pfälzisch Technischen Universität Kaiserslautern Landau. [Online verfügbar: [https://kola.opus.hbz-nrw.de/files/2030/Diss\_Ebelektr.pdf](https://kola.opus.hbz-nrw.de/files/2030/Diss_Ebel.pdf), Stand 18.01.2023]
* Hermanns, J., Krabbe, C., Hornung, G., Küpper, A., & Pusch, A. (2018). Experimentieren im inklusiven naturwissenschaftlichen Unterricht. In L.S. Heuling (Hrsg.), *Inklusive Lehr- Lernprozesse gestalten.* Dokumentation der Schwerpunkttagung der Gesellschaft für die Didaktik der Chemie und Physik 2017 (S. 73–89). Flensburg: Flensburg University Press.
* KMK - Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2020). *Bildungsstandards im Fach Physik für die allgemeine Hochschulreife.* [Online verfügbar: <https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2020/2020_06_18-BildungsstandardsAHR_Physik.pdf>, Stand 12.05.2022]
* KMK - Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg.) (2014). Lehrpläne für die naturwissenschaftlichen Fächer für die weiterführenden Schulen in Rheinland-Pfalz. Biologie, Chemie, Physik. Klassenstufen 7 – 9/10. Hrsg.: Ministerium für Bildung, Wissenschaft, Weiterbildung und Kultur.
* KMK - Sekretariat der Ständigen Konferenz der Kultusminister der Länder in der Bundesrepublik Deutschland (Hrsg)*.* (2004). Beschlüsse der Kultusministerkonferenz.Bildungsstandards im Fach Physik für den mittleren Schulabschluss.Luchterland: Neuwied. (<https://www.kmk.org/fileadmin/Dateien/veroeffentlichungen_beschluesse/2004/2004_12_16-Bildungsstandards-Physik-Mittleren-SA.pdf>, Stand 09.01.2023)​
* Kolvenbach, A. (2022). Die Welt des Magnetismus. Material zur sonderpädagogischen Förderung. 1. Auflage. Kerpen: KOHL VERLAG Der Verlag mit dem Baum. [Online verfügbar: <https://www.kohlverlag.de/die-welt-des-magnetismus/12824>, Stand 18.01.2023]
* Kraft, B. (2024). Lernwerkstatt Wir erforschen den Magnetismus. School-scout.de / e-learning-academy. [<https://www.school-scout.de/84290-lernwerkstatt-wir-erforschen-den-magnetismus>, Stand 23.08.2024]
* Krämer, P. & Nessler, S. (2015). Inklusionsmaterial 1. Biologie - Chemie - Physik: Arbeitsblätter zur individuellen Lernförderung: [mit CD-ROM]. Stuttgart: Ernst Klett Verlag.
* Labudde, P., & Metzger, S. (Hrsg.). (2019). *Fachdidaktik Naturwissenschaft: 1.-9. Schuljahr*. Haupt.
* Musenberg, O., & Riegert, J. (Hrsg.). (2015). *Inklusiver Fachunterricht in der Sekundarstufe*. Stuttgart: Kohlhammer.
* NiNu (o. J.). <https://www.cinc.uni-hannover.de/de/forschung/forschungsprojekte/ninu>
* Pitsch, H.-J. (2005): Zur Methodik der Förderung der Handlungsfähigkeit Geistigbehinderter. Marburg: Athena Verlag.
* Reiss, K., Sälzer, C., Schiepe-Tiska, A., Klieme, E., Köller, O. (Hrsg.) (2016). *PISA 2015.* Waxmann Verlag. Online verfügbar unter https://directory.doabooks.org/handle/20.500.12854/56295.
* Rex, M. (2018). Strom, Magnetismus, Licht et Schall. Differenzierte Materialien zur Entwicklung und Festigung von Grundwissen im Sachunterricht: 2.-4. Klasse. 1. Auflage. Hamburg: Persen (Bergedorfer Kopiervorlagen).
* Sach, M., & Heinicke, S. (2019). Herausforderung Inklusion im Physikunterricht – Einblicke in Visionen und Realitäten. *Naturwissenschaften im Unterricht. Physik,* (170), 2–8.
* Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R. & Schnotz, W. (2019). Improving learners' representational coherence ability with experiment-related representational activity tasks. *Physical review of physics education research* 15, 010142. https://doi.org/10.1103/PhysRevPhysEducRes.15.010142
* Scheid, J., Müller, A., Hettmannsperger, R. & Schnotz, W. (2018). Representational Competence in Science Education – from Theory to Assessment in: K. Daniel (Ed.) *Towards a Framework for Representational Competence in Science Education*. *Models and Modeling in Science Education*. Springer: Cham, S. 263-273.
* Scheid, J. (2013). Multiple Repräsentationen, Verständnis physikalischer Experimente und kognitive Aktivierung: Ein Beitrag zur Entwicklung der Aufgabenkultur. Dissertationsschrift zur Erlangung des Doktors der Philosophie. In Niedderer, Hans, Fischler, Helmut, Sumfleht Elke (Hrsg.). *Studien zum Physik- und Chemielernen Band 151*, Berlin: Logos Verlag.
* Seitz, S. (2005): Zeit für inklusiven Sachunterricht. Reihe Basiswissen Grundschule Bd. 18, Hohengehren: Schneider.
* Selter, C.; McElvany, N.; Wendt, H.; Steffensky, M.; Kasper, D.; Köller, O.; Schwippert, K. (2020). *TIMSS 2019. Mathematische und naturwissenschaftliche Kompetenzen von Grundschulkindern in Deutschland im internationalen Vergleich*.Münster:Waxmann. [Online verfügbar unter: <https://www.waxmann.com/index.php?eID=download&buchnr=4319>, Stand 20.01.2023]
* Schnotz, W. (2005). An Integrated Model of Text and Picture Comprehension. In: R. E. Mayer (Hrsg.). *The Cambridge handbook of multimedia learning* (S. 49-70). New York: Cambridge University Press.
* Schub, C. (2016): Lernstationen inklusiv - Magnetismus. Differenzierte Materialien für den inklusiven Sachunterricht. 1. Auflage. Hamburg: Persen (Bergedorfer Unterrichtsideen).
* Walpuski, M., Kampa, N., Kauertz, A. & Wellnitz, N. (2008). Evaluation der Bildungsstandards in den Naturwissenschaften. *Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht*, 61(6), 323–326.
* Walpuski, M., Kauertz, A., Kampa, N., Fischer, H. E., Mayer, J., Sumfleth, E. & Wellnitz, N. (2010). ESNaS – Evaluation der Standards für die Naturwissenschaften in der Sekundarstufe. In A. Gehrmann, U. Hericks & M. Lüders (Hrsg.), *Bildungsstandards und Kompetenzmodelle – Beiträge zu einer aktuellen Diskussion über Schule, Lehrerbildung und Unterricht* (S. 171–184). Bad Heilbrunn: Klinkhardt. (<https://www.researchgate.net/publication/263518612_ESNaS_--_Evaluation_der_Standards_fur_die_Naturwissenschaften_in_der_Sekundarstufe_I>, Stand 09.01.2023)​
* Wellnitz, N., Fischer, H.E., Kauertz, A., Mayer, J., Neumann, I, Pant, H. A. et al. (2012). Evaluation der Bildungsstandards – eine fächerübergreifende Testkonzeption für den Kompetenzbereich Erkenntnisgewinnung. Evaluation of National Educational Standards – an interdisciplinary test design for the competence area acquirement of knowledge. In: *Zeitschrift für Didaktik der Naturwissenschaften*, 18.