

Staatsexamen Didaktik der Physik

(Lehramt, nicht-vertieft)

Frühjahr 2015

Julian Palme

(Stand: 18. Februar 2015)

Inhaltsverzeichnis

I	Lernvoraussetzungen, Lernziele und Lerninhalte	5
1.1	Lernvoraussetzungen	5
1.2	Lernziele/Unterrichtsziele	5
1.3	Klassifikation von Lernzielen	5
1.3.1	Physikdidaktik	5
1.3.2	Lernpsychologie	6
1.3.3	Unterscheidung nach Allgemeingrad	7
1.3.4	Anforderungsstufen	7
1.4	Inhalte des Physikunterrichts – die Sachstruktur	8
1.4.1	Inhalte aus der Physik	8
1.4.2	Inhalte aus der Technik	8
1.4.3	weitere Themen im Physikunterricht	8
II	Unterrichtsplanung	18
2.1	Unterricht strukturieren	18
2.2	weitere Überlegungen	18
2.3	Phasen des Unterrichts	19
2.3.1	Standardphasen	19
2.3.2	Unterrichtsphasen nach Grell/Grell	19
2.3.3	Oersches Basismodell	21
2.3.4	entdeckender/problemorientierter/forschender Unterricht	21
2.4	Checkliste	22
III	Das Experiment im Physikunterricht	24
3.1	Kann das Experiment in der Schule die (klassische) Funktion des Experiments im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess demonstrieren?	24
3.2	didaktisch-methodische Funktionen des Experiments im Physikunterricht	24
3.3	psychologische Ziele und Funktionen des Schulexperiments	26
3.4	pädagogische Ziele und Funktionen des Schulexperiments	26
3.5	Zwei herangehensweisen beim Experimentieren	27
3.5.1	exploratives Experimentieren	27
3.5.2	explanatives Experimentieren	28
3.6	Charakteristik einer Erklärung	28
3.6.1	Erklärungen als Kausalketten (Wenn-Dann-Sätze)	28
3.6.2	Abhängigkeit der Erklärung von der Wahl der <i>Prämissen</i>	28
3.6.3	Gültigkeitsanspruch einer Erklärung	29
IV	Physikdidaktische Prinzipien	30
V	Modelle und ihre Bedeutung	35
5.1	theoretische Modelle	35
5.2	Klassifikation nach Art der Realisation	35
5.2.1	Sachmodelle (gegenständliche Modelle)	35
5.2.2	ikonische (bildhafte) Modelle	35
5.2.3	symbolische/abstrakte mathematische Modelle	35
5.3	Klassifikation nach der Lern-/Erkenntnisabsicht	35
5.4	Klassifikation nach Art der Benutzung	36
5.5	Funktion von Modellen	36
5.5.1	Hilfe bei Erkenntnisgewinnung (heuristische Funktion) und bei Erkenntnisbeschreibung	36
5.5.2	Prognosefunktion	36
5.6	Modelle im Physikunterricht	36

Literatur

[Rei15] REISINGER, J.: *Fachdidaktische Prüfungsvorbereitung LA mit UP Physik*. Regensburg, 2014/2015.

[Sta01] STAATSMINISTERIUM FÜR SCHULQUALITÄT UND BILDUNGSFORSCHUNG (ISB): *Physik Jgst. 7 bis 10*. München, 2001. – Zugriff am 18.02.2015 unter <https://www.isb.bayern.de/schulartspezifisches/lehrplan/realplan/realplan-physik/realplan-physik-ebene-2/physik/804/>

I Lernvoraussetzungen, Lernziele und Lerninhalte

1.1 Lernvoraussetzungen

- Begriffe, Gesetze, Modelle
- experimentelle Kenntnisse und Fertigkeiten
- notwendige Erfahrungen mit Arbeits- und Sozialformen, die für die Erreichung der aver-
sierten Unterrichtsziele Voraussetzung sind

1.2 Lernziele/Unterrichtsziele

Unterrichtsziele werden operationalisiert formuliert und in der Reihenfolge angegeben, in der sie auch im Unterrichtsverlauf auftauchen. Sie werden also so formuliert, dass deutlich wird,

- wie man die Erreichung des Ziels überprüfen kann
- mit welchen Unterrichtsschritten diese Ziele erreicht werden können

Beschreibung von Unterrichtszielen kann auf drei Arten erfolgen:

- mit Aussagesätzen
- mit Sollsätzen
- mit Substantiven

Ferner sind die unterschiedlichen Intensitätsstufen (in aufsteigender Reihenfolge) zu beachten:

- (i) nennen
- (ii) beherrschen
- (iii) berechnen
- (iv) ...

1.3 Klassifikation von Lernzielen

1.3.1 Physikdidaktik

(in Anlehnung an Kircher)

- (i) Konzeptziele
 - Begriffe
 - Theorien
 - Verstehen von Zusammenhängen
 - höhere kognitive Fähigkeiten (z. B. Hypothesen bilden)
 - Bewerten (z. B. Messgenauigkeit)

(ii) Prozessziele

physikalische und technische Fähigkeiten und Fertigkeiten, insbesondere physikalische Me-
thoden

Einführung in die Atom- und Kernphysik

- radioaktive Strahlung
- Aufbau der Atomkerne
- radioaktiver Zerfall und Kernumwandlungen
- Bindungsenergie; Kernspaltung, Kettenreaktion, Kernverschmelzung
- Gefahren und Nutzen der radioaktiven Strahlung

Grundlagen der Energieversorgung

- primäre und sekundäre Energieträger
- thermische Kraftwerke und Kraftwerke auf der Basis regenerativer Energieträger
- Fotothermie, Fotovoltaik, Solarwasserstofftechnik
- Energieträger und die Auswirkungen ihrer Verwendung auf die Umwelt: Art und Ausmaß von Umweltbelastungen, Entwicklung des Energiebedarfs, weltweite Energievorräte
- Energiewertigkeit, Energiedissipation, rationelle Umwandlung von Energie

Vorschlag für mögliche Projekte

- Bau eines Sonnenofens
- Betriebserkundung in einem Kraftwerk
- die jährliche Energiebilanz im Schulhaus

Elektrizitätslehre

- Magnetismus
 - ruhende elektrische Ladung, elektrische Ladung als Grundgröße
 - elektrisches Feld
 - bewegte elektrische Ladung; elektrischer Strom
 - Magnetfeld stromdurchflossener metallischer Leiter
 - Kraftwirkung auf stromdurchflossene metallische Leiter im Magnetfeld
 - Elektrizitätsleitung im Vakuum
 - elektrische Arbeit – elektrische Energie – elektrische Spannung – elektrische Leistung
- Vorschlag für mögliche Projekte**
- Temperaturmessgeräte
 - Elektromotoren selbst gebaut
 - Betriebserkundung bei der Bahn AG oder einem Motorenhersteller

Jahrgangsstufe 10

Am Ende der Jahrgangsstufe 10 sollen die Schüler über folgendes Grundwissen verfügen:

- die abgeleiteten Größen Leitwert und Widerstand mit ihren Einheiten
- Reihen- und Parallelschaltung und wesentliche Anwendungen
- das Phänomen der elektromagnetischen Induktion und grundlegende technische Anwendungen kennen
- Eigenschaften der radioaktiven Strahlung
- Nutzen und Gefahren der Radioaktivität
- das Prinzip der Energieumwertung kennen und anwenden
- sich der Energie- und Umweltproblematik bewusst sein

Elektrizitätslehre

- Kennlinien von Leitern – Widerstand von Leitern
- Unverzweigter und verzweigter Stromkreis
- elektromagnetische Induktion
- Energieumwandlung in elektrische Energie
- Elektrizitätsleitung in Halbleitern

- Beobachten
 - Probleme erkennen
 - Lösungen suchen
 - Messdaten erzeugen
 - interpretieren
- (iii) Ziele im Handlungsbereich
- handwerkliches Geschick
 - Nutzung moderner Medien
 - Darstellung von Ergebnissen
 - Methodenkompetenz
- (iv) soziale Ziele alles, was man mit „Erziehung zu“ einleiten könnte, z. B.
- Kommunikationsfähigkeit
 - Kooperationsbereitschaft
 - Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung
 - Kritikfähigkeit
- (v) psychologische Ziele
- Vertrauen in die eigenen Fähigkeiten entwickeln
 - Selbstständigkeit entwickeln
 - Verantwortung für eigenes Lernen entwickeln
 - sinnliche Erfahrungen ermöglichen
 - mehrkanaligen Zugang entwickeln (Lernen mit Kopf, Herz und Hand)
 - Staunen

(vi) Ziele über Einstellungen und Werte

- wünschenswerte Neigungen
- Einstellungen und Werthaltungen
- Verantwortung gegenüber belebter und unbelebter Natur
- Bescheidenheit des eigenen Lebensstils

prägen auch das „nachschulische“ Leben von SuS.

(vii) pädagogische Ziele
typische Leitziele**1.3.2 Lernpsychologie**

- kognitive Lernziele: SuS beschreiben ein Experiment zu ...
- affektive Lernziele: SuS entwickeln Interesse/staunen darüber ...
- psychomotorische Lernziele (\longleftrightarrow Prozessziele): SuS besitzen die Fertigkeit, Strom/Spannung/... zu messen

1.3.3 Unterscheidung nach Allgemeiner Grad

- (i) Leitziele: oberste Bildungsziele
- Bereitschaft zur Übernahme von Verantwortung in einer demokratischen Gesellschaft
 - Kommunikationsfähigkeit
 - Kooperationsbereitschaft
 - Kritikfähigkeit
 - Denken in Zusammenhängen
 - Sorgsamer Umgang mit der Natur
- (ii) Richtziele: Fachprofile: Fach-, aber noch NICHT inhaltspezifische Ziele
- naturwissenschaftliches Arbeiten lernen
 - Wechselwirkung Physik – Gesellschaft erkennen
 - Bedeutung der Mathematik für die Darstellung der Physik erkennen
 - Aspektcharakter der Physik erkennen: Wo liegen Grenzen der physikalischen Naturbetrachtung?
 - begriffliche Strukturen der Physik erkennen
 - Arbeitstechniken (Abstraktionsfähigkeit, Umgang mit graphischen und symbolischen Darstellungen)
- (iii) Inhaltspezifische Ziele in Fachlehrplänen
- Grobziele
 - Feinziele (operationalisiert!)

1.3.4 Anforderungsstufen

... geben Hinweise auf die Intensität des Lehrens und Lernens.

- (i) Reproduktion (Stufe 1): Wiedergabe einzelner Sachverhalte in einer im Unterricht behandelten Weise
- (ii) Reorganisation (Stufe 2): Zusammenhängende Darstellung bekannter Sachverhalte unter Anwendung eingeübter Methoden
- (iii) Transfer (Stufe 3): Übertragung eines gelernten physikalischen Sachverhalts auf einen (struktur-)ähnlichen Sachverhalt
- (iv) problemlösendes Denken (Stufe 4): Anwendung bekannter Begriffe und Methoden auf ein neuartiges Problem

Vorschlag für mögliche Projekte

- Kraft, Arbeit, Energie und Leistung in Physik und Sport
- Geschwindigkeitsmessung bei land- und schienengebundenen Fahrzeugen
- Bau eines Heißluftballons

Jahrgangsstufe 9

Am Ende der Jahrgangsstufe 9 sollen die Schüler über folgendes Grundwissen verfügen:

- das Teilchenmodell auf thermische Prozesse anwenden
- wissen, dass Arbeit und Wärme die beiden Möglichkeiten sind, Energie von einem System auf ein anderes zu übertragen
- den ersten Hauptsatz der Wärmelehre kennen
- die grundlegende Funktionsweise von Wärmemaschinen erfassen
- magnetische Phänomene mit der Modellvorstellung zur Beschreibung von Wechselwirkungen bzw. von Kraftwirkungen zwischen Körpern kennen und anwenden
- wissen, dass bewegte elektrische Ladung ein Magnetfeld zur Folge hat und grundlegende technische Anwendungen dieses Prinzips verstehen
- die Grundgröße elektrische Ladung und die abgeleiteten Größen Stromstärke und Spannung mit ihren Einheiten
- die Gefahren des elektrischen Stroms und Schutzmöglichkeiten kennen

Wärmelehre

- innere Energie, Wärme, Temperatur
- Wärmeübertragung
- Konvektion
- Verhalten der Körper bei Temperaturänderung
- Temperatur, Druck und Volumen al Zustandsgrößen eines eingeschlossenen Gases
- Erwärmungsgesetz, spezifische Wärmekapazität
- Verdampfen
- erster Hauptsatz der Wärmelehre

Vorschlag für mögliche Projekte

- Lärm und Lärmmessung; Schutzmaßnahmen
- Bau eines Fernrohrs und Himmelsbeobachtungen
- Bau einer Lochkamera
- Fotoapparat: Einfluss der einzelnen Komponenten auf die Bildgestaltung; Bildspeicherung

Jahrgangsstufe 8

Am Ende der Jahrgangsstufe 8 sollen die Schüler über folgendes Grundwissen verfügen:

- wissen, wie abgeleitete Größen eingeführt werden
- die abgeleiteten Größen Dichte, Arbeit, Leistung, Energie, Wirkungsgrad, Geschwindigkeit, Druck und deren Einheiten
- wissen, dass bei allen Energieumwandlungen der Energieerhaltungssatz gilt
- zwei Proportionalitäten zusammenfassen können
- Produkt und Quotient von Größen sinnvoll angeben

Mechanik

- Dichte
- Reibung
- Arbeit, Energie, Leistung
- Bewegungen

Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

- Druck in Flüssigkeiten und Gasen
- Schweredruck in Flüssigkeiten
- Luftdruck
- Gesetz von Boyle-Mariotte
- Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen

Astronomie

- Überblick über die verschiedenen Weltbilder
- unser Sonnensystem
- Milchstraßensystem – Galaxien – Weltall

1.4 Inhalte des Physikunterrichts – die Sachstruktur**1.4.1 Inhalte aus der Physik**

- beobachtbare Phänomene
- physikalische Begriffe
- physikalische Gesetze
- Modelle
- physikalische Theorien
- methodische Konzepte
- experimentelle Methoden

Diese Inhalte gehören alle auch zur Sachstruktur der Physik, können aber NICHT unverändert in den Physikunterricht übernommen werden: Vereinfachungen und Elementarisierungen notwendig

Struktu besagt, dass es NICHT allein um Begriffe, Regeln und andere Inhalte geht, sondern vor allem auch um die Beziehung, die zwischen diesen Elementen und Sachen besteht.

1.4.2 Inhalte aus der Technik

- technische Geräte und Systeme
- technische Verfahren und Prinzipien

1.4.3 weitere Themen im Physikunterricht

- Bedeutung der Physik für die Entwicklung der Technik und umgekehrt
- Zusammenhänge von Physik und Technik, Individuum und Gesellschaft
 - Veränderung des Lebens und der Natur durch Naturwissenschaften und Technik
 - Energiefrage
 - Umweltfrage
 - neue Medien und Informationstechnologien
- aus der Geschichte der Physik
- Beitrag der Physik zur Entstehung von Weltbildern
- wissenschaftstheoretische und wissenschaftshistorische Überlegungen zur Frage „Was ist Physik?“

Es zeigt sich, dass die Sachstruktur der Wissenschaft Physik NICHT die gleich ist, wie die des Physikunterrichts.

Schulrealität: Gefahr, dass Lernen von Begriffen und Gesetzen starr im Vordergrund stehen, Denk- und Arbeitsweisen jedoch schon wesentlich weniger und fachüberschreitende Aspekte kaum Bedeutung haben

didaktische Analyse liefert sinnstiftenden Kontext für die Unterrichtung der Begriffe und Gesetze



Sächsisches E-Competence Zertifikat

Formulierung von Lernzielen

Didaktische Handreichung

01.03.2010

VI Lehrplanübersicht Realschule

Jahrgangsstufe 7

Am Ende der Jahrgangsstufe 7 sollen die Schüler über folgendes Grundwissen verfügen:

- Messergebnisse sinnvoll angeben
- wissen, wie eine physikalische Grundgröße festgelegt wird
- die Gravitation als fundamentale Wechselwirkung zwischen Körpern kennen
- wissen, dass die Masse ortsunabhängig und die Gewichtskraft ortsabhängig ist
- Grundgrößen Kraft und Masse sowie deren Einheiten
- die Trägheit als grundlegende Eigenschaft aller Körper kennen
- grundlegende Vorstellung über den Aufbau der Materie (Teilchenmodell)
- das Wechselwirkungsprinzip kennen und dieses auf einfach Anwendungen übertragen
- vektorielle Addition und Zerlegung von Kräften zeichnerisch durchführen

Optik

- Ausbreitung des Lichts
- Reflexion des Lichts
- Brechung, Totalreflexion und Dispersion
- optische Linsen und optische Instrumente

Mechanik

- Länge, Längenmessung
- Kraft
- Masse
- Teilchenmodell

Akustik

- Entstehung von Schall
- Ausbreitung von Schall
- Empfang von Schall

- Auseinandersetzung mit Modellen führt zu Erkenntnisgewinn

SuS sollen

- sich ihrer eigenen Modellvorstellungen bewusst werden: vorunterrichtliche Vorstellungen oder Laientheorien
- wissenschaftliche Modelle (kennen) lernen und kommunizieren, das heißt, sprachlich, bildlich und/oder symbolisch darstellen
- selbst Modelle entwickeln können
- Modelle geleitet nacherfinden
- Modelle anwenden, um
 - Phänomene und experimentelle Ergebnisse zu beschreiben
 - Modelle anwenden, um Probleme zu lösen

(ii) Modelle sollen den SuS beim Lernen helfen: Modelle haben somit

- erklärende Funktion
- lernökonomische Funktion

Modelle helfen, den Lernstoff

- besser und leichter zu verstehen
- besser und leichter im Gedächtnis zu behalten

Sie ermöglichen

- Vereinfachung
- Reduktion auf das Wesentliche
- Vergrößern bzw. Verkleinern
- Analogiebetrachtungen

Eingesetzt werden

- Sachmodelle
 - Strukturmodelle
 - Funktionsmodelle
 - gegenstandsähnliche Modelle

- Modellversuche

• ...

Zur Formulierung von Lernzielen

Warum sind Lernziele für den Lernenden wichtig?

- helfen dem Lernenden die Bedeutung der Lerneinheit zu beurteilen
- erleichtern die Lernerfolgskontrolle
- informieren den Lernenden über den Nutzen, den er aus der Lerneinheit ziehen kann
- helfen bei der Planung der Lernaktivitäten und steigern die Lerneffizienz
- geben dem Lernenden Kriterien, um den eigenen Lernfortschritt evaluieren zu können
- sollen das selbstgesteuerte Lernen unterstützen

Zur Operationalisierung von Lernzielen

2 wichtige Fragen:

1. Was soll sich bei den Adressaten durch die Lernphase in ihrem Denken, Wissen, Verhalten, in ihren Fertigkeiten oder Einstellungen verändern?
2. Wie kann nach der Lernphase überprüft werden, ob die Adressaten die Ziele tatsächlich erreicht haben?

→ Formulierung operationaler Lernziele, beschrieben als beobachtbares Verhalten, denn nur wenn Lernziele präzise formuliert sind, lässt sich deren Erreichung hinterher überprüfen

Operationale Definition eines Lehrziels muss nach MAGER die zu erlernende Verhaltensweise unter Angabe

- beobachtbarer *Indikatoren*
- die *Bedingungen*, unter denen das Verhalten gezeigt werden soll
- und die *Kriterien* für die Beurteilung des Lernfortschritts benennen.

→ von Lernerfolgen kann nur gesprochen werden, wenn man benennt, woran diese fest gemacht werden

→ jedoch ist es nicht immer möglich konkrete (sichtbare) Verhaltensänderungen zu benennen, die als Indiz für einen Wissenserwerb gelten können

Lehrziele und Lernziele

- **Lehrziele** sind pädagogisch-didaktisch geplante Ziele des Lehrenden, die in der jeweiligen Lerneinheit vom Lernenden erreicht werden sollen
- **Lernziele** beschreiben die Leistungsanforderungen, die sich der Lernende bewusst oder unbewusst eigenständig setzt
- Lehr- und Lernziele beschreiben Eigenschaften, die der Lernende nach erfolgreicher Durchführung des Lernangebots erworben haben soll
- Lehr- und Lernziele haben Einfluss auf die Auswahl des Lernmaterials und die Methoden
- Lehr- und Lernziele sollten in einer optimalen Lernumgebung konvergent sein

Allgemeine Hinweise zur Formulierung

- Lernziele beschreiben ein beobachtbares Verhalten (Operationalisierbarkeit)
- Schlüsselwort ist immer ein (Aktiv-)Verb, welches beschreibt, was der Lernende mit dem Lernziel erreichen soll
- ein Lernziel beginnt mit dem Subjekt, das den Lernenden bezeichnet
- das Verb des Lernziels ist aussagekräftig und steht am Satzende
- Lernzielsätze sind handlungsorientiert, d.h. Adjektive entfallen wann immer es geht, Verben gewinnen an Bedeutung

Eindeutige Formulierung nennen, erklären, beschreiben, anwenden, ausführen, zuordnen, vergleichen, zusammenfassen	Nicht eindeutige Formulierung wissen, verstehen, kennen, glauben, vertraut sein mit, interessiert sein an, informiert sein
--	--

Kategorisierung von Lernzielen (nach BLOOM u.a. 1956)

Kategorie	Beschreibung	Beispiel
Kognitive Lernziele	beschreiben das Wissen über Fakten, Konzepte, Regeln, Prozeduren oder Prinzipien	Der Lernende ist in der Lage, Strategien zur motivierenden Betreuung und Begleitung zu benennen.
Affektive Lernziele	beziehen sich auf Interessen, Einstellungen und Werte sowie die Fähigkeit, angemessene (moralische) Werturteile bilden zu können und eigenes Verhalten danach auszurichten	Dem Lernenden ist es bewusst, dass eine motivierende Betreuung der Teilnehmer bedeutsam ist.
Psychomotorische Lernziele	(Verhaltensweisen) beinhalten die Beherrschung von Bewegungsabläufen und komplexen Verhaltensweisen (z.B. handwerkliche Fähigkeiten)	Der Lernende ist in der Lage, Strategien der motivierenden Betreuung anzuwenden .

→ Klassifikation keineswegs zwingend (Aufbau kognitiver Schemata auch bei Erwerb von Einstellungen oder bei Aneignung von Verhaltensweisen)

→ möglichst alle Elemente des Trias sollten Berücksichtigung finden (affektive Elemente werden oft übersehen)

- unterschiedlich im strukturellen Aufbau
- Übereinstimmung in der Funktion

Beispiel: Schalter als Funktionsmodell für ein Relais

(iii) originalbezogene (gestaltähnliche) Modelle: Ähnlichkeit in Form und Aussehen

5.4 Klassifikation nach Art der Benutzung

(i) wissenschaftliche Modelle

- werden zu Forschungszwecken verwendet
- Ziel der Forschung: Entwicklung von Modellen

(ii) didaktische Modelle

- werden zu Lehr- und Lernzwecken verwendet
- Sachmodelle oder ikonische Darstellungen von (vereinfachten, elementarisierten) wissenschaftlichen Denkmodellen
- sollen Lehren und Lernen unterstützen

5.5 Funktion von Modellen

5.5.1 Hilfe bei Erkenntnisgewinnung (heuristische Funktion) und bei Erkenntnisbeschreibung

Physik stellt Wie-Fragen und trifft dann allgemeine Aussagen, formuliert Gesetze, prüft diese und nutzt sie, um Vorhersagen zu machen

Physik stellt Warum-Fragen und bildet zur Beantwortung Modellvorstellungen und Theorien.

5.5.2 Prognosefunktion

Modelle erlauben

- Voraussagen
- Vorausberechnungen
- Entwicklungen technischer Geräte und Anlagen

Durch die Tauglichkeit für Prognosen bewähren sich Modelle.

5.6 Modelle im Physikunterricht

Viele in der Physik verwendeten Modelle finden auch in der Lehr-/Lernsituation Verwendung. Sie haben dort im Wesentlichen zwei Funktionen:

(i) SuS sollen sich mit den (häufig elementarisierten) wissenschaftlichen (Denk)Modellen auseinandersetzen. Sie sollen sie kennen und anwenden lernen.

- Modelle sind Lerngegenstand

V Modelle und ihre Bedeutung

5.1 theoretische Modelle

gedankliche Konstrukte, Theorien über reale oder fiktive Gegenstände oder Vorgänge

5.2 Klassifikation nach Art der Realisation

5.2.1 Sachmodelle (gegenständliche Modelle)

- können als gegenständliche Realisationen von theoretischen Modellen aufgefasst werden
- reale Nachbildungen realer Gegenstände (real Modelle)
 - repräsentieren nur bestimmte Merkmale des Originals
 - andere Teilaspekte werden weniger oder überhaupt nicht berücksichtigt

5.2.2 ikonische (bildhafte) Modelle

... sind ildlich dargestellt Modellvorstellungen oder Denkmodelle, die sich der Mensch von etwas Reellem macht.

(i) ikonische Modelle 1. Art sind Idealisierungen der Realität

durch bestimmte Abstraktionen und Idealisierungen: Realität → Modell

Nutzen dieser Modelle: Möglichkeit einfacher Beschreibungen (auch mathematisch)

(ii) ikonische Modelle 2. Art sind reine Denkmodelle

- werden entwickelt, um Unanschauliches anschaulich zu machen
- unmittelbare Beziuehung zur Realität ist NICHT mehr gegeben

5.2.3 symbolische/abstrakte mathematische Modelle

... sind Zeichen, die eine bestimmte Bedeutung haben, insbesondere aber auch die Zusammensetzung der Symbole, etwa zu einer physikalischen Formel, einem physikalischen Gesetz. Gleichungen und Theorien fassen oft eine ganze Gruppe von Erscheinungen zusammen. Mathematische Beschreibungen dienen häufig NICHT mehr der direkten Anschauung.

5.3 Klassifikation nach der Lern-/Erkenntnisabsicht

Modelle werden danach unterschieden, ob Struktur, Funktion oder Gestalt eines Objektes durch das Modell verdeutlicht werden

(i) Strukturmodelle

- Objekt und Modell haben große Übereinstimmung in ihrer Struktur
- Darstellung des strukturellen Aufbaus eines Objekts
- Abbildung mikroskopischer Objekte

(ii) Funktionsmodelle

- unterschiedlich in den Elementen

Klassifizierung der Lehrziele nach Leistungsniveaus

Zusätzlich werden verschiedene Niveaus des Lernprozesses unterschieden, denn es macht einen Unterschied ob:

- Fakten wiedergegeben werden können
- komplexe Zusammenhänge verstanden werden oder
- erworbenes Wissen in neuen Situationen angewendet werden kann

Tabelle 1: Kognitive Lehrziele nach Grad der Komplexität

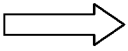
Stufe (nach dem Grad der Komplexität)	Kognitive Lehrziele	Beschreibung
1	Kennnisse	Bekannte Informationen können erinnert werden
2	Verstehen	Neue Informationen können verarbeitet und in einem größeren Kontext eingeordnet werden
3	Anwenden	Regeln und Prinzipien können in definierten Situationen verwendet werden
4	Analyse	Ein Sachverhalt kann in seine Bestandteile zergliedert werden
5	Synthese	Teile oder Elemente können zu einem (neuen) Ganzen zusammengefügt werden
6	Evaluation	Es können Urteile gefällt werden, ob bestimmte Kriterien erfüllt sind

Tabelle 2: Affektive Lehrziele nach Grad der Internalisierung

Stufe (nach dem Grad der Komplexität)	Kognitive Lehrziele	Beschreibung
1	Aufmerksamkeit	Passive Wahrnehmung, Bereitschaft zur aktiven Aufnahme
2	Reagieren	Dulden als Reaktion, Bereitschaft zur aktiven Reaktion, Emotionale Betroffenheit erleben
3	Einstellungen und Werte bilden	Verstehen von Werten, Präferenz für einen Wert, Persönliche Verpflichtung für Wert eingehen
4	Werte einordnen	Selbstständige Formulierung eines Wertes, Einordnen von Werten in ein Wertesystem, Vergleich von Werten
5	Internalisierung von Werten	Werte schlagen sich im Handeln nieder, Konsistenz von Handeln und Werten in Konfliktsituationen

- (12) spielerisches Lernen
- (13) sinnliche Erfahrungen ermöglichen

Lernzielebenen (nach Möller 1978)

Hoher Abstraktionsgrad	Richtziele	Richtziele sind allgemein gehaltene Beschreibungen von Lehrzielen zu einem Themenkomplex. Richtziele werden als „großes Endziel“ eines Prozesses bezeichnet (ohne detaillierte Zielschränkungen vorzunehmen).	Bsp.: Der Lernende kann TN in E-Learning-Veranstaltungen motivieren.
	Grobziele	Innerhalb eines Richtziels gibt es mehrere Grobziele. Sie beschreiben bereits fachlich orientierte Inhalte und Methoden, lassen allerdings noch einen hohen <u>Abstraktionsgrad und Interpretationsmöglichkeiten</u> zu.	Bsp.: Der Lernende kann verschiedene Motivationsmodelle benennen.
Niedriger Abstraktionsgrad	Feinziele	Feinziele sind sehr <u>detailliert, eindeutig und genau</u> beschrieben. Folglich gibt es hier <u>nur eine</u> Interpretationsmöglichkeit und die Abstraktion ist sehr gering.	Bsp.: Der Lernende kann die vier Faktoren des ARCS-Modells herausstellen.

Formulierungshilfen (Beispielverben)

Kognitiv

Kenntnisse/Verstehen

angeben	formulieren	berichten	übersetzen
nennen	bezeichnen	zeichnen	auslegen
aufzählen	aufzeigen	skizzieren	deuten
aufsagen	erläutern	definieren	interpretieren
wiedergeben	darstellen	erfassen	abstrahieren
anschriften	schildern	herausstellen	extrapolieren
vortragen	beschreiben	zusammenfassen	illustrieren
andeuten	benennen	anführen	...

(5) Kompetenzorientierung

Kompetenzbereiche im Fach Physik

Fachwissen	physikalische Phänomene, Begriffe, Prinzipien, Fakten, Gesetzmäßigkeiten kennen und Basiskonzepten zuordnen
Erkenntnisgewinnung	experimentelle und andere Untersuchungsmethoden sowie Modelle nutzen
Kommunikation	Informationen sach- und fachbezogen erschließen und austauschen
Bewertung	physikalische Sachverhalte in verschiedenen Kontexten erkennen und bewerten

Die im Kompetenzbereich Fachwissen vorgenommene vertikale Vernetzung durch die übergeordneten vier Basiskonzepte Materie, Wechselwirkung, System und Energie soll den SuS kumulatives Lernen erleichtern. Zugleich wird auf der Basis von Fachwissen der Kompetenzerwerb in den Bereichen Erkenntnisgewinnung, Kommunikation und Bewerten ermöglicht und das Fachwissen in gesellschaftlichen und alltagsrelevanten Kontexten angewandt.

(6) Berücksichtigung von Alltagsvorstellungen(7) aus Fehlern lernen

- Fehler als Lerngelegenheiten nutzen

(8) vertikale Vernetzung: Zuwachs an Kompetenzen erfahrbar machen: kumulatives Lernen

Lernen ist ein aktiver Konstruktionsvorgang, bei dem neue Lerninhalte im bestehenden Wissensgebäude verankert und mit dem Vorwissen verknüpft werden.

Von kumulativem Lernen spricht man, wenn neues Wissen an bestehendes Wissen so angeschlossen werden kann, dass dadurch ein vertieftes Verständnis durch eine Veränderung der Wissensstruktur des Lernenden entsteht.

Beim kumulativen Lernen soll den SuS der Erfolg ihrer Lernaanstrengungen erfahrbar werden.

Vertikale Vernetzung innerhalb eines Faches ist notwendige Voraussetzung für kumulatives Lernen.

(9) horizontale Vernetzung: Fächergrenzen erfahrbar machen: fachübergreifendes und fächerverbindendes Arbeiten; fachübergreifendes Lernen(10) über Physik lernen, etwas über das inhaltliche hinaus lernen

- Rolle des Experiments im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess erkennen
- angemessenes „Bild“ von den Naturwissenschaften entwickeln
 - erkennen, dass Physik nur messbare Aspekte der Natur untersucht
 - Grenzen physikalischer Erkenntnisgewinnung sehen
 - Bedeutung von Modellen in der Physik kennen

(11) Förderung von Mädchen UND Jungen: Was Mädchen interessiert ist auch für Jungen interessant, aber oft NICHT umgekehrt.

Anwenden

anwenden	organisieren	einordnen	erläutern
übertragen	berechnen	unterscheiden	berichten
aufstellen	ordnen	einteilen	vergleichen
voraussagen	anordnen	quantifizieren	verallgemeinern
herausfinden	erarbeiten	konfigurieren	nutzen

Analyse

herausfinden	erkunden	erschließen	gegenüberstellen
entdecken	auffinden	untersuchen	prüfen
ermitteln	unterscheiden	testen	überprüfen
ausmachen	klassifizieren	bestimmen	erforschen
beobachten	interpretieren	erproben	mustern
sortieren	einordnen	analysieren	vergleichen
entnehmen	...		

Synthese

integrieren	organisieren	klassifizieren	erklären
zusammenfügen	durchführen	modifizieren	verallgemeinern
kombinieren	planen	berechnen	Schlüsse ziehen
konstruieren	entwerfen	lösen	Hypothesen bilden
erzeugen	entwickeln	ableiten	Theorien entwerfen
herstellen	konzipieren	überprüfen	erstellen
ordnen	begründen	zuordnen	tabellieren
zusammenstellen	koordinieren	...	

Bewerten

bewerten	einstufen	ermessen	folgen
beurteilen	entscheiden	begutachten	Urteile bilden
überprüfen	ermitteln	durchschauen	Entscheidungen treffen
unterscheiden	vergleichen	hinterfragen	einschätzen
zuordnen	wählen	gewichten	...

Affektiv

Aufmerksamkeit

beachten	wahrnehmen	bemerken	aufmerksam werden
berücksichtigen	gewahrt werden	bewusst werden	bedenken
beherzigen	kennen lernen	innewerden	in Rechnung stellen
erfahren	hören	auffallen	feststellen
auswählen	entdecken	...	

Reagieren

einwilligen	bereit sein zu	teilnehmen	Gefallen finden an
Freude haben	sich beteiligen	befolgen	interessiert sein an
Anteil nehmen an	sich richten an	angesprochen sein	Befriedigung empfinden

Werten

akzeptieren	billigen	gelten lassen	einverstanden sein
tolerieren	zulassen	bevorzugen	guthießen
bejahen	annehmen	anerkennen	zustimmen
praktizieren	befolgen	sich binden	sich verpflichtet fühlen
überzeugt sein	bestimmen	klassifizieren	begründen
Stellung nehmen	evaluieren	...	

Organisieren

Wertehaltungen entwickeln	abwägen	Richtig einschätzen	Werte gegeneinander abwägen
Beurteilungsmaßstäbe finden	würdigen	Werte einordnen	Beziehungen herstellen
Beurteilen	einstufen	vergleichen	Prioritäten entwickeln
prüfen			

Charakterisierung (durch Wert oder Wertstruktur)

überzeugt sein von	Grundsätze haben
eine Werthierarchie ausbilden	sein Verhalten richten nach
bestimmt sein durch	eine Lebenseinstellung finden
Urteile fällen entsprechend	eine Weltanschauung entwickeln
Konsequenzen ziehen aus	Einstellungen entsprechend ändern

Reduktion auf die prinzipielle Funktion

Beispiel: Relais → Schalter

Überzeugende Musterbeispiele

- Leiterschaukel für elektromagnetisches Prinzip
- Eintachen eines Magneten in eine Spule → Induktion
- Pendel für Schwingungen

Rückgriff auf historische Entwicklungsstufen

Beispiel: Beschränkung des Energiebegriffs auf die Mechanik; erst später: innere Energie, etc.

Kenntnis historischer Entwicklungsstufen kann der Lehrkraft oft helfen, Verständnisschwierigkeiten der SuS zu verstehen. Manche überholte wissenschaftliche Vorstellung taucht im Denken der SuS wieder auf.

(2) Lernen im sinnstiftenden Kontext, das heißt Alltagsbezüge und lebensbedeutsame Bezüge herstellen (Lebensnähe)
zwei wichtige Kontexte:

- fachlicher Inhalt kann nur in einem für SuS relevanten Kontext gelernt werden:
 - Alltags- und Naturphänomene
 - technische Anwendungen
 - Bedeutung der Physik für Technik und Gesellschaft

- Kontext einer bestimmten Lernumgebung, die so gestaltet werden muss, dass das Lernen nachhaltig unterstützt wird

Gleichgewicht beider Kontexte sehr wichtig!

Einbettung des Fachlichen in „sinnstiftenden Kontext“ wichtig, weil

- Interesse der SuS wird geweckt ⇒ Motivation
- Sus erkennen, warum es wichtig ist, über etwas genauer informiert zu sein
- SuS erleben, warum Beschäftigung mit bestimmten physikalischen Inhalten für sie sinnvoll ist

Wird Wissen OHNE Kontext erworben, so kommt es in der Regel bei flexibler Anwendung zu Problemen. Dies entspricht NICHT den Bildungsstandards bzgl. naturwissenschaftlicher Grundbildung

(3) Technikbezüge herstellen

(4) Handlungsorientierung, Selbsttätigkeit; Verantwortung für das eigene Lernen stärken

- (iv) Idealisierungen bei Begriffsbildungen veranschaulichen

Beispiel Momentangeschwindigkeit: $v(t) = \frac{s(t+\Delta t) - s(t)}{\Delta t} = \lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta s}{\Delta t} \approx \frac{\Delta s}{\Delta t}$, wenn Δs und Δt sehr klein

- (v) direkte Analyse der Abhängigkeit einzelner Größen voneinander

- (vi) Gesetze durch einfache Versuche bestätigen

- (vii) Analogieversuche zur Veranschaulichung von Begriffen, Gesetzen, theoretischen Modellen

Vereinfachung durch Strukturierung der Inhalte

Lernen kann man verstehen als im eigenen Kopf eine Wissenstruktur aufbauen:

- neu gelerntes in bestehendes Netz eingliedern (vergleichbar Assimilation = Zuordnung)

- neue Netze konstruieren (vergleichbar Akkomodation = Anlegen)

⇒ Strukturierungshilfen notwendig:

- Ganzes-Teil-Relationen
- Block-Diagramme
- Mind Maps
- Concept Maps (Begriffsnetz)

Vereinfachung durch Ausschöpfung der Darstellungsmöglichkeiten

- mathematische Sprache
- Symbolsprache
- Verbalsprache: Fachsprache, Unterrichtssprache, Alltagssprache
- Bildsprache
- Nonverbalsprache

Vereinfachung durch bildhafte Darstellung

Ein Bild sagt mehr als tausend Worte.

Vereinfachung durch gezieltes, bewusstes Vernachlässigen

Beispiel: freier Fall OHNE Luftreibung

Vereinfachung durch vorläufigen Verzicht auf begriffliche Differenzierung

- KEINE Unterscheidung zwischen g und m
- KEINE Unterscheidung zwischen U und I

→ später: fortschreitende Differenzierung

Motorisch

anwenden	trainieren	verbessern	gestalten
ausdrücken	handeln	verbessern	erweitern
erfahren	wagen	wettkämpfen	fördern
entwickeln	spielen	bewegen	erproben
üben	wiederholen	...	

Quellen

Issing/Klimsa (2002): Information und Lernen mit Multimedia und Internet, 3. Auflage, Beltz Verlag

Kerres, M. (2001): Multimediale und telemediale Lernumgebungen, 2. Auflage, Oldenbourg Verlag: München, Wien

Niegemann (2008): Compendium multimediales Lernen, Springer-Verlag: Berlin, Heidelberg

Internetquellen:

<http://www.e-teaching.org/didaktik/konzeption/lehrziele/>

http://www.liuta.de/Daten/Akad/Selbstman/PA_PRT101_3041_A0070%20Liuta%20Seeuw%206ster%201%20EP.pdf

<http://arbeitsblaetter.stangl-taller.at/LERNZIELE/Dimensionalisierung.shtml>

http://www.uni-bielefeld.de/sportunterricht/referendare/hilfen_lernziel.htm

http://www.arbowis.ch/material/lp/Lehren/Zielformulierung_Verben.pdf

http://www.philso.uni-augsburg.de/web2/Schulpaed/website/service/seminarmaterialien/08_04407/08_04407_20080602.pdf

<http://www.educa.ch/dyn/124003.asp>

IV Physikdidaktische Prinzipien

(1) Elementarisierung

methodische Grundsätze, die sich aus lernpsychologischen Theorien ergeben

- vom Einzelnen zum Ganzen
- vom Einfachen zum Komplexen
- vom Allgemeinen zum Speziellen
- vom Anschaulichen zum Abstrakten
 - *Abstrakt* ist eine Darstellung oder Aussage, wenn sie von der Realität des unmittelbar wahrgenommenen – des Angesehenen – abgehoben ist und nur noch im Gedanklichen und Begrifflichen existiert.
 - *NICHT abstrakt*: konkret, gegenständlich, anschaulich
- von Alltagsvorstellungen zu wissenschaftlichen Konzepten
 - Erklärungen NICHT verfrühen
 - Vorgang des Verstehens „staunen“ und „entschleunigen“
- Brunners Lerntheorie als psychologisches Grundmuster für den Unterricht:

Jeden Lerninhalt

 - enaktiv
 - ikonisch
 - symbolisch

darstellen.

Beispiel: elektrische Schaltung aufbauen und damit experimentieren (enaktiv); Schaltplan zeichnen (ikonisch); Messwerte darstellen, mathematisch beschreiben und mit erhaltenen Gesetzen Berechnungen anstellen (symbolisch)

physikdidaktisches Grundmuster: vom Qualitativen zum Quantitativen

Formulierung einer Gesetzmäßigkeit:

- 1. Fassung: qualitativ
- 2. Fassung: halbquantitativ (Je-desto-Beziehungen)
- 3. Fassung: sprachlich quantitativ
- 4. Fassung: mathematisch quantitativ

Vereinfachung durch Experimente

- (i) experimentell veranschaulichen
- (ii) charakteristische Eigenschaften eines physikalischen Begriffs demonstrieren:

Eine solche Demonstration ist meist ausdrucksstärker, informativer, lernökonomischer, als eine noch so genau Beschreibung des entsprechenden Begriffs in Worten.
- (iii) vorläufige Einführung von Größen, indem man sie der Messung zugänglich macht:

Beispiel: $U = \frac{W}{Q} \rightarrow \text{Voltmeter}$

Impressum

SECo - Sächsisches E-Competence Zertifikat

Bearbeiter: Sandra Döring

Kontakt: sandra.doering@seco-sachsen.de

Lizenz

Das Dokument wurde unter der Creative Commons Lizenz mit den Attributen „Namensnennung“ und „gleiche Bedingungen“ bereitgestellt.



Eine Erklärung ist nur dann falsch, wenn sie einen logischen Fehler enthält, wenn also zum Beispiel eine Kette von Wenn-Dann-Aussagen eine offensichtliche Lücke enthält. Bei genauem Hinsehen bemerkt man jedoch, dass die Frage der Lückenhaftigkeit oder Vollständigkeit nicht objektiv entschieden werden kann, sondern eine Frage der Maßstäbe ist, die man an eine Erklärung anlegt.

3.6.3 Gültigkeitsanspruch einer Erklärung

Wenn wir eine Vorhersage treffen und diese in einem Experiment bestätigen, dann kann die Basis unserer Vorhersage, die Theorie, dennoch physikalisch unakzeptabel sein. Das Zutreffen einer Vorhersage ist also KEIN Nachweis dafür, dass die zugrunde liegende Theorie fachlich akzeptabel ist. Wenn eine Vorhersage, die auf der Basis einer Theorie gemacht wurde, zutrifft, dann kann man lediglich mit Recht behaupten, dass die Theorie durch das Experiment NICHT widerlegt wurde.

II Unterrichtsplanung

- (1) Lernvoraussetzungen
- (2) Feinziele/Unterrichtsziele
- (3) Unterrichtsplanung

(2) und (3) müssen zusammen stehen, das heißt, Handlungsschritte/Teilschritte müssen klar erkennbar sein/sichtbar gemacht werden.

2.1 Unterricht strukturieren

... bedeutet, eine Unterrichtsstunde in eine didaktisch sinnvolle Abfolge von Unterrichtsschritten (Leuschritten/Handlungsschritten) zu zerlegen.

In der Regel ist auch jeder Unterrichtsschritt mit einem Anliegen/einem Teilziel verbunden. Für jeden Unterrichtsschritt ist zu überlegen bzw. anzugeben und evtl. zu begründen:

- Soll/Kann für diesen Schritt ein Unterthema formuliert werden? Gibt es eine Problemfrage?
 - Wie gestalte ich die Überleitung von einem Unterrichtsschritt zum nächsten?
 - Wie/Woraus motiviere ich den nächsten Schritt?
 - Wie führe ich zum (Unter-)Thema hin bzw. in das (Unter-)Thema ein?
- Aufträge, Fragestellungen, die die Arbeit lenken! Bei Gruppenarbeit evtl. auch Vorgaben für eine Präsentation der Ergebnisse.
- Welche Medien, insbesondere Experimente, können den Lehr-/Lernprozess unterstützen?
- Welche Unterstützung ist bei der Erarbeitung von Versuchsergebnissen zu geben?
- Wie kann das (Teil-)Ergebnis gesichert werden? Insbesondere:
 - Welche Visualisierungsmöglichkeiten gibt es zu verschiedenen Ebenen der Darstellung?
 - Ist eine Zusammenfassung/ein Überblick durch die Lehrkraft nötig?
 - Welche Strukturierungshilfen gibt es?
 - Sind Lernzielkontrollen/Hausaufgaben sinnvoll?

2.2 weitere Überlegungen

- mögliches Tafelbild: Ein Bild sagt mehr als tausend Worte!
- selbst hergestellte Medien: Overhead-Folie, Arbeitsblätter, Texte
- Aufgaben, Übungsaufgaben, Hausaufgaben
Hier ist auch an die Erstellung von Aufgaben gedacht, die den Unterricht tragen, das heißt, die die Erarbeitung des Stoffs unterstützen.

2.3 Phasen des Unterrichts

2.3.1 Standardphasen

(1) Einstieg

- enthält im Kern die in der Stunde zu bearbeitenden inhaltlichen Schwerpunkte
- trägt durch die Stunde
- motiviert SuS zur Mitarbeit
- unterschiedliche Funktionen des Einstiegs im Schwerpunkt:
 - Schaffung eines Orientierungsrahmens
 - Einführung in zentrale Aspekte des Themas
 - Anknüpfung an Vorverständnis
 - Disziplinierung
 - Ermöglichung eines handehnden Umgangs

In der Problematisierung werden die in der Einstiegsphase aufgeworfenen Problemstellungen verdeutlicht und vertieft. Am Ende dieser Phase müssen SuS das Stundenthema formulieren können. In der Regel erwachsen aus dieser Phase ein oder mehrere Problemfragen, welche auch schriftlich festgehalten werden (Tafel).

(2) Erarbeitung

- befasst sich mit der vorher aufgeworfenen Problemfrage
- Überlegung, ob Experimente durchgeführt werden und welche Arbeitsaufträge hierfür gebraucht werden

(3) Vertiefung

- vor der Vertiefung ist oft eine Sicherungsphase sinnvoll: Klasse notiert Ergebnisse
- kognitive, affektive und motorische Erschließung der Inhalte

(4) Schluss

- Wo stehen wir und wo wollten wir hin?
- Was fehlt uns vielleicht noch und wie wird es weiter gehen?
- Vermeidung einer Zusammenfassung des Unterrichts – gehört NICHT in die Rückschau
- In der Rückschau betreten wir eine Metaebene, in der das Geleistete im Fokus steht und NICHT der Inhalt des Geleisteten.

2.3.2 Unterrichtsphasen nach Grell/Grell

- Phase 1: Bewusster Anfang: Begrüßung
 - positive Grundhaltung begünstigen
- Phase 2: informierende Unterrichtseinstieg: SuS wird mitgeteilt, was sie lernen sollen, wie sie es nach dem Plan der Lehrkraft lernen sollen und warum sie es lernen sollen

3.5.2 explanatives Experimentieren

- Finden einer „Erklärung“ für das Beobachtete
- Ausgangspunkt: Hypothese oder Vermutung
- Vermutung muss begründet werden: entweder mit theoretischer Kenntnis oder mit Erfahrung
- es bieten sich an, ein exploratives Experiment voranzustellen
 - liefert Basis für die Vermutung und sogar die Vermutung (Wenn-Dann-Satz) selbst
 - wird im Experiment geprüft
 - Prüfung liefert Entscheidung darüber, ob Vermutung stimmt (verifiziert) oder NICHT stimmt (falsifiziert)

Ziel des explanativen Experimentierens: Verifizierung bzw. Falsifizierung einer Vermutung im Experiment

häufige Fehler beim explanativen Experimentieren

- Vermutung muss durch Vorkenntnisse oder Erfahrungen begründet werden
- Blick ist NICHT auf ein Ziel gerichtet

3.6 Charakteristik einer Erklärung

3.6.1 Erklärungen als Kausalketten (Wenn-Dann-Sätze)

- Erklären in naturwissenschaftlichem Zusammenhang = bilden einer Kette von Kausabzügen
- Erklärung vollständig \iff Kette besitzt KEINE Lücken

Wir verstehen unter einer Erklärung eine Kausalkette. Die Kette beginnt beim Beobachteten und endet bei den *Prämissen der Theorie*.

Solche Prämissen müssen NICHT im Wortsinne theoretisch sein. Sie können auch in gemeinsam geteilter Erfahrung bestehen.

\rightsquigarrow Eine solche Auffassung von Prämissen einer Theorie entbindet die Lehrkraft von der vermeintlichen Notwendigkeit, als *Erklärung* nur das zu akzeptieren, was sich in irgendeiner Weise auf ein theoretisches Modell bezieht. Solche Modelle bergen viele Lernschwierigkeiten.

Es offenbart ein großes Missverständnis, wenn jemand sagt, dass eine Sache erst dann erklärt ist, wenn sie auf ein abstraktes Modell zurückgeführt wurde.

Abstraktheit ist weder hinreichendes noch notwendiges Kriterium von Wissenschaftlichkeit!

3.6.2 Abhängigkeit der Erklärung von der Wahl der Prämissen

Es geht in Zusammenhang mit Erklärungen NICHT in erster Linie darum, ob eine Erklärung *falsch* oder *richtig* ist, sondern darum, ob die gewählten Prämissen unter physikalischer Perspektive akzeptabel sind oder nicht.

- Erziehung zur Übernahme von Verantwortung
- Erziehung zur Kritik- und Reflexionsfähigkeit

3.5 Zwei herangehensweisen beim Experimentieren

Experimentieren ist Gestalten. Lege dir selbst eine Gestaltungsaufgabe vor und vermeide Fragen, wie „Was habt ihr gesehen?“ oder „Wie könnte man das erklären?“.

3.5.1 exploratives Experimentieren

- Erkundung eines Phänomens
- genaue Beobachtung, aber Blick noch NICHT auf bestimmten Aspekt gerichtet
- Blick auch NICHT geleitet von offen ausgesprochener oder gar begründeter Vermutung
- Ausgangspunkt kann eine Problemfrage sein
- Blick ist scharf, aber offen für alles, was passieren und wo es passieren könnte

Ziel des explorativen Experimentierens: Vermutungen oder Hypothesen

Begriff Hypothese: Eine wissenschaftliche Hypothese erfüllt mehrere strenge Vorgaben: Sie muss

- allgemeingültig
- falsifizierbar
- als Wenn-Dann-Satz formulierbar
- empirisch prüfbar sein.

Begriff Vermutung: Eine Vermutung muss

- als Wenn-Dann-Aussage formulierbar
- empirisch prüfbar sein.

häufige Fehler beim explorativen Experimentieren

- anfängliche Suche nach Vermutungen oder gar Hypothesen
- zunächst wird erkundet, dann aber überraschend dennoch die Frage nach Erklärungen des Beobachteten; was jedoch sinnvoll ist: Erklärung von Vermutungen (in Form eines Wenn-Dann-Satzes), die sich aus den Beobachtungen ergeben; hier wird NICHT das Beobachtete, sondern der Wenn-Dann-Satz erklärt! ↔ „Erkläre, wie bist du zu deinem Wenn-Dann-Satz gekommen bist!“

- Unterrichtsziele nennen und erläutern
- Begründung, warum die Unterrichtsziele wichtig sind
- Übersicht über den geplanten Stundenverlauf
- Phase 3: Informationsinput: SuS erhalten die notwendigen Informationen, damit sie eigenständig arbeiten können
 - Lehrervortrag
 - Erklären
 - Vormachen
 - Vorzeigen
- Phase 4: Arbeitsaufträge geben: SuS wird eine oder Mehrere Lernaufgaben gestellt und demonstriert, wie die Lernaufgabe bearbeitet werden kann. Die Aufgabenstellung enthält
 - genaue Erklärung und Begründung
 - Zeitvorgabe
 - Vorgabe über Endprodukt, das SuS zu erarbeiten haben
- Phase 5: selbstständig arbeiten: SuS arbeiten eine gewisse Zeit selbstständig (allein oder in Gruppen – auf jeden Fall ungestört) an der Lernaufgabe, damit sie Lernerfahrungen machen können.
- Phase 6: Auslöschungsphase (entrollen): Falls nach Phase 5 noch eine Weiterarbeit im Klassenverband erfolgen soll, werden SuS unterstützt, sich von der selbstständigen Arbeit wieder auf die Arbeit im Plenum umzustellen.
- Phase 7: Weiterverarbeitung im Plenum: Klassengespräch (NICHT fragend-entwickelnd!)
 - Besprechung der Ergebnisse und von Fragen zu den Lernaufgaben
 - Auswertung
 - Zusammenfassung
- Phase 8: Rückschau
 - einige Minuten Rückschau auf den Unterricht
 - Strukturierung durch Lehrkraft
 - Lehrkraft geht auf „Verschiedenes“ ein

Grundannahmen für diese Unterrichtsphasierung

- SuS haben Interesse daran, in der Schule etwas zu lernen und erwarten vom Lehrer, dass er ihnen etwas beibringt
- Jeder kann nur sich selbst motivieren; man schaltet Motivation eher ein, wenn man weiß wofür und warum.
- Jeder kann nur selbst lernen. Jeder ist für sein Lernen selbst verantwortlich. Dazu ist er willens und in der Lage!

Grundgesetz der Lernens: Lernen = Information + Erfahrung

- Information: Lehrer, Bücher, Filme ...
- Erfahrung: Muss durch SuS selbst gemacht werden.
- Dementsprechend hat jedes Unterrichtsziel zwei Aspekte: Inhalt + Aktivität

2.3.3 Oersches Basismodell

	Lernen durch Eigenerfahrung	Konzeptaufbau	Problemlösen	Konzeptwechsel
1	0 Einführen des Kontextes (Veranschaulichen)	Bewusstmachen des Vorwissens	Problemgenerierung (z. B. Erfahren)	Vergegenwärtigung bestehender Konzepte (Veranschaulichen)
2	1 Inneres Vorstellen, Planen	Durcharbeiten eines prototypischen Musters (z. B. Verdeutlichen und Veranschaulichen)	Problempräzisierung (z. B. Verdeutlichen)	Disäquilibration, „Er-schüttern“ (z. B. Kon-trastieren)
3	Erste Ausdifferenzierung, Reflexion	Darstellen der wesentlichen Merkmale und Prinzipien (z. B. Ver-deutlichen und Ver-anschaulichen)	Lösungsvorschläge	Aufkommen des Neuen
4	Generalisierung der Ergebnisse	Aktiver Umgang mit neuem Konzept (z. B. Üben und Anwenden)	Prüfen der Lösungsvorschläge (z. B. Be-stätigen und Prüfen)	Wichtigkeit des Neuen Sezieren des Alten (z. B. Verdeutli-chen und Veranschau-lichen)
5	Übertragung auf grö-ßere Zusammenhänge (z. B. Anwenden)	Vernetzung mit be-kanntem Wissen (z. B. Kontrastieren, Bestä-tigen, Prüfen oder An-wenden)	Vernetzung, Transfer auf andere Problem- klassen (z. B. Üben und Anwenden, Über-prüfen)	Integration von Neu und Alt (z. B. Üben, Anwenden und Über-prüfen)

2.3.4 entdeckender/problemlorientierter/forschender Unterricht

- (1) Phänomenbetrachtung
- (2) qualitative Betrachtung mit Ergebnissen (Je-desto-Beziehungen)
- (3) quantitative Untersuchung motivieren
 - durch reale Situation (bessere Variante!): Wenn ich nichts rechnen kann, dann genügt dies NICHT der Realität bzgl. Technik, Hoch- und Tiefbau ...

- Beugung von Licht und Elektronen
- radioaktiver Zerfall
- Rutherfordsche Streuversuche
- ...

Vielen dieser Experimente kommt eine besondere Bedeutung bei der Entwicklung unseres naturwissenschaftlichen Weltbildes zu.

(12) Motivieren und Interesse wecken

Erzeugung eines kognitiven Konflikts.

(13) nachhaltige Eindrücke vermitteln

3.3 psychologische Ziele und Funktionen des Schulexperiments

Steigerung der Motivation und Lerneffektivität durch

- erstmalige Phänomene (kognitive Konflikte)
- mehrkanaligen Zugang (Lernen mit Kopf, Herz und Hand)
- praktische Anforderungen (Lernen durch Tun)
- Selbsttätigkeit, Verantwortlichkeit
- Individualisierung durch Variabilität im Erkenntnisgang
- Individualisierung im Bereich der Fähigkeitsprofile (praktische/intellektuelle/soziale Anforderungen)
- Förderung des Vertrauens in die eigenen Fähigkeiten (Selbstwertgefühl durch Erfolgsergebnisse)
- Experiment als Merkhilfe (vielschichtige Aktivität unterstützt Gedächtnisleistung)

3.4 pädagogische Ziele und Funktionen des Schulexperiments

Experimentieren als Ausgangspunkt und Mittel für

- Lernen sachbezogener „rationaler“ Argumentation
- Erziehung zum kausalen und logischen Denken
- Erziehung zur Sorgfältigkeit, Genauigkeit, Geduld ...
- Schulung der Beobachtungsfähigkeit
- Entwicklung von Kooperationsfähigkeit und anderen sozialen Kompetenzen (Teamarbeit, Rücksichtnahme, Dialogfähigkeit, Arbeitsteilung ...)
- Entwicklung der Kommunikationsfähigkeit (sprachliche Ausdrucksfähigkeit, Darstellungsfähigkeit mit schriftlichen und bildlichen Mit-teln)

- (3) physikalische Konzepte und Vorstellungen veranschaulichen
Hilft beim Aufbau physikalischer Vorstellungen
- (4) Begriffsbildung und Definitionen von Größen unterstützen
- (5) Vermittlung/Überprüfung physikalischer Fakten/Gesetze/Modelle mit Hilfe von Experimenten
(Experiment als Medium im Lehr-/ Lernprozess)
Mitteilungen mit Hilfe von Experimenten in ihrer Endgestalt: „So kann man zeigen, was andere sich ausgedacht haben.“
- (6) Sichtbarmachen des Experiments als zentrales Element der naturwissenschaftlichen Methode
(methodologische Funktion; Experiment als Lerninhalt)
 - Verifikation/Falsifikation von Hypothesen, Modell- und Theoriebildung.
 - Dann aber dürfen Experimente NICHT getrimmt werden! Kämpfen und Ringen mit Daten und Theorien der Naturwissenschaften muss dann sichtbar gemacht werden
 - Abweichungen zwischen Voraussagen der Theorie und den experimentellen Daten müssen im Unterricht diskutiert werden.
- (7) physikalische Größen und Gesetzmäßigkeiten direkt erfahrbar machen
- (8) Experimentieren zum Aufbau fachspezifischer Handlungskompetenzen
 - Umgang mit Messgeräten lernen
 - sorgfältig messen lernen
 - Variation der Parameter
 - Darstellung von Messergebnissen
 - Auswertung von Messergebnissen
 - Fehleranalyse
 - ...
- (9) (Schüler-)Vorstellungen prüfen
- (10) Physik in Technik und Alltag
 - lebenspraktische Bezüge herstellen
 - Lerninhalte in einen sinnstiftenden Kontext stellen
- (11) Meilensteine unserer Kulturgeschichte aufzeigen
 - Gravitationsgesetz
 - Brownsche Bewegung
 - Kathodenstrahlen
 - Magnetfeld bewegter Ladungen
 - Induktionsgesetz
 - äußerer Lichtelektrischer Effekt
 - elektromagnetische Wellen

- durch mathematische Gesetzmäßigkeiten
- (4) Durchführung der quantitativen Untersuchung
 - (5) graphische Darstellung der Untersuchungsergebnisse
 - (6) Interpretation
 - (7) mathematische Formulierung der Ergebnisse
 - (8) Rückbezug zur Motivation (Rückschau)

2.4 Checkliste

- Mein Persönlicher Zugang
 - Was interessiert mich am Inhalt besonders?
 - Wo berührt der Inhalt meinen Alltag?
 - Was ist mir klar, was unklar?
- Was ist die schulphysikalische Schstruktur des Inhalts?
 - Was ist das Elementare/Wesentliche?
 - Was hängt alles mit dem Inhalt zusammen?
 - Was kommt vorher, was nachher?
- Über die physikalischen Inhalte hinaus
 - Welche Verbindungen zu anderen Fächern, zur Technik ... drängen sich auf?
 - Wo berührt der Inhalt die Wechselwirkung Physik-Technik-Gesellschaft?
- Blick auf die SuS
 - Welche Anknüpfungen an Alltagserfahrungen bieten sich an?
 - Welche Vorerfahrungen lassen sich aktivieren?
- Schwerpunktsetzung
 - Was sollen SuS unbedingt verstehen? Was soll rüberkommen/hängen bleiben?
 - Was sind Lernziele?
- Welche Experimente und sonstige Medien, welche Arbeitsmaterialien stehen zur Verfügung?
- Welches sind die wesentlichen Unterrichtsschritte?
- Was muss der Lehrer übernehmen? Wo können SuS selbstständig arbeiten?
- Wie können SuS auf das Thema eingestimmt werden?
- Was gehört alles in den informierenden Unterrichtseinstieg?
- Welcher Erfahrungshintergrund ist bereit zu stellen, damit SuS eigenständig lernen können? Welcher Lerherinput ist dazu nötig?

- Welche Problemfragen sollen/müssen sichtbar werden?
- Welche Arbeitsaufträge sind zu formulieren, welche Arbeitsmaterialien bereit zu stellen?
- Welche Unterstützung wird in der Arbeitsphase gegeben?
- Wie geschieht die Ergebnissicherung, evtl. Ergebnispräsentation?
- Welche Strukturierung, Zusammenfassung, Rückschau ist notwendig?

III Das Experiment im Physikunterricht

- ... hat im Unterricht eine wesentliche didaktische und methodische Funktion: es soll beim Lernen und Lehren unterstützen.
- SuS sollen die zentrale Rolle des Experiments im naturwissenschaftlichen Unterricht kennenlernen.

3.1 Kann das Experiment in der Schule die (klassische) Funktion des Experiments im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess demonstrieren?

Folgende Bedingungen müssen dabei erfüllt sein:

- Erkenntnisinteressen und geistige Entwürfe der SuS müssen aufgegriffen und geprüft werden
- experimentelle Bedingungen müssen von SuS durchschaut und variiert werden können
- mit dem Experiment verknüpfte Vereinfachungen und in das Gesetz einfließende Randbedingungen und damit der Gültigkeitsbereich müssen deutlich werden
- Ergebnisse müssen intersubjektiv überprüfbar sein, also unabhängig von Kenntnissen und Fähigkeiten des Experimentators (Lehrkraft)

Bei normalen Schülerexperimenten sind diese Bedingungen NICHT erfüllt, denn

- Experimente meist mit speziellem Lehrgerät durchgeführt: alle Störvariablen weitestgehend minimiert, das heißt:
 - in standardisierter Versuchsanordnung steckt genau das, was es herauszufinden gilt
 - Versuchsanordnung entspricht fertiger Theorie und damit in der Regel NICHT den Hypothesen der SuS
- Hypothesenbildung erfolgt in der Regel NICHT durch SuS, sondern stark gelenkt durch Lehrer in Richtung auf vorbereitetes Experiment
- Dem Lehrer ist es in der Regel NICHT möglich, seinen fachlichen Wissensvorsprung gegenüber den aktuellen Denkmustern der SuS zurückzustellen bzw. zurückzuhalten.

Fazit: Das Experiment im Unterricht dürfte nur äußerst selten die klassische Funktion des Experiments im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozess repräsentieren.

Im Physikunterricht hat das Experiment also in erster Linie didaktisch-methodische Funktion und darüber hinaus natürlich pädagogische und psychologische Funktionen.

3.2 didaktisch-methodische Funktionen des Experiments im Physikunterricht

(1) Erfahrungen bereitstellen

„primäre“ Erfahrungen, Präsentationen von Realität zur Gewinnung von Problemstellungen und Hypothesen; vor allem auch Herstellung eines gemeinsamen Erfahrungshintergrundes

(2) Phänomene überzeugend demonstrieren