

Didaktik der Physik II

Skriptum zur Vorlesung

Universität Regensburg
1992

Vorwort:

Das vorliegende Skriptum stellt eine studentische Ausarbeitung des zweiten Teils meiner zweisemestrigen Vorlesung "Einführung in die Didaktik der Physik" dar. Der inhaltliche Rahmen und die thematische Gliederung lehnen sich an meine seit Jahren gehaltene Vorlesung an. Der Text entspricht aber keinesfalls einer wörtlichen Mitschrift der Vorlesung eines bestimmten Semesters. Wesentliche Aussagen wurden an Hand von Literaturstudien ergänzt und vertieft. Die zur Verdeutlichung bestimmter Sachverhalte angeführten Beispiele stammen zum Teil aus dem Standardrepertoire, aus dem ich in der Vorlesung schöpfe, zum Teil aus der Fachliteratur oder der Intuition des Autors. Inhaltlich wurde das Skriptum mit mir abgestimmt, für sprachlichen Ausdruck, Formulierungen und Stil ist ausschließlich der Autor verantwortlich.

Dankenswerterweise hat sich der Autor besonders darum bemüht, das Skriptum so zu gestalten, daß es sich sowohl als Begleitlektüre zur Vorbereitung als auch zur ökonomischen Prüfungsvorbereitung eignet. Beiden Gesichtspunkten wurde dadurch Rechnung getragen, daß der Vorlesungsstoff in einem ersten Teil (Teil A) ausführlich dargestellt und in einem zweiten Teil (TeilB) in komprimierter Form für Wiederholungszwecke noch einmal zusammengefaßt wird.

Jeder, der bereits einmal eine Seminar- oder Examensarbeit bis zur Druckreife ausgearbeitet hat, weiß, welche ungeheuere Mühe es macht, bis ein Werk wie das vorliegende für den Leser zur Verfügung steht. Herzlichen Dank!

Regensburg, Oktober 1992

H. Hilscher

Hinweise für Leser:

Dieses Skriptum ist in zwei Teile untergliedert: Teil A und Teil B. In Teil A werden die Themen der Vorlesung ausführlich behandelt. Einzelne Inhalte werden durch Beispiele erläutert und genauer erklärt. Am Ende jedes Kapitels wird die dazugehörige Literatur angegeben; am Ende von Teil A die gesamte für die Vorlesung wichtige Literatur. Teil B enthält eine Zusammenfassung der wichtigsten Aussagen. Dieser Teil bietet den Lesern einen rascheren Überblick, muß aber zum besseren Verständnis der einzelnen Themen durch Teil A ergänzt werden.

Literaturangaben sind durch zwei in Klammern gesetzte Ziffern ergänzt. Die erste Ziffer gibt die Bedeutung (von 1 = sehr wichtig bis 3 = weniger wichtig) des Textes für das entsprechende Thema an. Die zweite Ziffer gibt dem Leser einen Anhaltspunkt, wie verständlich der jeweilige Text geschrieben ist (von 1 = gut verständlich, leicht zu lesen bis 3 = anstrengender zu lesen). Literaturangaben für wörtliche Zitate sind natürlich nicht bewertet.

Teil A

| | |
|--|----|
| 5 Unterrichtsplanung | 6 |
| 5.1 Didaktische Analyse | 6 |
| 5.2 Sachanalyse (Möglichkeiten inhaltlicher didaktischer Reduktion) | 7 |
| 5.2.1 Reduktion auf das Qualitative | 9 |
| 5.2.2 Reduktion durch Vernachlässigung | 9 |
| 5.2.3 Vereinfachung in Anlehnung an historische Entwicklungen | 10 |
| 5.2.4 Reduktion durch Verallgemeinerung (oder Generalisierung) | 11 |
| 5.2.5 Reduktion durch Partikularisierung | 11 |
| 5.2.6 Vereinfachung durch mangelnde begriffliche Differenzierung | 12 |
| 5.2.7 Reduktion auf das Elementare oder Prinzipielle | 12 |
| 6 Wissenschaftsbezug des Physikunterrichts | 14 |
| 6.1 Fachwissenschaftliche Arbeitsmethoden | 14 |
| 6.1.1 Induktive Schlußweise | 14 |
| 6.1.2 Deduktive Schlußweise | 15 |
| 6.1.3 Wechselspiel von Deduktion und Induktion | 17 |
| 6.2 Modelle in der Physik | 17 |
| 6.2.1 Versuch einer Klassifizierung | 18 |
| 6.2.2 Bedeutung und Aufgabe | 19 |
| 6.2.3 Didaktische Funktion | 19 |
| 7 Unterrichtsverfahren | 21 |
| 7.1 Darbietender Unterricht | 22 |
| 7.2 Fragend- entwickelnder Unterricht | 23 |
| 7.3 Entdeckender Unterricht | 24 |
| 7.3.1 Die Fragemethode (nach Suchman) | 25 |
| 7.3.2 Normalverfahren oder problemlösendes Verfahren | 26 |
| 7.3.3 Genetisches Unterrichtsverfahren | 26 |
| 7.3.4 Forschend- entwickelnder Unterricht | 29 |
| 7.3.5 Nacherfindender Unterricht | 30 |
| 7.4 Nachahmender Unterricht | 30 |
| 7.5 Prinzipien | 31 |
| 7.5.1 Historisierendes Verfahren | 31 |
| 7.5.2 Synthetisches, analytisches und syn/analy. Verfahren | 31 |
| 7.6 Spezielle Formen des Unterrichts | 32 |
| 7.6.1 Projekt | 32 |
| 7.6.2 Fallstudie | 33 |
| 7.6.3 Kurs | 34 |

| | |
|--|----|
| 8 Organisation des Unterrichts | 35 |
| 8.1 Phasen des Unterrichts | 35 |
| 8.1.1 Stufe der Motivation | 35 |
| 8.1.2 Stufe der Schwierigkeit | 38 |
| 8.1.3 Stufe der Lösung | 38 |
| 8.1.4 Stufe des Tuns und Ausführens | 39 |
| 8.1.5 Stufe des Behaltens und Einübens..... | 39 |
| 8.1.6 Stufe des Bereitstellens, der Übertragung und der Integration..... | 40 |
| 8.2 Sozialformen des Unterrichts | 40 |
| 8.2.1 Frontalunterricht..... | 40 |
| 8.2.2 Klassengespräch (oder Kreisgespräch) | 41 |
| 8.2.3 Gruppenunterricht..... | 41 |
| 8.2.4 Einzelarbeit | 43 |
| 8.2.5 Partnerarbeit | 44 |
| 8.2.6 Team Teaching..... | 44 |
| 8.3 Aktionsformen | 45 |
| 8.3.1 Lehrerfrage | 45 |
| 8.3.2 Impulse | 46 |
| 8.3.3 Schülerfrage | 46 |
| 8.3.4 Darbietungen | 47 |
| 9 Medienwahl 48 | |
| 9.1 Allgemeines | 48 |
| 9.2 Die einzelnen Medien des Physikunterrichts | 49 |
| 10 Das Experiment im Physikunterricht | 59 |
| 10.1 Allgemeines | 59 |
| 10.2 Das qualitative Experiment | 59 |
| 10.3 Das quantitative Experiment | 60 |
| 10.4 Didaktische Funktionen von Unterrichtsexperimenten und methodische Aspekte | 61 |
| 10.5 Klassifikationsschemata von Experimenten | 62 |
| 11 Literatur | 65 |

5 Unterrichtsplanung

Sinn der Planung ist, durch sorgsame Einberechnung aller Faktoren **den Lehrerfolg systematisch zu sichern**. Besonders für den (Lehr-) Anfänger ist eine exakte Planung eine unerläßliche Hilfe zur Bewältigung des Unterrichtsgeschehens.

Im Einzelnen erfüllt die Vorbereitung des Unterrichts mehrere Funktionen [1]:

- Sie sorgt für einen **sinnvollen Unterrichtsablauf** (*So muß z.B. der Transfer der Unterrichtsinhalte eher am Ende einer Unterrichtseinheit stehen*).
- Sie stellt sicher, daß **effektiv** im Unterricht gearbeitet wird (*Übungsaufgaben werden in genau ausreichender Zahl angeboten*).
- Sie **deckt** den **Bildungsgehalt** (d.h. die erzieherische Funktion und die Bedeutung für den Schüler) der Inhalte **auf** (*Einsicht, vorsichtig beim Umgang mit elektrischem Strom zu sein*).
- Sie stellt sicher, daß **nur fachwissenschaftlich Richtiges** im Unterricht vermittelt wird.
- Sie **vermeidet** einerseits **zufällige und willkürliche Aktionen des Lehrers**, andererseits **immer gleichbleibendes Ablaufen des Unterrichts** (*Eintönigkeit kann ebenso verhindert werden wie emotionales Sich leitenlassen*).
- Sie **gibt** dem Lehrer die nötige **Souveränität**, flexibel auf unvorhergesehene Situationen zu reagieren.
- Sie dient zur **Kontrolle des Unterrichtsgeschehens** und gegebenenfalls zur Änderung des Lehrverhaltens.
- Sie stellt **Mindestanforderungen** auf, die jeder Schüler durch den Unterricht erreichen soll (=operationalisierte Lernziele, siehe auch Pkt. 4.9) (*Bsp.: Die Schüler sollen alle Bauteile eines einfachen elektrischen Stromkreises ohne Hilfsmittel aufsagen können*).
- Sie dient der **angemessenen zeitlichen Verteilung der** im Lehrplan vorgesehenen **Unterrichtsinhalte** (vom gesamten Schuljahr, Halbjahr etc. bis zur Unterrichtsstunde).

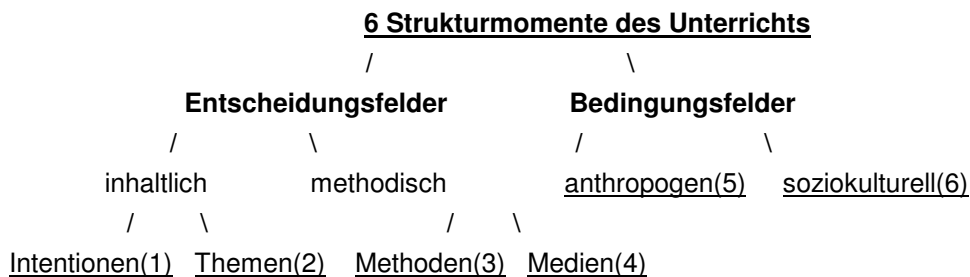
Neben den Vorteilen für den Unterricht bringt eine **gute Planung** auch **persönliche Vorteile für den Lehrer** mit sich. Dies sind die Möglichkeiten, **effizient zu arbeiten**, das **Gedächtnis** durch schriftliche Planung **zu entlasten** und durch **souveräne Ruhe** und Gelassenheit geleitet zu werden, da man weiß, was auf einen zukommt.

5.1 Didaktische Analyse

Die **Auffassungen über** den Inhalt bzw. den Umfang der **didaktischen Analyse** sind zum Teil **unterschiedlich**. Möchte man den Begriff "Didaktische Analyse" klären, so ist es sinnvoll, zuerst den Begriff "Didaktik" genauer zu erläutern. Didaktik (vom griechischen didaskein), bedeutet soviel wie, unterrichten, klar auseinandersetzen oder beweisen. **Didaktik** wird somit **sowohl** als **Theorie der Bildungsinhalte und Bildungsziele** (Struktur, Auswahl, Organisation) **als auch** als **Wissenschaft vom Lehren und Lernen** verstanden (siehe auch Pkt. 2.1.3).

In diesem Skriptum wird sich der Auffassung Klafkis angeschlossen. Als **didaktische Analyse** wird danach **nur** die Analyse von **Intentionen und Thematik** verstanden. In der Pädagogik werden manchmal auch zusätzlich die Methodik sowie die Bedingungen des Unterrichts mit unter den Begriff der didaktischen Analyse gefaßt.

Der Mediendidaktiker **Paul Heimann** nannte als Rahmen bzw. Leitfaden für die Planung von Unterricht insgesamt **6 Strukturmomente** (=Bedingungs- und Entscheidungsfelder des **Berliner Modells**) [2].



Die beiden Momente Intention und Thematik (1 und 2) bezeichnet Klafki in seiner Theorie der kategorialen Bildung als Kern der Unterrichtsvorbereitung bzw. als didaktische Analyse. **Die so verstandene didaktische Analyse umfaßt also eine thematische Sachanalyse** (siehe auch Pkt. 5.2) **mit Lernzielzuordnung**. Das Suchen und Aufstellen von Zielen (hierbei besonders die operationalisierten Ziele) hat vor allem den Sinn, den Erfolg des Unterrichts sichtbar bzw. meßbar zu machen (siehe auch Pkt. 4.9). Zur Intentionalität (=Zielsetzung) gehören affektive, psychomotorische und kognitive Leit-, Richt-, Grob- und Feinziele. Leit- und Grobziele stehen in der Regel im Lehrplan, Feinziele setzt der Lehrer für jede einzelne Stunde. Die Zielsetzung ist eng mit der Thematik verbunden und kann keinesfalls von dieser gelöst werden. Ziele lassen sich nur an Hand von konkreten Sachverhalten, die in einer Unterrichtseinheit vermittelt werden sollen, erreichen. Sachliche Analyse und die Suche von Zielen erfolgen am besten abwechselnd bzw. gleichzeitig.

5.2 Sachanalyse (Möglichkeiten inhaltlicher didaktischer Reduktion):

In der Sachanalyse wird das Thema der Unterrichtseinheit sowohl vom Standpunkt der Wissenschaft als auch aus der Sicht des Schülers betrachtet. **Ziel ist es, den Stoff auf der Ebene der Wissenschaft so weit zu vereinfachen, daß er für Kinder verständlich wird.** Diese Vereinfachung (auch Reduktion genannt, vom lat. *reducere*= zurückführen) muß erfolgen, ohne etwas zu verfälschen oder Wesentliches außer acht zu lassen (auch Vereinfachungen müssen in wissenschaftlich vertretbaren Aussagen enden). **Außerdem müssen Themen ausgewählt werden, die der Alterstufe der Schüler angemessen sind, die den Schülern lernpsychologisch zumutbar sind.**

Die Sachanalyse wird aufgeteilt in die fachwissenschaftliche Klärung ("*Was sagen die Fachwissenschaften zum Thema?*") und in die **altersgemäße Reduktion** ("*Wie sage ich es dem Kind?*"):

Unter die fachwissenschaftliche Klärung des Unterrichtsinhalts fallen physikalische Begriffe, Größen, Einheiten, historische Entwicklungen, technische Anwendungen, die Grundprinzipien eines Faches, die Bedeutung der Physik in der Gesellschaft, Querverbindungen zu anderen Bereichen und die Strukturen der Inhalte.

Die Betrachtung der altersgemäßen Reduktionsmöglichkeiten untersucht die Relevanz des Themas für das Kind jetzt und später, die Vereinfachung auf das Niveau der Schüler und die Auswahl der Themen aus dem Erfahrungsraum des Kindes.

Der folgende Fragenkatalog mit angeführten Beispielen soll den fachwissenschaftlichen Teil der Sachanalyse verdeutlichen [3]:

-**Wie behandelt die Fachwissenschaft das** ausgewählte **Thema**?

-Welche **grundlegenden Kenntnisse**, Begriffe, Konzepte, Methoden, Denkmuster **etc.** sind zu vermitteln?

-**Wie ist der Stoff strukturiert?** (Die Einbettung in einen größeren Zusammenhang und innere Struktur der Inhalte muß untersucht werden).

-Ist die Behandlung des Themas **exemplarisch**? (Ein Pendel ist z.B. exemplarisch für die Energieerhaltung).

-**Welche Fähigkeiten und Fertigkeiten** werden gefördert?

-**Welche Experimente** kann man im Unterricht durchführen? Je einfacher die in Experimenten verwendeten Geräte sind (z.B. alltäglich benutzte Gegenstände), desto besser (siehe auch Pkt.10.3). Unerläßlich ist das Ausprobieren von Experimenten vor dem Unterricht, ansonsten können Glaubwürdigkeit und Ansehen des Lehrers verloren gehen. Genauigkeit und mögliche Fehlerquellen eines Experimentes sollten bekannt sein.

-Welche **Voraussetzungen/** Vorkenntnisse benötigen die Schüler? (Vor der Behandlung des Pendels sollten die Schüler kinetische Energie sowie Höhen- bzw. Lageenergie behandelt haben.)

-Welcher **Zusammenhang** zwischen dem **Thema** und der gegenwärtigen und zukünftigen **Lebenssituation** der Schüler kann hergestellt werden?

-Was sind **geeignete Beispiele** (aus der Erfahrungswelt der Schüler) zur Demonstration des Wesentlichen? (z.B. bei der Einführung des elektrischen Stromkreises: die Taschenlampe).

-Wo gibt es **technische Realisierungen** und Anwendungen? (Eine Anwendung des Elektromagneten ist in haushaltsüblichen Klingeln zu finden).

-Wo gibt es **Querverbindungen** zu anderen Bereichen innerhalb des Faches oder zu anderen Disziplinen?

-Hat das Thema **ökonomische, politische, gesellschaftliche Bedeutung**? (Ist z.B. das Risiko der Atomenergie für unsere Gesellschaft tragbar).

Im Fach Physik kommt der didaktischen Reduktion der fachwissenschaftlichen Inhalte **eine besondere Bedeutung zu** (man denke nur an die Mathematisierung der Fachwissenschaft). Komplexe Sachverhalte werden auf ihre Kernaussage zurückgeführt, an besonders einleuchtenden Beispielen und durch Veranschaulichung erläutert. Zwei, fast widersprüchlich zueinander stehende, **Voraussetzungen** sind hierbei zu erfüllen:

-Es darf **nicht soweit vereinfacht** werden, **daß**, fachwissenschaftlich gesehen, **falsche Aussagen entstehen** (bei Modellen müssen die Grenzen selbiger angegeben werden).

-Die wissenschaftlichen Kenntnisse sind **soweit zu vereinfachen, daß** sie von den Schülern verarbeitet werden können (die lernpsychologische Zumutbarkeit/ bzw. **Altersgemäßheit** muß **gewährleistet** sein).

Jung unterscheidet 7 Arten der didaktischen Reduktion, wie sie auch in der Fachwissenschaft Physik vorkommen [4;5]:

5.2.1 Reduktion auf das Qualitative:

Physikalische Theorien sind heute in der Regel mathematisiert und damit quantitativ gefaßt. Alle quantitativen physikalischen Gesetze, Aussagen oder Experimente können jedoch auch qualitativ formuliert bzw. durchgeführt werden. Qualitative Erklärungen sollten in der Primar- und Sekundarstufe I Vorrang vor quantitativen Beschreibungen haben.

Einige Beispiele für qualitativ formulierte Sachverhalte seien hier genannt:

- Ändert sich der magnetische Fluß in einer Spule, so wird in dieser Spule eine Spannung induziert.
- Der elektrische Widerstand ist unabhängig von der Stromstärke.
- Arbeit ist Energie, die in ein System hineingesteckt oder aus einem System entnommen wird (transferierte Energie). Wirkt auf einen Körper längs eines Weges eine Kraft, so ist die mechanische Arbeit umso größer, je länger der Weg und je größer die Kraft ist.

In der Schule werden z.B. Ladungstrennung durch Reibung und die Anomalie des Wassers **nur qualitativ behandelt**.

"Je - desto" Aussagen können als halb qualitative Aussagen eingestuft werden:

- Je höher die Spannung ist, die an einem Leiter angelegt ist, desto höher ist der Strom, der durch diesen fließt.
- Je größer der Abstand r von einer Lichtquelle ist, desto kleiner ist die Beleuchtungsstärke B (qualitativ exakt wäre: B ist direkt proportional zu $1/r^2$).

Weitere Beispiele für qualitative und quantitative Aussagen siehe Kapitel 10.2.

Die alleinige **qualitative Bearbeitung** von physikalischen Sachverhalten birgt **gewisse Gefahren** :

- Mit "je...desto..." Aussagen verbinden die Schüler oft nur Proportionalitäten. (Das ohmsche Gesetz sagt aus: "je höher die Spannung, desto größer die Stromstärke". Die Schüler verbinden dies mit der direkten Proportionalität " U ist proportional zu I ". Bei der Gravitationskraft würden die meisten Schüler aber bei der qualitativen Formulierung "je größer die Entfernung, desto geringer die Kraft" für " F ist proportional zu $1/r^2$ " das "Quadrat" übersehen.
- Qualitative Aussagen können fachlich zwar richtig sein, aber nur Triviale aussagen ("je größer die Fallzeit beim freien Fall, desto größer der Fallweg" für " s ist proportional zum Quadrat der Fallzeit").

5.2.2 Reduktion durch Vernachlässigung:

Eine gängige Methode in der Physik ist die Vereinfachung eines Sachverhalts durch das Vernachlässigen von Störungs- oder Nebeneffekten, die das untersuchte Phänomen nicht wesentlich beeinflussen. Diese Methode soll in der Schule als typische Vorgehensweise der Physik vermittelt und natürlich auch praktiziert werden. Für die Praxis im Schulunterricht bedeutet dies, daß Experimente so gestaltet werden müssen, daß Nebeneffekte im Verhältnis zum zu zeigenden Effekt gering sind.

Beispiele für Versuche, bei denen Nebeneffekte vernachlässigt werden:

- Der **Luftwiderstand kann bei Fall- und Wurfbewegungen unberücksichtigt bleiben**, wenn die Masse des bewegten Gegenstandes relativ groß und die Geschwindigkeit desselben relativ klein ist.

- Die **Beugung des Lichts** kann vernachlässigt werden, wenn ein dem Licht im Weg stehendes Hindernis wesentlich größer ist als die Wellenlänge des Lichts.*
- Relativistische Effekte können bei Bewegungen bis 10% der Lichtgeschwindigkeit unberücksichtigt bleiben.*
- Bei Verwendung des Begriffs Lichtstrahl in der geometrischen Optik vernachlässigt man die räumliche Ausdehnung real schmaler Lichtbündel sowie alle Streu- und Beugungs-effekte.*

In der Schulphysik werden oft wesentliche physikalische Komponenten eines Sachverhalts (z.B. *Luftwiderstand bei Wurfbewegungen*) vernachlässigt, so daß die Schulmathematik zur Behandlung des Themas ausreicht. Dabei besteht die Gefahr, daß die Physikinhalte so stark idealisiert werden, daß die Schüler zwischen ihrer realen, täglich erlebten Wirklichkeit und der Physik des Unterrichts unterscheiden, anstatt an der Wirklichkeit das Gelernte wiederzuerkennen.

5.2.3 Vereinfachung in Anlehnung an historische Entwicklungen:

Auf der Suche nach gut zu vermittelnden Musterbeispielen, kann manchmal eine Rückbesinnung auf frühere historische Entwicklungsstufen hilfreich sein, in denen das Elementare des Inhalts ursprünglich und deutlich erkennbar wird: *Der Energie-erhaltungssatz wurde z.B. zuerst bei Stoßprozessen entdeckt, später erst seine Allgemein-gültigkeit nachgewiesen. Auch in der Schule kann man sich bei der Behandlung des Energierhaltungssatzes anfangs auf die Mechnaik beschränken und so die historische Entwicklung nachvollziehen, indem man erst im Laufe der Zeit den Gültigkeitsbereich erweitert.*

Häufig bieten sich historische Entwicklungsstufen bei technischen Sachverhalten an:

- So kann z.B. auf das Kohlekörner - Mikrophon zurückgegriffen werden, wenn das Prinzip der Wandlung von Druckschwankungen in Stromschwankungen deutlich gemacht werden soll.*
- Elektromotoren werden das erstmal in der Schule meist anhand einer, im Feld eines Dauermagneten, drehbar gelagerten Spule erklärt.*

Auch bei physikalischen Begriffen, Modellvorstellungen und Theorien kann auf frühere Entwicklungsstufen oder historische Originalexperimente zurückgegriffen werden:

- Der Rutherford'sche Streuversuch dient zur Weiterentwicklung des Atommodells zum Kern-Hülle-Modell.*
- Beschleunigte Bewegung untersucht man auf einer schiefen Ebene in Anlehnung an Galilei.*
- Beim "Oerstedt- Versuch" zum Begriff des elektromagnetischen Feldes wird gezeigt, daß bewegte Ladung mit einem Magnetfeld verbunden ist. Dies entdeckte Oerstedt zufällig, als sich in der Nähe eines stromdurchflossenen Leiters ein Kompaß befand.*
- Die Lichtgeschwindigkeit wurde durch folgende historische Experimente ermittelt:*
 - O. Römer (1672 -75) führte die erste Messung der Lichtgeschwindigkeit aus. Er beobachtete den innersten Jupitermond Io. Durch Messung der Umlaufzeit von verschiedenen Erdpositionen aus ermittelte er die Geschwindigkeit des Lichts.*
 - Fizeau (1849) ließ einen 9 km langen Lichtstrahl hin und her laufen und unterbrach diesen periodisch durch ein Zahnrad.*
 - Foucault (1850) ermittelte die Lichtgeschwindigkeit durch die Drehspiegelmethode (rotierender Spiegel) im Labor.*

5.2.4 Reduktion durch Verallgemeinerung (oder Generalisierung):

Generalisierung im Wechselspiel von Induktion und Deduktion (siehe auch Pkt. 6.1.3) ist ein grundlegendes Erkenntnisverfahren der Physik. Das Bilden physikalischer Begriffe und Auffinden von Gesetzen ist notwendig damit verbunden. Oft werden in der Schule neue Erkenntnisse mittels induktiver Schlußweise (siehe auch Pkt. 6.1.1) gewonnen: **Basierend auf Meßdaten**, die meist anhand **von nur einem** einzigen **Versuch** gewonnen werden, wird ein **allgemeingültiges Gesetz formuliert**.

Ein typisches Beispiel für diese Vorgehensweise im Unterricht ist der Lehrsatz: "Flüssigkeiten und Festkörper dehnen sich bei Erwärmung aus." Bekanntlich trifft dies bei Wasser und einigen Gummisorten in gedehntem Zustand in bestimmten Temperatur-bereichen nicht zu.

In der Physik hat Induktion allerdings keinen Beweischarakter (siehe auch Pkt. 6.1.1). Gesetze, Erhaltungssätze etc. können durch Experimente nicht bewiesen werden, da man hierzu unendlich viele Beispiele überprüfen müßte.

Im Physikunterricht sind Verallgemeinerungen an der Tagesordnung. *Einige Beispiele sollen genannt werden:*

-Der Energieerhaltungssatz wird meist nur auf wenigen Beispielen basierend eingeführt.

-Für alle Gase wird der gleiche Volumenausdehnungskoeffizient verwendet.

Die Gefahr bei dieser Reduktionsmethode ist: Verallgemeinerungen können bei weitergehender Ausdifferenzierung oder Erweiterung des Lerninhaltes zu einer Blockade bei den Schülern führen, wenn die Grenzen einer solchen Verallgemeinerung den Schülern nicht von vornherein klar gemacht wurden.

5.2.5 Reduktion durch Partikularisierung:

Begriffe werden anhand von Musterbeispielen erklärt, wobei aber nicht die gesamte Tragweite des Begriffs behandelt wird. Man beschränkt sich nur auf einen Teilaspekt des Begriffs.

Verschiedene Beispiele für die Anwendung dieser Methode im Physikunterricht können angeführt werden:

-In der Mittelstufe werden Kräfte als Ursache für Verformung eingeführt (sog. statischer Kraftbegriff). Schwierigkeiten können entstehen, wenn der Kraftbegriff später auf den dynamischen Aspekt erweitert wird.

-Der Energieerhaltungssatz wird anfangs nur in der Mechanik behandelt. Erst später wird gezeigt, daß er auch in der Wärmelehre und in der E-Lehre gültig ist.

-Für Flüssigkeiten und Gase werden im Unterricht Mustersubstanzen verwendet In der Regel sind dies Wasser bzw. Luft. Es besteht die Gefahr, daß die Schüler später Flüssigkeiten stets mit Wasser bzw. Gase stets mit Luft gleichsetzen.

-Für den Transformator gilt nur unbelastet: $N_1/N_2 = U_1/U_2$.

-Der elektrische Stromkreis wird ohne Wechselstromwiderstände behandelt.

Das Problem dieser Methode ist, daß eine spätere Erweiterung des Begriffsumfangs für den Schüler oft mit Schwierigkeiten verbunden ist. Es sollte deshalb unbedingt bei partikularisierter Behandlung eines Begriffes oder Sachverhalts auf eine spätere Erweiterung desselben hingewiesen werden.

5.2.6 Reduktion durch mangelnde begriffliche Differenzierung

In der Wissenschaft gilt der Grundsatz, daß **Begriffe immer eindeutig** und **unmißverständlich** sein sowie klar von anderen Begriffen unterschieden werden müssen. Eine genaue Differenzierung ist notwendig. In der Schule müssen Abstriche, die für eine altersgemäße Präsentation notwendig sind, akzeptiert werden.

Es gibt im Unterricht der Primar- sowie der Sekundarstufe I in der Regel keine Differenzierung zwischen schwerer und träger Masse. Es gibt im Unterricht nur elektrische Leiter und Nichtleiter (Halbleiter z.B. werden nicht behandelt), nur magnetische (Eisen, Nickel und Cobalt) und nicht magnetische Stoffe (es gibt keine Unterscheidung zwischen ferro-, para- und diamagnetischen Stoffen). Des weiteren wird Glas als fester Körper in der Schule behandelt, durchsichtige und undurchsichtige Körper werden unabhängig von ihrer Dicke unterschieden, Atomreaktoren nicht in Siedewasser- und Druckwasserreaktoren untergliedert oder Alpha, Beta und Gamma- Strahlung als radioaktive Strahlung zusammengefaßt.

Eine spätere, feinere Differenzierung dieser Begriffe ist bei der ersten Behandlung solcher Inhalte unbedingt offenzuhalten.

5.2.7 Reduktion auf das Elementare oder Prinzipielle

Hier geht es um die **Konzentration auf das Wesentliche** eines Verfahrens, eines Gerätes oder einer Theorie. Physikalisch- technische Geräte z.B. werden im Unterricht benutzt, ohne genau ihre Funktionsweise zu erklären. Wichtig ist vorerst nur, was ein Gerät macht und wie man es bedient, nicht, wie es genau funktioniert. Ein Gerät z.B. kann nur auf seine Verwendung reduziert werden.

In der Schule werden z.B. bei Versuchen Transformatoren, Batterien, Uhren oder Motoren eingesetzt, ohne daß die Schüler wissen, wie diese Geräte funktionieren. Wichtig ist hier nicht der innere Aufbau oder die Funktion der Geräte, sondern nur, was die Geräte machen und wie man sie bedient. Bei einer Batterie interessieren z.B. nicht die chemischen Prozesse, sondern nur, daß eine Batterie ein Kasten mit zwei Polen ist, zwischen denen eine Spannung anliegt.

Die Erzeugung des elektrischen Stromes oder der Transport elektrischer Energie werden im Unterricht auch nur mittels einer Reduktion auf das Prinzipielle behandelt.

Wichtige Beispiele für die Reduktion auf das Prinzipielle sind integrierte Schaltungen, der Overheadprojektor, Analog- Digital- Wandler, Computer, Laser, Fernsehgeräte, Motoren, Getriebe etc..

Literatur zu Kapitel 5:

- [1] Vgl. Rombach, Heinrich: Lexikon der Pädagogik, Freiburg: Herder 1970, S.276 (2/1)
- [2] Vgl. Vieth, Peter Michael: Physik in der Grundschule, Kastellaun: Henn 1975, S.13 15 (1/2)
- [3] Vgl. Willer, Jörg: Repetitorium Fachdidaktik Physik, Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1977, S.103f (2/2)
- [4] Vgl. Duit, Reinders; Häusler, Peter; Kircher, Ernst: Unterricht Physik, Köln: Aulis 1981, S.39-42 (2/2)
- [5] Vgl. Jung, Walter: Beiträge zur Didaktik der Physik, München: Diesterweg 1970, S.23-28 (2/3)

6. Wissenschaftsbezug des Physikunterrichts:

6.1 Fachwissenschaftliche Arbeitsmethoden:

Wissenschaftliches Arbeiten eines forschenden Physikers ist durch **einige typische Handlungsweisen** gekennzeichnet. Dazu gehören folgende Tätigkeiten:

- Naturereignisse werden beobachtet und Experimente durchgeführt. **Experimentieren** beinhaltet Planen, Durchführen und Auswerten eines Versuchs.
- Informationen, Daten, Literatur** sowie **Medien** sind zu **sammeln**.
- Untersuchung** ist die vertiefte Form der Beobachtung. Im Gegensatz zur Beobachtung wird bei der Untersuchung auf den Untersuchungsgegenstand eingewirkt. Werkzeuge oder andere Hilfsmittel sind dazu meist nötig.
- Begriffe werden durch** Definieren, Klassifizieren und Systematisieren gebildet. Die Definition eines Begriffes darf dabei nicht als Antwort auf eine Definitionsfrage gesehen werden, sondern ist das Ergebnis eines langwierigen Erarbeitungsprozesses.
- Sachverhalte werden **mathematisiert und abstrahiert**, d.h. quantitativ erfaßt und formal dargestellt.
- Modelle sind zu bilden (siehe auch Modelle in der Physik; Punkt 6.2).
- Hypothesen** werden **gebildet** und **erörtert**. Anlaß hierzu sind mit bisherigen Erkenntnissen nicht erklärbare Erfahrungen.
- Diskussion** ist nötig, um Gedanken und Erfahrungen auszutauschen.
- Messen** ist ein kennzeichnendes Verfahren für die Physik. Dies beinhaltet den richtigen Umgang mit Einheiten, Gerätekenntnisse, das Abschätzen der Meßgenauigkeit und der Ergebnisse sowie die graphische Darstellung der gemessenen Werte.

Ein Ziel des Physikunterrichts ist, Schüler durch Vermittlung dieser Handlungsweisen und Verfahren zu wissenschaftlichem Arbeiten (bzw. zu Vorstufen dazu) zu erziehen.

In der **Physik** werden Erkenntnisse meist in einem **Wechselspiel von induktiver und deduktiver Forschung** gewonnen. Beide Arbeitsverfahren [1] sollen im Physikunterricht in reduzierter Form angewendet werden, damit ihnen hier die gleiche erkenntnistheoretische Funktion und Bedeutung wie in der Wissenschaft selbst zukommt. Darüber hinaus sind **induktive** und **deduktive Schlußweise** typisch für alle empirischen Wissenschaften. Es handelt sich also keineswegs um ein Unterrichtsverfahren, sondern um **typische Denk- und Arbeitsweisen** des Empirikers (**insbesondere des Physikers**), um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. In jedem Unterricht können induktiv und deduktiv, meist im gegenseitigen Wechselspiel, neue Erkenntnisse gewonnen werden.

6.1.1 Induktive Schlußweise

Die Übersetzung des lateinischen Verbs "inducere" in etwa mit "hineinführen" trägt kaum zur Klärung des Begriffs "Induktive Schlußweise" bei. Bei der induktiven Schlußweise wird eine **Reihe von** einzelnen (natürlich dürfen dies nicht zu wenige sein) **Erfahrungen**, Beobachtungen oder Messungen auf nicht beobachtete Fälle ausgeweitet. **Hierauf** basierend werden **allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten aufgestellt. Aus einer Reihe von Einzelbeobachtungen werden also letztendlich allgemeine Gesetzmäßigkeiten abgeleitet.**

Ein, **in der Schule häufig anzutreffendes Beispiel** kann diese Methode, Erkenntnisse zu gewinnen, verdeutlichen: Die Wärmeausdehnung verschiedener Stoffe wird experimentell untersucht. Aufgrund der Versuchsergebnisse wird eine allgemeingültige Gesetzmäßigkeit vermutet: Stoffe dehnen sich mit steigender Temperatur aus. Im Schulunterricht ist es meist üblich, aus nur sehr wenigen Versuchsergebnissen generelle Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Die hierin liegenden Gefahren sollen dem Schüler verdeutlicht werden, die Vorläufigkeit und Anfälligkeit induktiven Denkens ist zu thematisieren.

Mathematisch läßt sich dieses Verfahren so ausdrücken: Gegeben ist die Menge M. Man stellt fest, daß eine Teilmenge von M die Eigenschaft f hat. Durch Induktion schließt man, daß die gesamte Menge M die Eigenschaft f hat.

In der **Physik** kann es **niemals** eine **vollständige Induktion** geben, d.h. **Beweise durch Induktion** sind **nicht möglich**. So kann zum Beispiel der Energieerhaltungssatz durch Experimente nicht bewiesen werden, da man hierzu unendlich viele Beispiele überprüfen müßte.

Weitere Beispiele für Gesetzmäßigkeiten, die man in der Schule durch induktive Schlußweise gewinnen kann, sind:

-Der Strom, der durch einen ohmschen Leiter fließt ist direkt proportional zur Spannung, die an diesen Leiter angelegt wird.

-Das Brechungsgesetz (z.B. Wie wird Licht beim Übergang von Luft ins Wasser gebrochen?) wird, meist auf nur wenigen Versuchsbeispielen basierend, gewonnen.

6.1.2 Deduktive Schlußweise

Schon die Übersetzung des lateinischen Wortes "deducere" mit **ableiten** oder **herleiten** läßt hier erkennen, wie dieses Verfahren zur Erkenntnisgewinnung aussieht. **Basierend auf** der Grundlage und Kenntnis von **bereits bekannten Gesetzen**, Prinzipien oder Befunden werden bei der deduktiven Schlußweise **durch logisches Nachdenken und/ oder mathematische Operationen neue Gesetze oder Zusammenhänge erschlossen** oder spezielle Probleme gelöst.

Das folgende Beispiel kann die deduktive Schlußweise leicht illustrieren:

Gegeben bzw. bekannt seien die Gesetzmäßigkeiten:

$$1. P=U \cdot I \quad \text{und} \quad 2. R=U/I$$

$$\text{aus 2. } U=R \cdot I \quad 2. \text{ in 1. } \Rightarrow P=R \cdot I^2$$

Dieses Gesetz ist bedeutend für den Stromtransport in Überlandleitungen. Die Leistung des Stromes, die an den Drähten verloren geht, hängt ab vom Quadrat der Stromstärke. Das neu gewonnene Gesetz verdeutlicht, daß zum Stromtransport in Überlandleitungen eine möglichst niedrige Stromstärke und dadurch bedingt eine sehr hohe Spannung günstig sind.

Noch ein weiteres Beispiel für die deduktive Schlußweise soll genannt werden: Ist die Wärmeausdehnung von Metallen bzw. Metalldrähten bekannt, kann man im Unterricht mit diesem Wissen ein Hitzedrahtamperemeter entwickeln.

Vor allem **in der Pädagogik und Didaktik** werden die erkenntnistheoretisch fundierten Begriffe Induktion und Deduktion oft auf den Bereich der Lehrmethodik und Unterrichtsverfahren übertragen, was zu einem **teilweise falschen Gebrauch dieser Begriffe** führen kann. So ist zum Beispiel die **pädagogische Beschreibung** von Deduktion mit **"vom Allgemeinen zum Besonderen"** in den meisten Fällen **nicht haltbar**. Auch Formulierungen wie "ein Denkverfahren,

bei dem man vom Allgemeinen zum Besonderen, vom Abstrakten auf das Konkrete, vom Umfassenden auf das Einzelne schließt..." zur Beschreibung von Deduktion sind für die Didaktik der Naturwissenschaften nicht brauchbar. Um die erkenntnistheoretische Bedeutung von Induktion und Deduktion zu wahren, sollte man im Bereich der Pädagogik weniger zwischen induktivem und deduktivem Verfahren als vielmehr zwischen synthetischem und analytischen Verfahren unterscheiden.

Das **oben genannte Beispiel** (deduktive Ableitung von $P=R \cdot I^2$) **zeigt** deutlich, daß die **pädagogische Definition** "vom Allgemeinen zum Besonderen" für das deduktive Verfahren **nicht haltbar** ist, **denn** das mittels Deduktion gewonnene, **neue Gesetz** ist eine vollkommen neue Erkenntnis und **nicht** etwa **ein besonderer Fall der zwei Ausgangsgesetze**.

Auch Knoll [2] verwendet den Begriff Deduktion unpassend: "...durch eine Reihe von Versuchen die lineare Wärmeausdehnung der Metalle Kupfer, Eisen, Zink erarbeitet. Induktiv ... die Schlußfolgerung gezogen: Metalle dehnen sich bei Erwärmung aus. ...deduktiver Gedankengang: auch Aluminium ist ein Metall, also muß es sich auch ausdehnen." Der hier als Deduktion bezeichnete Schritt führt allerdings zu keiner wirklich neuen Erkenntnis und ist deshalb definitionsgemäß keine Deduktion, sondern lediglich eine Erweiterung der Induktionsmenge um ein Element.

Ein **Beispiel** dafür, daß die **pädagogische Definition in bestimmten Sonderfällen ausnahmsweise richtig** sein kann, ist die Ableitung der Wurfhöhe bei senkrechtem Wurf aus der Energieerhaltung. Die Erkenntnisse über die Wurfhöhe erhält man in diesem Fall durch Deduktion (im naturwissenschaftlichen Sinn). Die **pädagogische Definition** "vom Allgemeinen zum Besonderen" ist **hier ausnahmsweise auch passend, da die neu gewonnene Erkenntnis** (der senkrechte Wurf) **ein Spezialfall des Ausgangswissens**, nämlich der Energieerhaltung, ist. Wenn das bekannte Ausgangsbeispiel also allgemeines Prinzip ist und die am Ende erhaltene Erkenntnis ein Sonderfall dieses Prinzips ist, gilt ausnahmsweise die pädagogische Definition.

Ein **Beispiel** für die Erarbeitung ein und desselben Sachverhaltes im Physikunterricht, **einmal deduktiv** und **einmal induktiv**, soll noch gezeigt werden:

Der Ersatzwiderstand bei der Parallelschaltung zweier Widerstände ist zu ermitteln:

Induktiver Weg: Verschiedene Widerstände werden paarweise parallel geschaltet und ihr R_{Ges} nach $R=U/I$ bestimmt. Die Kehrwerte der Widerstände werden miteinander verglichen:

$1/R_1 \quad 1/R_2 \quad 1/R_{\text{Ges}} \Rightarrow$ Die Gesetzmäßigkeit ist augenfällig.

$$1/R_{\text{Ges}} = 1/R_1 + 1/R_2$$

Deduktiver Weg: Die Ladungserhaltung verlangt: $I_{\text{ges}} = I_1 + I_2$. Das ohmsche Gesetz gilt sowohl für den Gesamtkreis als auch für die Teilabschnitte (U ist proportional zu I):

$$U = R \cdot I$$

$$U = R_1 \cdot I_1$$

$$U = R_2 \cdot I_2$$

Eingesetzt in $I = I_1 + I_2 \Rightarrow U/R = U/R_1 + U/R_2$.

Durch Division mit U entsteht das gewünschte Gesetz.

6.1.3 Wechselspiel von Deduktion und Induktion

In der **empirischen Forschung** werden **neue Erkenntnisse** meist durch ein **Wechselspiel von Deduktion und Induktion** gewonnen. In der Physik kommt man beispielsweise durch ein Experiment zu neuen Erkenntnissen (Induktion). Durch Deduktion wird ein dazu passendes Modell entwickelt, das in der Regel mehr Aussagen macht als die durch das Experiment induktiv gewonnenen Aussagen. Experimente zur Verifikation des Modells bringen dann als Nebenprodukt eventuell wiederum neue (induktive) Erkenntnisse. In einem **Wechselspiel von Theorie und Experiment** werden also neue Erkenntnisse gewonnen. Ein **allgemeingültiges Naturgesetz kristallisiert sich** in der Regel **erst durch eine Vielzahl von induktiven und deduktiven Schlüssen heraus**.

*Ein konkretes **Beispiel** soll ein mögliches **Wechselspiel von induktiver und deduktiver Schlußweise** verdeutlichen: Induktiv wurde der folgende Sachverhalt erschlossen: Alle Metalle dehnen sich bei Erwärmung aus. Nach einer Erklärung für diesen Sachverhalt suchend, begründet man dies mit der Kristallgitterstruktur der Metalle. Durch Deduktion schließt man daraufhin, daß sich alle kristallinen Festkörper bei Erwärmung ausdehnen. Die Verifikation dieser Erkenntnis (alle kristallinen Körper...) durch Experimente kann man auch als induktive Untermauerung der deduktiv gewonnenen Erkenntnis betrachten. **Entscheidend bei Induktion und Deduktion ist, daß sie zu wirklich neuen Erkenntnissen führen.***

Im Physikunterricht sind induktive und deduktive Schlußweise starke Vereinfachungen der entsprechenden wissenschaftlichen Forschungsmethoden. Besonders die Induktion verkümmert aus Zeitgründen oft zur erzwungenen Verallgemeinerung und Gesetzformulierung aus nur ein oder zwei Beispielen.

6.2 Modelle in der Physik

Physikalische Modelle [3] beschreiben Beobachtungen in der Natur. **Modelle haben eine erkenntnistheoretische** (zur Beschreibung bzw. Erklärung von Naturphänomenen, Gesetzmäßigkeiten und Eigenschaften.) **und eine didaktische** (zur Vereinfachung, Veranschaulichung oder Verdeutlichung komplexer Sachverhalte) **Funktion**.

Umfaßt ein Modell einen größeren Bereich, so wird es oft auch Theorie genannt. Theorien könnte man als Modelle mit sehr großem Gültigkeitsbereich bezeichnen. *Dazu gehören z.B. die Wellentheorie des Lichts, die Relativitätstheorie, die Quantenmechanik oder die molekulare Wärmetheorie.* Theorien und **Modelle ohne Angabe des Gültigkeitsbereichs können falsche Aussagen bewirken**. Physiker denken stets in Modellen. Die Physik kann die Natur nur beschreiben, sie kann aber nie die Natur selbst darstellen ("ist nie die Natur"). Physik beschränkt

sich auf die qualitative und quantitative Beschreibung der Phänomene mit dem Ziel, reproduzierbare Voraussagen machen zu können. So ist z.B. eine physikalische Frage nicht "Warum fällt ein Stein", sondern nur "Nach welchen Gesetzen fällt ein Stein?"

Modelle helfen auch, als wichtig angesehene Eigenschaften eines Sachverhaltes etc. auszudrücken und nebensächliche Eigenschaften außer acht zu lassen. Durch diese Vereinfachung kommt man zu einem überschaubaren, mathematisch berechenbaren oder zu Experimenten geeigneten Modell.

Als Beispiele können Atom- oder Kernmodelle genannt werden, ebenso Modelle von metallischen Leitern oder Halbleitern. Zu den Modellen für eng begrenzte Teilbereiche gehören unter anderem Massenpunkt, Schwerpunkt, Lichtstrahl, Elementarmagnet oder das Modell des elektrischen Stromkreises.

Es gibt **keine festen Begriffe zur Klassifikation von Modellen**, allerdings lassen sich unter dem Gesichtspunkt der didaktischen Funktion doch **verschiedene Richtungen** unterscheiden:

6.2.1 Versuch einer Klassifizierung

Technisches Abbild

Das technische Abbild (auch Objektmodell oder Demonstrationsmodell genannt) ist ein **dreidimensionales Modell**. Es ist oft sehr **stark vereinfacht**, da meist nur ein **bestimmter Aspekt** gezeigt werden soll. *Technische Abbilder sind z.B. die Modelleisenbahn, Auto- oder Motorenmodelle. Zwei unterschiedliche Typen sind zu unterscheiden:*

- Prinzipmodelle** stellen die prinzipielle Funktion eines Gerätes oder Gegenstandes etc. dar.
- Schnittmodelle** sind erweiterte Prinzipmodelle. Um in das Modell hineinschauen zu können, ohne es zerlegen oder öffnen zu müssen, wird dieses so aufgeschnitten, daß die relevanten Merkmale sichtbar werden. Bei Motormodellen z.B. ist dies üblich, um unkompliziert einen Einblick in das "Innenleben" eines Motors zu erhalten.

Planmodelle (oder Schematische Darstellung)

Planmodelle sind zweidimensionale, stark vereinfachte, **meist zeichnerische Darstellungen** komplexer Sachverhalte. Sie werden benutzt, um **z.B. die Funktion von Kernkraftwerken, der Stromversorgung oder des Wasserkreislaufs zu zeigen**. Auch Schaltpläne oder Graphiken können solche Modelle sein.

Analogmodelle:

Analogmodelle (Analogie= Übereinstimmung) sind Modelle, die **auf verschiedene Sachverhalte passend übertragen** werden können. So wird z.B. in der Schule das Gravitationsgesetz vor dem mit ihm übereinstimmenden Coulombgesetz behandelt. Bei der Behandlung des Coulombgesetzes kann man dann auf das Gravitationsgesetz zurückgreifen. Bei gleichen mathematischen Gesetzen sind die gleichen Phänomene zu beobachten. *So kann z.B. die Federschwingung in Analogie zur elektrischen Schwingung gesetzt werden.*

Die Unterscheidung zwischen ähnlich und analog ist zu beachten. Bei analogen Modellen besteht eine 1 zu 1 Zuordnung. *Wasser und Stromkreislauf hingegen sind nur ähnlich, bzw. nur teilweise analog, da sich z.B. nichts analoges zum auslaufenden Wasser bei Unterbrechung der Leitung für den elektrischen Stromkreis finden läßt.*

"Erklärungs"-Modelle:

Die Physik benutzt Erklärungsmodelle, um **Naturphänomene und physikalische Vorgänge zu beschreiben**.

Beispiele sind Atommodelle, Bändermodelle in der Festkörperphysik, das Modell der kinetischen Gastheorie, die Strahlenoptik oder geometrische Optik (Modelle des Lichts), das Modell der Entstehung des Kosmos oder das Teilchenmodell (alle Stoffe bestehen aus kleinen Teilchen).

Reichen Modelle zur Erklärung einer Beobachtung oder eines Phänomens nicht mehr aus, so versucht man, sie zu erweitern. Stößt man dabei auf unüberwindbare Grenzen, so ist ein vollkommen neuer Modellansatz nötig (*Atommodelle/ Paradigmenwechsel*).

Simulationsmodelle:

Simulationsmodelle werden verwendet, um physikalische oder technische Prozesse **einfacher, billiger oder ungefährlicher als im Original** nachzuvollziehen (*z.B. Unfall in einem Kernkraftwerk*).

Real existierende Vorgänge werden (heute vor allem am Computer) nachempfunden. *Anwendungsbereiche von Simulationsmodellen sind z.B. die Entwicklung von Fahrzeugkarosserien oder die Erforschung des Erdklimas.* Die Voraussetzung für Simulationen ist, daß die einzelnen Gesetzmäßigkeiten, die das Verhalten eines komplexen Systems bestimmen, bekannt sind. Die Zusammenhänge zwischen diesen werden dann rechnerisch durchgespielt.

6.2.2 Bedeutung und Aufgabe von Modellen

Modelle haben folgende Bedeutung und Aufgaben in der Physik:

- Modellieren ist **Arbeits- und Denkprinzip des Physikers**.
- Modelle helfen, Ähnlichkeitsgesetze zu verifizieren.
- Sie dienen der **Veranschaulichung** komplizierter Sachverhalte.
- Sie **betonen besondere Aspekte**.
- Mittels Modellen kann man unbekannte Zusammenhänge, Einflüsse oder Parameter erforschen.
- Modelle **vereinfachen** im Sinne didaktischer Reduktion. Sie geben ein vereinfachendes Abbild der Realität wieder oder beschreiben nur Teilaspekte.
- Sie vermitteln **technisches Verständnis**, *z.B. auch von Großanlagen und Produktionsverfahren*.
- Sie **fördern** das kognitive **Abstraktionsvermögen**.
- Modelle demonstrieren die Vorläufigkeit und Vergänglichkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse.

6.2.3 Didaktische Funktion von Modellen

- Modelle sind eine **Hilfe zum Verstehen** physikalischer Erkenntnisse.
- Sie können zur Motivation der Schüler positiv beitragen.
- Sie verfolgen affektive Lernziele. *So werden z.B. bei der Fehlersuche beim Modellbau Durchhaltevermögen und Leistungsansporn geübt.*
- Sie **schulen physikalische Arbeits- und Denkweisen** (dazu gehört wesentlich das Denken in Modellen).
- Modelle **helfen bei der Analyse und Synthese komplexer Phänomene**, Vorgänge, Strukturen oder Sachverhalte.
- Modelle verändern Haltungen und Einstellungen der Schüler (affektive Lernziele).
- Durch geeignete Modellvorstellungen wird es einem Schüler ermöglicht, Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten zu erklären.

Literatur zu Kapitel 6:

- [1] Vgl. Bleichroth, Wolfgang...: Fachdidaktik Physik, Köln: Aulis 1991, S.266 (1/1)
- [2] Knoll, Karl: Didaktik der Physik, München: Ehrenwirth 1978, S.79
- [3] Vgl. Bleichroth, Wolfgang...: Fachdidaktik Physik, Köln: Aulis 1991, S. 75 (2/1)

7 Unterrichtsverfahren

Eine wichtige Frage für die Gestaltung von Unterricht ist, unter welchen Bedingungen Schüler bestimmte Themen erarbeiten können und welche Themen der Lehrer vorwiegend informierend darbieten muß. Diese Fragestellung spiegelt sich im folgenden Kapitel mit der Unterscheidung von entdeckendem und darbietendem Unterrichtsverfahren wider.

Das folgende Kapitel wird unter dem Leitprinzip des exemplarisch- genetisch- sokratischen Lernens behandelt, das auf Martin Wagenschein zurückgeht. Der **Begriff des exemplarischen Lernens** (siehe auch Pkt. 7.3.3) bedeutet, daß durch intensive Arbeit an **wenigen Beispielen**, die **typisch und stellvertretend** für die Methoden und Inhalte der **Fachwissenschaft** sind, die Stofffülle reduziert wird. Der Umfang des reinen Faktenwissens wird so beschränkt, daß genügend Zeit vorhanden ist, damit "die ganze Person des Lernenden bewegt wird und mit der Wirklichkeit des Gegenstandes in Fühlung kommt" [1]. Eng mit dem exemplarischen ist das **genetische Prinzip** verbunden. Der Begriff der Genese bezieht sich auf den werdenden, d.h. den sich entwickelnden Menschen und auf das Werden des Wissens in den Fachwissenschaften. Genetisch- exemplarisches Lernen vollzieht sich am wirkungsvollsten im Gespräch (**sokratisches Prinzip**). Exemplarisches Lernen basiert auf der Auswahl von exemplarischen Beispielen (nicht jedes Beispiel ist exemplarisch: *z.B. ist die Bestimmung der Dichte eines Stoffes inhaltlich nicht für andere Stoffe exemplarisch, methodisch ist sie exemplarisch*). Für den Physikunterricht sind **Beispiele** die **universale Basis für das Physikverstehen**. Durch sie wird physikalisches Sehen, Denken und Wissen eingeleitet, ausgebildet und gefestigt.

Einige Thesen für die Bedeutung von Beispielen sowie für ihre Verwendung im Unterricht sollen hier genannt werden:

- Für die **ersten Begriffsbildungen** gibt es keinen besseren Weg als sich **an** einfachen **Beispielen** zu **orientieren**, die dem Erfahrungsbereich der Schüler entnommen sind. An jedem praktischen Beispiel muß etwas Allgemeines (ein Begriff, ein Verfahren oder ein Gesetz) sichtbar werden, für das der behandelte Fall typisch ist.
- Das **Anliegen der exemplarischen Methode** ist die **Herausarbeitung von allgemei-nen, prinzipiellen Tatbeständen**, keinesfalls aber eine Aneinanderreihung isolierter Sachverhalte. Es wird immer nach Gemeinsamkeiten und Verbindungen gesucht, das Gemeinsame der Vielfalt wird aufgezeigt.
- Um zu **neuen Erkenntnissen** zu gelangen, müssen die **Grenzen** eines Ausgangsbei-spieles möglichst weit **variiert** werden.
- Die **traditionelle Didaktik** unterscheidet zwischen **illustrierendem** Beispiel (Verdeut-lichung eines bekannten Sachverhalts) (*z.B. Zange, Brille oder Fahrradbeleuchtung*), **beweisendem** Beispiel (Verifizierung einer Hypothese) (*z.B. Farbzerlegung und Wiedervereinigung oder Trägheitsbewegung in Fahrzeugen*) und **einführendem Bei-spiel** (Einstieg, Motivationsfunktion) (*z.B. Kletterfunken als Einstieg in die Elektrizität*).
- Beispiele müssen eine mit dem Alter **fortschreitende Weiterentwicklung** der Kennt-nisse **offenlassen**. Denkschemata und Begriffskategorien müssen so aufgebaut werden, daß sie bei der Einführung neuer Themen erweitert werden können.

Zusammenfassend läßt sich das **exemplarische Prinzip** so charakterisieren:

Das exemplarische Prinzip kann gerade deshalb auf Vollständigkeit verzichten, weil sich in den Beispielen die Grundstruktur des gesamten Systems widerspiegelt, und zwar sowohl die Wissenschaftsstruktur als auch die Forschungsstruktur.

Die **im Folgenden beschriebenen Unterrichtsverfahren** [2;3], die **unter dem leitenden Prinzip des exemplarisch- genetisch- sokratischen Lernens** von Martin Wagenschein **dargestellt** werden, sollen im Unterricht abwechselnd und in ausgewogenem Maß eingesetzt werden, um sich gegenseitig zu ergänzen und so zu einem effektiven und für die Schüler attraktivem Unterrichtsgeschehen zu führen. Während der entdeckende Unterricht Denk- und Transferleistungen fördert sowie die Schüler aktiviert und den Lehrer in den Hintergrund treten läßt, eignet sich der darbietende Unterricht besser zur raschen Vermittlung einer großen Stofffülle. Der fragend- entwickelnde Unterricht ist zwischen Darbieten und Entdeckenlassen angesiedelt und ist wohl am häufigsten in der Unterrichtspraxis anzutreffen.

7.1 Darbietender Unterricht

Der Lehrer stellt dem Schüler den Lerninhalt dar. Dabei geht er monologisch d.h. gebend, erklärend und präsentierend vor. **Grundintension ist die Information des Schülers durch die direkte Belehrung.** Dementsprechend ist die unterrichtliche Initiative beim Lehrer konzentriert. Er bestimmt Ziele, Umfang, und Inhalt des zu Lernenden sowie Art und Weise der Präsentation. Reine Formen der Darbietung sind Vorlesung und Vortrag.

Der **Aktivität der Informationsquelle** stehen die **Rezeptivität und Reaktivität der Schüler** gegenüber, die zumindest vorläufig kritik- und fraglos die Information aufgrund der Autorität und Sachkompetenz der Informationsquelle übernehmen. Interaktionen zwischen den Schülern sind selten.

*Ein etwas zugespitztes Beispiel [4] (Thema: Drehgeschwindigkeits- Veränderung bei der Zahnrad-Übertragung) kann das dargestellte Unterrichtsverfahren gut verdeutlichen. Der Lehrer trägt, an einem Modell (2 verschieden große Zahnräder, die mit einer Kette verbunden sind) die entsprechenden Teile zeigend, vor: "Dieses Zahnrad hat 40 Zähne. Es ist durch eine Kette mit einem Zahnrad verbunden, das 10 Zähne hat. Wenn sich das große Zahnrad einmal dreht, werden 40 Glieder der Kette nach links verschoben. Also werden auch 40 Kettenglieder die Zähne des kleinen Zahnrades bewegen....."**Fehler! Verweisquelle konnte nicht gefunden werden.***

Die darbietende Unterrichtsform bietet sich vor allem in folgenden Fällen an:

- Der Lehrer (Schüler, Fachmann) berichtet eigene Erfahrungen oder Erlebnisse.
- Einzelne Arbeitsergebnisse (z.B. aus der Kleingruppenarbeit) werden dem Rest der Klasse präsentiert.
- Methoden und Arbeitstechniken werden vermittelt, bei denen Fehlleistungen von vorn-herin ausgeschlossen werden sollen.
- Der Lehrer demonstriert einen gefährlichen oder besonders aufwendigen Versuch.
- Große, aber leicht verständliche Informationsmengen werden ökonomisch vermittelt.
- Detailkenntnisse werden in einen größeren Zusammenhang eingeordnet (roter Faden, um nicht den Überblick zu verlieren).

Der sinnvoll- übernehmende Unterricht ist eine besondere Ausprägung des darbietenden Unterrichts. Durch "**sinnvoll- übernehmend**" soll ausgedrückt werden, daß es sich bei diesem Unterrichtsverfahren zwar um ein rezeptives, aber doch durchaus **verstehendes Lernen** handelt. Es wird besonderer Wert darauf gelegt, daß neues Wissen keinesfalls nur oberflächlich verstanden, vom Schüler übernommen wird. Um ein Verständnis des Stoffes zu erreichen, muß die **kognitive Denkstruktur** der Lernenden **genau beachtet** werden. Der Lehrer muß genau wissen, was der Schüler schon weiß, wie dieses Wissen strukturiert ist und wie die neu zu vermittelnden Erkenntnisse aufzubereiten sind, damit sie in das bereits Gelernte integriert werden können. Der sinnvoll- übernehmende Unterricht könnte auch als **einsichtiges Lernen** bezeichnet werden. Der Unterrichtsstoff muß so aufbereitet werden, daß er den Schülern leicht verständlich ist. Die Schüler dürfen den Stoff **nicht nur mechanisch auswendig lernen**. In der Regel arbeitet der sinnvoll- übernehmende Unterricht nach dem Prinzip "vom Allgemeinen zum Besonderen". Die einzelnen Inhalte werden zunächst im Überblick, später immer genauer ausdifferenziert, dargeboten (Prinzip der fortschreitenden Differenzierung). Sich überschneidende Themen werden zunächst unabhängig parallel dargestellt, erst später wird der Zusammenhang von Begriffen und Regeln aufgezeigt und die Unterschiede zwischen Neugelerntem und bereits Bekanntem herausgearbeitet. Neue Kenntnisse werden mittels Vorausorganisatoren eingeführt (*So wird z.B. vor dem Modell des elektrischen Stromkreislaufs das Modell des Wasserkreislaufs im Unterricht behandelt*).

7.2 Fragend - entwickelnder Unterricht

Das **fragend- entwickelnde Unterrichtsverfahren ermöglicht** einerseits eine **straffe Führung** durch den Lehrer (und damit Vorausplanung und Zielgerichtetheit) **und bindet** andererseits **die Schüler** (zumindest in gewissem Maße) **aktiv** in das Unterrichtsgeschehen **ein**.

Ein Problem wird in kleine Einzelschritte aufgelöst und in einfach zu beantwortende Fragen umgesetzt. Schritt für Schritt (meistens in der Form von Frage- Antwort- Ketten) führt der Lehrer die Schüler im Klassenverband durch das Problem zu einem bereits formulierten Ziel. Die logische Gedankenführung vom Ausgangspunkt bis zum Ziel bleibt den Schülern jedoch oft verschleiert. Hauptsächliche Anwendungsbereiche sind Lernprozesse mit hoher Zielgerichtetheit (z.B. Regel- oder Gesetzerarbeitung) oder schwierige, komplexe Themen.

Ein kurzes Beispiel (Parallelschaltung von Widerständen) soll den fragend- entwickelnden Unterricht verdeutlichen: Der Lehrer baut eine entsprechende Versuchsanordnung auf und stellt dazu Fragen: Wie teilt sich der Strom in diesem Leitungssystem auf?- Einen Zusammenhang müßtet du wissen.- Welche Größen können wir messen?- Erkennst du einen Zusammenhang dieser Größen?

Wichtig bei dieser Unterrichtsform ist, **Fragen geschickt und sinnvoll zu stellen** (siehe Kapitel 8.3.1). Vermieden werden sollten Fragen, die nur mit einem Wort zu beantworten sind (vor allem mit "ja" oder "nein" zu beantwortende Fragen).

Eine empfehlenswerte Variante des fragend- entwickelnden Unterrichts ist, die Schüler durch Impulse zu aktivem Denken anzuregen anstatt sie durch kleinschrittige Fragen zu gängeln. Die Urform der fragend- entwickelnden Gesprächsführung geht auf Sokrates zurück. Kennzeichen des **sokratischen Dialogs** ist, daß Lehrer und Schüler scheinbar die Rollen tauschen. Der **Lehrer läßt sich** durch behutsame Fragen **von den Schülern Phänomene und Sachverhalte erklären**

und bringt diese dadurch dazu, ihre eigenen Vorstellungen zu klären, zu entwickeln und zu verbessern.

In einer Untersuchung des niedersächsischen Kultusministeriums [5] heißt es: "In allen untersuchten Fächern (außer Musik und Kunst) dominierten die verschiedenen Varianten des fragend- entwickelnden Lehrer- Schüler- Gesprächs. Diese Form ist so verbreitet, weil mit ihr am raschesten die in den Rahmenrichtlinien vorgeschriebenen Lerninhalte bewältigt und Lerndefizite der Schüler abgebaut werden können. Die Effizienz, mit der Einsichten und Kenntnisse vermittelt werden, ist unbestritten ein Vorteil dieser Unterrichtsform. Allerdings kann der volle Lernerfolg nur dann als gesichert angesehen werden, wenn den Schülern ein angemessener Raum für Eigeninitiative gelassen wird."

7.3 Entdeckender Unterricht

Wegbereiter für das Unterrichtsverfahren des "Entdeckenden Lernen" (im Englischen "discovery learning" genannt) war vor allem **Jerome S. Bruner** von der Harvard University. Für eine große Gefahr hielt Bruner [6] die bloße Wissensanhäufung in der Schule. **Neugier, Agilität und Spontaneität der jungen Menschen müßten mehr als bisher zum Lernen genutzt werden.** Im Mittelpunkt des entdeckenden Unterrichts stehen selbständige Schüleraktivitäten. **Ausubel** [7] beschreibt entdeckendes Lernen wie folgt: "**Der Hauptinhalt des zu lernenden Materials ist nicht gegeben, sondern muß vom Lernenden entdeckt werden**". Dieses Zitat verdeutlicht, daß entdeckender Unterricht der Gegenpol zum darbietenden Unterricht ist.

Beim entdeckenden Unterricht wird eine für alle Schüler gemeinsame Fragestellung zu Beginn des Unterrichts erarbeitet. In der Entdeckungsphase ist der Gesprächs- und Arbeitsverlauf entweder in der Klasse oder in Gruppen weitgehend von den Schülern selbst bestimmt. Die Schüler sollen ein Thema, durch **eigene Materialsuche** und durch **eigene** Ermittlung geeigneter **Methoden** bei sachbezogener Motivation bearbeiten [8].

Schüler erkennen beim entdeckenden Unterricht ihre eigenen Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Phänomenen, trainieren Problemlösen, erkunden neue Denkwege, packen selbständig etwas an, finden zu kreativen Lösungen und akkomodieren unter Umständen dadurch wissenschaftliche Konzepte. Die Schüler steuern in Eigenverantwortung ihren Arbeitsprozeß, ihr Arbeitsverhalten und ihre Arbeitsergebnisse. Die **Rolle des Lehrers** ist hauptsächlich die des **Beraters** und **Helfers** bei der Auseinandersetzung mit Sachverhalten (vor allem in Form von Impulsen).

Folgende **Vorteile des entdeckenden Lernens** können genannt werden:

- Übergeordnete Lernziele** können erreicht werden: Hierzu gehören z.B. die Einübung von **Kooperation**, der Aufbau der **Fähigkeit**, eine **Arbeit zu planen, zu organisieren und durchzuführen**, die Förderung von **Selbsttätigkeit und Selbständigkeit**, die **Fähigkeit zu Eigenverantwortlichkeit** oder die Stärkung des Selbstwertgefühls der Schüler.
- Die intellektuellen **Fähigkeiten**, **Informationen so zu erwerben** und zu organisieren, **daß** sie für die **Bewältigung neuer Situationen** und Probleme **besser** verwendbar sind, **wird gesteigert**.
- Es entwickelt sich eine **intrinsische Motivation** durch die selbst gefundenen Lösungen von Problemen.
- Die Schüler **lernen, Probleme anzupacken**. Such- und Lösungsstrategien werden erlernt.
- Es wird **selbständig gearbeitet**. Die Schüler müssen sich eigene Gedanken machen, sie müssen Sachverhalte selbst hinterfragen.

- Die **Behaltens- und Transferleistungen verbessern sich** gegenüber dem darbietenden Unterrichtsverfahren.
- Die **Schüler** werden **aktiviert**.
- Nicht Wissenserwerb, sondern **methodische Fragen** stehen **im Vordergrund**.
- Die Schüler erleben, daß sie durch eigene Tätigkeit Zusammenhänge entdecken können.
- Die Kenntnisse sind in den Schülern verwurzelt, d.h. es findet **keine Unterscheidung** zwischen ihrer **erlebten Wirklichkeit** und der **Schulphysik** statt.
- Die Schüler werden als handelnde und denkende Partner ernstgenommen.

Für die **Schule relevant** ist **nur** das **gelenkte entdeckende Lernen**. Beim selbstentdeckenden Lernen, einer zweiten Ausprägung entdeckenden Lernens, wird der Weg zur Lösung eines Problems alleine gegangen (die Schule wird also nicht benötigt).

Entdecken und Problemlösen darf nicht gleichgesetzt werden, denn sehr oft gibt es Entdeckungsprozesse, bei denen die Problemstellung nicht auf die gemachte Entdeckung bezogen war, also eigentlich nach etwas anderem geforscht wurde (so wurde z.B. auch das Magnetfeld um einen stromdurchflossenen Leiter eher zufällig durch einen in der Nähe liegenden Kompaß entdeckt). Andererseits können Probleme bearbeitet werden, ohne etwas zu entdecken oder zu erfinden (z.B. durch eine einsichtsvolle Übernahme fremder Lösungen).

Es lassen sich verschiedene Ausformungen entdeckenden Unterrichts klassifizieren. Entscheidend für die folgende Gliederung ist der Aktivitätsgrad der Schüler:

7.3.1 Die Fragemethode (nach Suchman)

Die einzige **Aufgabe des Lehrers** bei dieser Methode ist, **von den Schülern gestellte Fragen** zu einem vorgegebenen Problem **zu beantworten**. Eine **extreme Variante** besteht darin, **nur** mit **"Ja"** oder **"Nein"** zu antworten. Anders abgeändert können anstatt der Antworten auch Verweise auf Experimente, Texte oder andere Unterrichtsmaterialien stehen. Dies setzt vom Lehrer eine sehr hohe fachliche Kompetenz voraus, da er den Unterricht nicht planen und sich somit nicht gezielt vorbereiten kann. **Das Wissen der Lehrperson muß sehr universal sein.**

Charakteristisch für die **Fragemethode** nach Suchman ist die **dreistufige Gliederung** einer Unterrichtseinheit: Eingestiegen wird durch einen Film oder ein Experiment zur Motivation, anschließend bestimmt man die relevanten Aspekte des Themas (Was sind wichtige Merkmale und Bedingungen z.B. des gezeigten Experimentes?). Die Formulierung und Überprüfung gesetzmäßiger Zusammenhänge als Ergebnis der Bemühungen ist der letzte Schritt.

In der unterrichtlichen **Praxis** hat sich **diese Art von Unterricht** allerdings **nicht durchgesetzt** und hat somit **heute** so gut wie **keine Bedeutung**.

7.3.2 Normalverfahren oder problemlösendes Verfahren

Die Namensgebung für dieses Unterrichtsverfahrens kann leicht verwirren, denn was möchte oder kann man einerseits als "normal" bezeichnen, andererseits sollten in jedem Unterricht "Probleme gelöst werden".

Hans Mothes wählte 1957 für dieses Unterrichtsverfahren die Bezeichnung "**Normalverfahren**", da er glaubte, sich am **normalen Vorgehen in der naturwissen-schaftlichen Forschung** zu orientieren. Oft wird dieses Verfahren auch als Abbild der Wissenschaft bezeichnet. **Genau betrachtet** ist es allerdings **kein Abbild der For-schung**, da für Forschung eine Idee notwendig ist, was man überhaupt untersuchen will (in der Schule aber hat der Lehrer die Idee) und da in der Physik mit ihren Paradigmenwechseln (z.B. von der klassischen Physik zur Quantenphysik) völlig neue Denkstrukturen notwendig sind. Der Lehrer inszeniert den Unterricht, als wären ihm die zu ermittelnden Sachverhalte noch nicht bekannt. In der Forschung sind oft Glück und spontane Einfälle entscheidend, in der Schule hingegen muß nach 5 min. eingeplanter Zeit die "zündende Idee" vorliegen.

Die **Stufen des Normalverfahrens** lehnen sich an die **induktive Vorgehensweise der fachwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung** an, nämlich Problem, Hypothese, Experiment und Verifikation. Als fünfte Stufe gibt es im Unterricht noch zusätzlich die Festigung des Lerninhalts.

Fünf Phasen einer Unterrichtseinheit (aber nicht notwendigerweise einer Unterrichtsstunde) charakterisieren somit dieses Unterrichtsverfahren:

1. Eine **Problemfrage** erwächst aus dem Unterrichtsgespräch, das an den voraus-gegangenen Unterricht oder an ein motivierendes Element/ Ereignis (z.B. Zeitungs-meldung, gestürztes Bild bei Blick durch eine Sammellinse) anknüpft.
2. Die Schüler analysieren das vorliegende Problem. **Hypothesen werden gebildet** und geäußert, (evtl.) sogleich wieder durch andere Hypothesen verworfen (günstig für den Überblick/ für die Vermeidung von Wiederholungen ist dabei die Fixierung der bereits vorgebrachten Hypothesen, am besten an der Tafel)
3. **Nachprüfung** der sich behauptenden Hypothesen, in der Regel **durch ein Experiment**.
4. **Rückkehr zum Ausgangspunkt bzw. zum Problem**. Das Ergebnis des Experiments (z.B. eine Gesetzmäßigkeit) wird mit dem Ausgangsproblem in Zusammenhang gebracht. Zusammen mit anderen Erkenntnissen soll das physikalische Gesetz das Problem lösen.
5. **Festigung des Ergebnisses** durch Rückschau auf Beginn und Verlauf der Unterrichts-einheit und durch Übungsaufgaben sowie Anwendung des Gelernten.

7.3.3 Genetisches Unterrichtsverfahren

Der genetische Unterricht wurde vor allem durch Martin Wagenschein geprägt. Bereits in den 50er Jahren führte Wagenschein **Befragungen** über einfache physikalische Sachverhalte durch, die das **Versagen der herkömmlichen Schulphysik** offenbarten. Physikalische Inhalte hatten die Testpersonen zwar in großem Umfang erworben, jedoch versagten sie größtenteils, sobald das Wissen (zur Erklärung von Phänomenen aus dem Alltag) angewendet werden sollte.

Martin Wagenschein forderte deshalb Verbesserungen des (Physik-) Unterrichts durch sokratisch- genetisch- exemplarisches Lernen:

Das sokratische Prinzip stellt das Gespräch zwischen den Schülern (unter maßvoller Anleitung des Lehrers) in den Mittelpunkt des Unterrichts. Die Schüler regen sich gegenseitig durch ihre Äußerungen zum Nachdenken an.

Das genetische Prinzip beinhaltet zwei Aspekte:

Der erste Aspekt berücksichtigt die **Entwicklung der Erkenntnis im Schüler**, die Denkweise der Schüler. Es muß somit vom Vorwissen und dem Vorverständnis der Schüler ausgegangen werden, mit konkreten Erfahrungen ist zu beginnen, Probleme sind in den Vordergrund zu stellen. Für den Unterricht bedeutet dies, daß vom Bekannten zum Unbekannten, vom Konkreten zum Abstrakten und vom Problem zum System gegangen werden muß. Die geistige Entwicklung des Schülers (die Altersstufe, auf der er steht) und die daraus resultierende Sichtweise muß besonders berücksichtigt werden (ein 8-jähriger sieht einen Sachverhalt z.B. ganz anders als ein 25-jähriger).

Der zweite Aspekt, auf den sich genetisch bezieht, ist die **Entwicklung**, bzw. der lange Weg **in der Wissenschaft**, um zu Erkenntnissen zu gelangen. Den Schülern soll verdeutlicht werden, daß es auch in den Wissenschaften eines sehr langen Weges bedurfte, um zu den heutigen Erkenntnissen zu gelangen.

Entscheidend beim genetischen Unterricht ist die Verfahrensweise bei der Präsentation/ Entdeckung des Stoffes. Ausgangspunkt sollten (wie in der Wissenschaft auch) Phänomene, und nicht fertige Gesetze sein (wie meist im gewöhnlichen Physikunterricht). Der Unterricht soll auf das Fragebedürfnis der Schüler eingehen und nicht fachwissenschaftliche Endprodukte den Schülern aufsetzen.

Das exemplarische Prinzip bietet einen **Ausweg aus der Stofffülle** an: Das an einem Beispiel erworbene Wissen und Können soll auf neue Beispiele übertragen werden können. Ein im Unterricht verwendetes Beispiel soll für andere Inhalte und für das Sachgebiet typisch/ stellvertretend sein, d.h. Beispiele müssen so ausgewählt werden, daß sich in ihnen die Struktur der Fachwissenschaft widerspiegelt. Das gewählte Exempel muß typisch für Erkenntnismethoden, für physikalische Sachverhalte und Strukturen sein, soll von den Schülern als solches erkannt werden können und soll auf andere Probleme transferierbar sein.

Im gemeinsamen Gespräch verbunden, sollen die Schüler selbst über beeindruckende Phänomene der alltäglichen Umwelt staunen, deren Ursachen entdecken und erkennen. Das genetische Lernverfahren berücksichtigt besonders die psychischen Gegebenheiten des Lernenden. **Gefördert werden soll vor allem die geistige Aktivität und die Kreativität der Lernenden.** Genetisches Lernen basiert auf Erstaunen, Entdecken und Erkennen. Anhand beeindruckender Phänomene der alltäglichen Umwelt werden physikalische Sachverhalte, letztendlich von den Schülern selbst, erläutert und erklärt.

Beispiele zur Erläuterung des genetischen Lernens:

Die Schüler bekommen die entsprechenden Materialien ausgeteilt und bauen selbständig in Gruppenarbeit aus einer Glühbirne, einer Batterie und Kabeln einen geschlossenen Stromkreis. Ebenso ist die Entwicklung eines Elektromagneten oder eines Prinzipmodells eines Elektromotors möglich.

Wagenschein betont: "Der Lehrer muß die Schüler bei den Phänomenen, dort, wo sie stehen, abholen. Die Grenzzone zwischen den Phänomenen und der Fachterminologie/ dem Labor ist breit. Die Umgangssprache wird nicht überwunden (d.h. verdrängt), sondern (von der Fachsprache) überbaut." [9]. Wagenschein geht von der These aus, daß es einen **bruchlosen Übergang von der vorwissenschaftlichen Erfahrung** und Reflexion **zum wissenschaftlichen Denken** gibt. "Das Denken des Kindes ist ein erwachsenes, es ist auf dem Weg zur Physik, den es jedoch allein nicht findet, wir brauchen ihm also nur entgegenzukommen und es abzuholen da, wo es von sich aus gerade steht, und wir werden die Physik in ihm auslösen." [10]

Charakterisiert wird der genetische Unterricht durch die folgenden typischen Merkmale:

- Die **Schüler entdecken Phänomene** unter Anleitung des Lehrers, dem das aktuelle sachbezogene und psychologische Wissen zur Verfügung steht.
- Gedanken müssen Zeit haben**, im Schüler **auszureifen**. Vorgebrachte Ideen müssen von allen Schülern nachvollzogen werden können.
- Unterrichtsinhalte sind typisch für die Physik (**exemplarisch**) auszuwählen.
- Modelle** können **nachentwickelt** werden, allerdings ohne historische Irrwege zu beschreiten.
- Das **sokratische Unterrichtsgespräch** steht **im Mittelpunkt** des Unterrichts. Der Lehrer gibt keine Informationen, sondern erteilt nur Impulse, die den Schüler zum selbständigen Denken anregen. Es handelt sich um ein Gespräch mit Pausen zum Nachdenken, man hört zu und läßt andere ausreden. Die Schüler erhalten Gelegenheit, sich langsam an das Elementare heranzutasten.
- Auf das **Suchen von Lösungsansätzen** und deren **kritische Analyse** wird viel Wert gelegt.

Die einzelnen Phasen des genetisches Lernen sind:

- Von** einem **Problem** oder Phänomen aus, steigt man **hinab ins Elementare**: "Das Seltsame fordert uns heraus und wir fordern ihm das Elementare ab" [11]. Ziel ist dabei die Fesselung für das Problem, das Bestreben, es zu lösen.
 - Der zweite Schritt ist die **Hypothesenbildung**. Lösungsansätze werden entwickelt, in Frage gestellt, überprüft, bestätigt oder widerlegt.
 - In der letzten Phase wird **neu erworbenes Wissens vertieft, systematisiert und geordnet**.
- Wagenschein beschreibt sinnvolles Vorgehen im Unterricht mit dem Bild eines Turmes: in der Mitte des Turmes (beeindruckende Phänomene) wird in einen neuen Wissensbereich eingestiegen, danach geht man hinab zu den elementaren Grundkenntnissen (Fundament), um am Ende bei komplizierten Anwendungen (Wissens- bzw. Turmspitze) anzugelangen.

Optimale Voraussetzungen für das genetische Unterrichtsverfahren sind der **Epochenunterricht** und eine **seminarartige Sitzordnung** aller Beteiligten um einen gemeinsamen Tisch. Im Gegensatz zum darbietenden Unterricht vermittelt dieses Verfahren zwar weniger Informationen, gibt dem Schüler aber mehr Freiraum und fördert eine intensivere Beschäftigung mit der Sache. Ohne Bruch kommen die Schüler vom Sehen und Selbsttun zum Verstehen, vom Nachdenken über auffällige Erscheinungen zur wissenschaftlichen Erforschung der Natur.

Wagenschein stellt einige **Regeln für den Schulalltag** auf. Diese helfen nicht nur, das Interesse der Schüler zu wecken, sondern auch, es zu erhalten:

| | | | |
|-----------------|--|----------------|---|
| -zuerst: | Phänomene qualitative Phänomene Natur Einzelfälle Muttersprache | danach: | Grundgesetzmäßigkeiten quantitative Behandlung des Stoffes Modelle Labor Verallgemeinerung Fachsprache |
|-----------------|--|----------------|---|

-Das **Tempo** des Unterrichts ist den **Langsameren anzupassen**. Die schnelleren Schüler können einstweilen das Vorangegangene nochmals überdenken und tiefer untersuchen.

-Mädchen sind beim Aufrufen zu bevorzugen, da ansonsten die Jungen im physikalisch - technischen Lernbereich dominieren.

7.3.4 Forschend - entwickelnder Unterricht

Das forschend - entwickelnde Unterrichtsverfahren [12] orientiert sich an der Methode der Erkenntnisgewinnung in der Fachwissenschaft Physik. Die **Denk- und Arbeitsweise des forschenden Physikers** wird, wenn auch in einer dem Unterricht angepaßten Form, **nachvollzogen**. Die Schüler lernen dabei, Lösungsvermutungen aufzustellen, Hypothesen durch Experimente zu prüfen und gegebenenfalls zu verifizieren. Zwar werden die von den Schülern untersuchten **Sachverhalte** nur **nachentdeckt**, trotzdem aber wird dem Schüler vermittelt, daß sie durch planmäßige Arbeit etwas erreichen können. Die Übernahme von anonymen Buchkenntnissen kann so vermindert werden. Kennzeichnend ist eine **sehr geringe Lenkung durch den Lehrer**. Der Forschende wählt nach Möglichkeit den Forschungsgegenstand, die Bearbeitungsstrategie und die Methoden selbst. **Im Unterrichtsalltag** ist forschender Unterricht **kaum durchführbar**: Die Lehrplanvorgaben, eine mangelnde Geräteausstattung, zu große Klassenstärken, eine nur auf ein Fach beschränkte Lehrerkompetenz und die Stundenplanvorgabe (Epochalunterricht, zumindest aber Blockstunden wären erforderlich) bereiten bei der Durchführung von forschend - entwickelndem Unterricht große Schwierigkeiten.

In Projekten (siehe Kap. 7.5.1) kann forschender Unterricht gut verwirklicht werden. In Waldorfschulen ist er sehr häufig zu finden.

Die Grenze zwischen forschend- entwickelndem und genetischem Unterricht ist fließend.

Eine Unterscheidung zwischen streng wissenschaftlichem Forschen und dem Forschen als ursprüngliches Motiv menschlicher Daseinserhellung ist zweckmäßig. **Forschen** darf **in diesem Zusammenhang** nicht streng wissenschaftlich gesehen werden (z.B. in einem Spezialgebiet laufend wichtige Informationen sammeln und auswerten, systematische Experimente zunehmend verfeinern etc.) [13], sondern **als** ursprüngliches **Motiv** zur Erhellung menschlichen Daseins und **zur Befriedigung natürlicher Neugier**.

7.3.5 Nacherfindender Unterricht

Ausgangspunkt dieses Unterrichts ist eine **technische Frage- oder Aufgabenstellung** (z.B. Baue eine Alarmanlage!). Entscheidend ist nicht die Erklärung eines technischen Gerätes, sondern die **aktive Lösung eines technischen Grundproblems**. Durch das Nacherfinden eines technischen Gerätes erfährt der Schüler schöpferisches Können und die Einsicht, daß Technik von Menschenhand gemacht wurde und auf Natur-gesetzhchkeiten beruht. Nacherfindender Unterricht ist konstruktiv und hat somit synthetischen Charakter. Beim nacherfindenden Unterricht müssen zuerst technische Aufgabenstellungen, danach Lösungsvorschläge entwickelt werden, die Lösungsvorschläge müssen diskutiert und beurteilt werden, zweckmäßige einfache Lösungen sind zu realisieren und zuletzt sind die Ergebnisse/ Erkenntnisse auf andere Aufgabenstellungen zu transferieren. Ein sehr großes **Problem** beim nacherfindenden Unterricht ist, daß die **meisten Geräte**, die von Interesse für die Jugendlichen sind (z.B. Computer), viel **zu komplex für einen Nachbau** sind.

Der Nachbau eines ganz einfachen Elektromotors kann dieses Unterrichtsverfahren verdeutlichen: Eine Spule wird mit ihren beiden Enden drehbar gelagert. Die beiden Lager sind die Pole einer Stromquelle. Die Drahtenden der Spule werden so zur Hälfte abisoliert, daß bei einer Umdrehung der Spule die halbe Umdrehungszeit Strom durch die Spule fließt. Bei jeder Drehung der Spule schaltet sich folglich das Spulenmagnetfeld folglich aus und ein. Unter die Spule wird ein kleiner Dauermagnet gehalten. Versetzt man nun die Spule durch Anstoßen in Rotation, so bleibt sie in Drehung.

7.4 Nachmachender Unterricht

Der nachmachende Unterricht im Fach Physik (als Sonderfall der Unterrichtsverfahren) lehnt sich an den **Nachbau funktionierender Geräte** oder Modelle unter minutiöser Anleitung an. Ein **Nachteil** dieses Unterrichtsverfahrens ist das weitgehend **fehlende, selbständige Denken** der Schüler (selbständig gedacht werden muß höchstens bei einer eventuellen Fehlersuche am Gerät). **Vorteilhaft** hingegen ist der **hohe Motivations-charakter**, da viele Kinder auch in ihrer Freizeit zu Hause nach Vorlagen basteln oder experimentieren. Bei vorläufigem Nichtfunktionieren des Gerätes stellt die Fehlersuche hohe Anforderungen und bringt bei erfolgreichem Abschluß ein großes Erfolgserlebnis mit sich.

Allein **affektive Lernziele** wie **Durchhaltevermögen, Ehrgeiz** oder **Erfolgsstreben** rechtfertigten dieses Verfahren. *Beispiele für nachmachenden Unterricht im Fach Physik sind der Bau eines Transistorradios, einer Lochkamera, eines Heißluftballons etc..*

7.5 Prinzipien

Prinzipien sind Überlegungen zur Unterrichtsgestaltung, die manchmal automatisch mit Unterrichtsverfahren verbunden sind, die aber auch als Grundsatz über einer Unterrichtseinheit stehen können, unabhängig davon, welches Unterrichtsverfahren gewählt wurde.

7.5.1 Historisierendes Verfahren

Das historisierende Verfahren darf nicht mit dem genetischem Verfahren verwechselt werden. Beim genetischen Verfahren werden nämlich nur **Entwicklungen** betrachtet, die aus heutiger Sicht wichtig sind. Im Gegensatz hierzu müssen **beim historisierenden Verfahren auch Fehlentwicklungen** aufgegriffen werden.

Durch das historisierende Verfahren **sollen die Schüler erkennen, daß Physik keine abgeschlossene Wissenschaft** ist, sondern einer **ständigen Entwicklung** unterliegt, daß sich Physik in einer Wechselbeziehung zwischen physikalischen Erkenntnissen, technischen Entwicklungen und sozialem Umfeld weiterentwickelt (so wurde z.B. zuerst die Dampfmaschine erfunden und erst danach die ihr zugrundeliegenden Gesetze erforscht). Außerdem wird den Schülern vermittelt, daß **Erkenntnisfortschritt oft durch Menschenschicksale** mitbestimmt wird (Aufopferung, Glücksfälle), sowie daß Forschung früher viel größere Probleme zu überwinden hatte als heute.

7.5.2 Synthetisches, analytisches und syn./ analytisches Verfahren

Das **synthetische Verfahren** geht von **einzelnen Wissenselementen** aus. Diese werden nach bestimmten Regeln **verknüpft**, so daß daraus ein **größeres System** wird (z.B. zuerst werden die physikalischen Gesetze behandelt, danach baut man, auf den Gesetzmäßigkeiten basierend, ein technisches Gerät). Die Betrachtung der technischen Anwendungsmöglichkeiten wird in der Anwendungs- und Vertiefungsphase vollzogen. So werden bei elektronischen Schaltungen beispielsweise zuerst die einzelnen Schaltelemente betrachtet und erst dann diese unter bestimmten Regeln verknüpft.

Beim **analytisches Verfahren** wird ein relativ **komplexes System in seine Grundbausteine zerlegt**. Für den Ablauf des Unterrichts bedeutet dies: man zerlegt ein Gerät, erarbeitet die Funktion der einzelnen Bauteile und schließt aus der Funktionsweise bzw. der Rolle einzelner Komponenten auf zugrundeliegende physikalische Gesetze. Ein technisches Gerät wird also als Einstieg gewählt. Martin Wagenschein vergleicht diese Vorgehensweise mit dem Einstieg in die Mitte eines Turmes, bei dem dann zuerst zu den Gesetzen (=Boden) hinabgestiegen werden muß, um am Ende zur Turmspitze (=Transfer, weitere Anwendung) hochsteigen zu können (siehe auch Pkt. 7.3.3).

Variation aus den vorhergehenden Methoden, die synthetisch- analytische Methode

Synthetische und analytische Methode können natürlich miteinander verbunden werden. Als Beispiel für die Variation beider Methoden kann folgendes Vorgehen im Unterricht genannt werden: Die Funktionsweise einer Sammellinse wird analysiert. Anschließend werden auf diesem Wissen aufbauend mehrere Sammellinsen zu einem Fernrohr zusammengefügt (=synthetisches Zusammensetzen). **Das analytisch- synthetische Verfahren** bietet sich besonders an, wenn **zur Bearbeitung eines Sachverhalts der Einstieg an Hand eines technischen Gerätes** aus dem Erfahrungsbereich der Schüler gewählt wird.

Das monographisch- synthetische Verfahren

Das monographisch- synthetische Verfahren [14] ist ein Sonderfall der synthetisch- analytischen Methode. An Hand gezielt künstlich präparierter Versuchsanordnungen werden hier einzelne physikalische Sachverhalte herausgearbeitet.

Induktives und deduktives Verfahren sind wissenschaftliche Forschungsverfahren, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen (siehe Punkt 6.1.1 und 6.1.2). Deshalb sollten die Begriffe "**induktiv**" und "**deduktiv**" **nicht in Zusammenhang mit Unterrichts-verfahren** verwendet werden, sondern gegebenenfalls von synthetischen und analytischen Unterrichtsverfahren gesprochen werden.

Das Prinzip vom Leichten zum Schweren, vom Allgemeinen zum Speziellen, vom Konkreten zum Abstrakten oder vom Einfachen zum Komplexen oder umgekehrt entspricht dem synthetischen bzw. dem analytischen Verfahren.

7.6 Spezielle Formen des Unterrichts

7.6.1 Projekt

Projekte (lat: das Vorentworfene) bezeichnen eine besondere Form des praxisorientierten Unterrichts. Es **verbindet die Schule mit der außerschulischen Wirklichkeit**. Vor Ort wird ein **konkretes Problem**, das die Interessen und Bedürfnisse der Schüler anspricht und das in der Gesellschaft von Bedeutung ist, **untersucht und gelöst**. Durch ganzheitliches Lernen, in dem Wissen, Erfahrung, Denken, Fühlen und Handeln in ihrer Wechselwirkung erlebt werden, sollen die Schüler die Fähigkeit zu gemeinsamem problemorientiertem und selbstverantwortetem Handeln erwerben. In einem Projekt planen die Beteiligten, auf ein bestimmtes Ziel gerichtet, selbst, was sie tun und erreichen wollen. **Wichtig** ist dabei die gegenseitige **Kommunikation**. Sie führen ihren Plan selbst aus.

Projekte laufen **meist in der Form von sogenannten Projekttagen** an der Schule ab. Die herkömmliche Form des Fachunterrichts wird aufgehoben, es wird **fächerübergreifend** gearbeitet. ein Projekt strebt ein vorzeigbares Ergebnis, wie z.B. eine Dokumentation, eine Ausstellung oder einen Veränderungsvorschlag an eine Behörde an. Wesentlich dabei ist, daß das Ergebnis des Projekts veröffentlicht wird, d.h. über die Klasse hinaus bekannt gemacht wird.

Die Beteiligten lernen dabei, realistische Ziele zu setzen, mit der Zeit umzugehen, Probleme arbeitsteilig anzupacken und ein Vorhaben zu Ende zu bringen.

Die **Projektmethode** erfüllt oberste Ziele unseres Bildungswesens, nämlich die **Erziehung zu Selbständigkeit und Selbstverantwortung, zu Kooperation und Kritikfähigkeit**.

Grenzen und Probleme beim Projektunterricht liegen in einer eventuell möglichen Spezialisierung von Schülern, in der Schwierigkeit, die Leistung einzelner Schüler zu beurteilen und in Organisationsproblemen (z.B. institutioneller Art). Auch die Kompetenz des Lehrers muß bei Projektarbeit über rein fachliches Wissen (z.B. Organisationsfähigkeit) hinausgehen.

7.6.2 Fallstudie

In der Fallstudie [15] bearbeiten die Schüler einen ganz **speziellen Fall**, in dem naturgesetzliche Zusammenhänge deutlich zum Ausdruck kommen. *Als **Beispiel** aus der Grundschule für eine Fallstudie könnte man die Behandlung eines Sees nennen, an dem die Temperatur im Jahresverlauf gemessen wird, die verschiedenen Aggregatzustände aufgezeigt werden und an dem erklärt wird, warum die Fische im Winter überleben können. Ein Beispiel aus der Oberstufe wäre die Behandlung des Fernsehers. Welche Naturgesetze spielen bei diesem Gerät eine Rolle?* Die Anfänge der Fallstudie gehen bis 1908 (Gründung der Harvard Business School) zurück. Die Professoren dieser Schule wählten Fälle aus dem Berufsalltag als Studienmaterial, um aus den zukünftigen Managern bessere Wirtschaftsfachleute und Problemlöser zu machen. Ein Bereich, der heute fast ausschließlich mit der Behandlung von Fällen arbeitet, ist die Juristenausbildung.

Die Fallstudie erlaubt **selbständiges Arbeiten** in einem **komplexen Feld**. Sie fördert selbständige Urteilsbildung und Kritikfähigkeit und ist gekennzeichnet durch hohe Effizienz. Ein Beitrag zur Erfüllung eines Hauptzieles unseres Bildungswesens, nämlich sich **selbständig ein fundiertes Urteil zu bilden**, wird geleistet.

In der Fallstudie erhalten die Schüler **alle Unterlagen**, die nötig sind, um eine Entscheidung oder Lösung für die vorgegebene Aufgabe zu erreichen. Die **Fragestellung** ist **komplex**. Nur eine Informationsquelle oder die Anwendung von Lehrbuchwissen allein reicht nicht zur Lösung. Bei abgeschlossenen Problemen, wenn das Ergebnis eigentlich schon feststeht, kann eine Fallstudie nicht funktionieren. Die vom Lehrer zur Verfügung gestellten Arbeitsmaterialien sollten so einfach und verständlich sein, daß eine Gruppe damit alleine arbeiten kann. Der Lehrer soll nur im Notfall in die Schüleraktivitäten eingreifen.

Es dürfen bei einer Fallstudie keine Themen bearbeitet werden, bei denen der Lehrer ein Anliegen vertritt. Eine Fallstudie ist keine verdeckte Belehrung. Die Schüler können auch zu Lösungen kommen, die dem Lehrer persönlich nicht gefallen. **Fallstudien sind nicht so offen wie Projekte**. Die Vorgehensweise gestaltet sich wie folgt: Zuerst müssen die Schüler das Problem erfassen (Worum geht es überhaupt?), danach sind die wichtigen Informationen zusammenzustellen und zu bündeln, verschiedene Lösungen (Alternativen) müssen entwickelt werden und vorläufige Entscheidung für eine Problemlösung sind zu treffen. Am Ende ist eine Entscheidung kritisch zu überprüfen.

Bei der **Fallstudie** werden **alle erforderlichen Unterlagen** und **eine konkrete Fragestellung vom Lehrer** gestellt. Eine theoretische Antwort als Ergebnis genügt. Im Gegensatz hierzu müssen beim Projekt die Schüler die Arbeitsmaterialien selbst suchen. Die Fragestellung ist offen, die Schüler müssen selbst ein Problem erkennen. Am Ende des Projektes steht ein praktisches Produkt oder eine praktische Lösung.

7.6.3 Kurs

Auch Kursunterricht oder Lehrgang genannt. Allgemein versteht man unter Kurs eine **fortlaufende Reihe von Lehrstunden** in einer **bestimmten Fachgruppe** zur Erreichung eines Unterrichtszieles (z.B. Koch-, Tanz-, oder Stenokurse). Im Schulunterricht sind Kurse (im Gegensatz zum für alle verbindlichen Kernunterricht) ein Unterricht in relativ fest bestehenden Gruppen, die nach Leistungsfähigkeit, Begabung oder Interessensrichtungen der Schüler gebildet werden (äußere Differenzierung des Unterrichts). Der Unterricht an der Oberstufe des Gymnasiums findet in verschiedenen Kursen statt. Beispiele für Kurse im Physikunterricht sind "Auftrieb in Flüssigkeiten und Gasen", "Weltraumfahrt" oder "geometrische Optik". Die Dauer von Kursen kann zwischen wenigen Stunden bis hin zu mehreren Monaten schwanken.

Literatur zu 7:

- [1] Wagenschein, Martin: Ursprüngliches Verstehen und exaktes Denken, Stuttgart: Klett 1965, S.463
- [2] Vgl. Duit, Reinders; Häussler, Peter; Kircher, Ernst: Unterricht Physik, Köln: Aulis 1981, S.101-123 (1/1)
- [3] Vgl. Willer, Jörg: Repetitorium Fachdidaktik Physik; Bad Heilbronn: Klinkhardt 1977, S.109-114 (2/2)
- [4] Vgl. Jeziorsky, Walter: Praxis und Theorie der Unterrichtsvorbereitung, Braunschweig: Westermann 1971, S.14 (2/1)
- [5] Vgl. Meyer, Hilbert: Unterrichtsmethoden I: Theorieband, Frankfurt: Scriptor 1987, S.287 (3/2)
- [6] Vgl. Kozdon, Baldur: Grundzüge entdeckenden Lernens, München: List 1977, S.18ff (2/3)
- [7] Ausubel, David P.: Psychologie des Unterrichts, Band 1, Weinheim: Beltz 1980, S.598
- [8] Vgl. Lange, Otto (Hrsg.): Problemlösender Unterricht, Oldenburg: 1987, S.25 (3/2)
- [9] Wagenschein, Martin: Erinnerungen für morgen, Weinheim: Beltz 1983, S. 83
- [10] Wagenschein, Martin: Die pädagogische Dimension der Physik, Braunschweig: Westermann 1971, S. 75
- [11] Wagenschein, Martin: Verstehen lehren, Weinheim: Beltz 1968, S.13
- [12] Vgl. Schmidkunz, Heinz; Lindemann, Helmut: Das forschend- entwickelnde Unterrichtsverfahren, München: List 1976 (2/2)
- [13] Vgl. Kozdon, Baldur: Grundzüge entdeckenden Lernens, München: List 1977, S.45 (2/3)
- [14] Vgl. Willer, Jörg: Repetitorium Fachdidaktik Physik, Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1977, S. 118 (2/2)
- [15] Vgl. Kaiser, Franz Josef: Die Fallstudie, Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1983 (3/2)

8. Organisation des Unterrichts:

8.1 Phasen des Unterrichts

Die Phasen des Unterrichts werden auch als Artikulation oder Artikulationsstufen bezeichnet. **Stufen- und Phasenschemata** sind theoretisch begründete Modellierungen des Bildungs- bzw. Lernprozesses und **helfen, eine Lehr- Lern- Einheit in einzelne Unterrichtsschritte zu gliedern**. Der Ablauf einer Unterrichtseinheit wird in erster Linie vom Lernprozeß der Schüler und erst nachrangig von sachlogischen Gesichtspunkten des Lerninhalts bestimmt. Die Stufung des Unterrichts bezieht sich immer auf eine ganze Unterrichtseinheit, kann also durchaus mehrere Unterrichtsstunden umfassen. Artikulationsschemata sind stets nur als Orientierungsrahmen der Unterrichtsgliederung zu verstehen, da sie bei zu strenger Handhabung die Kreativität der Unterrichtsgestaltung einengen können.

Roth sieht den **Lernprozeß als eine Abfolge von gesetzmäßigen Lernschritten**. Seit der Zeit nach dem Ende des zweiten Weltkrieges ist sein Schema aktuell. Seine Forderung, Schüler selbständig denken zu lassen, zu lösende Probleme in den Mittelpunkt der Arbeit zu stellen, anstatt gelöste Probleme vorzuführen, bot sich, aufgrund der gesamtgesellschaftlichen Bewußtseinslage (Demokratisierung, Befähigung zur Kritik, etc.) an. Stellvertretend für viele andere Artikulationsmodelle (z.B. Comenius, Hebart oder Gaudig [1]) soll hier **das Gliederungssystem von Roth [2] für den Unterrichtsverlauf** dargestellt werden. Es hat 6 Stufen:

8.1.1 Stufe der Motivation

Die "Stufe der Motivation" von Roth ist bei Wagenschein auch als "einleitender Einstieg" oder kurz als "Einstieg" zu finden.

Der Begriff der "Motivation" ist abgeleitet aus dem Lateinischen "**movere**", das wörtlich mit "**bewegen**", etwas freier mit "anregen/ aufregen **ergriffen sein von etwas**" übersetzt werden kann.

Motivation kann extrinsisch oder intrinsisch sein. Ausgangspunkt für die von außerhalb (**extrinsisch**) des Lerngegenstands kommende Motivation sind **Lohn/ Strafe**, Erfolg/ Mißerfolg, in der Schule die Angst vor **Abfragen** oder die **Notengebung**. Auf jeden Fall besser, da nachhaltiger und tiefgründiger als erstere, ist die intrinsische Motivation, die durch das **Interesse** an bzw. **in (in-trinsisch) der Sache/** an den Inhalten begründet ist.

Zu Beginn jeder Unterrichtseinheit soll das **Interesse** der Schüler **für den Lerngegenstand** durch eine Unterrichtsphase der Motivation **geweckt werden**. Unter pädagogischer Sicht darf die Stufe der **Motivation** allerdings nicht Mittel zum Selbstzweck sein, sondern **soll letztendlich positive Einstellung und Bereitschaft zum Lernen bewirken** [3;4].

Die Stufe der Motivation ist auch die Stufe der **Problemstellung oder Problemfindung**. Ein speziell auf etwas gerichtetes Interesse soll hier geweckt werden. Das **Bedürfnis nach neuen Erfahrungen** und das Neugierverhalten **muß vom Lehrer auf einen bestimmten Sachverhalt gerichtet werden**, um eine hohe Intensität der Zuwendung über einen längeren Zeitraum zu erreichen. Oberflächliche Neugier wird dann durch langanhaltendes, tiefgründiges Interesse an der Sache abgelöst.

Einige Aspekte für die Planung der Motivationsphase seien hier genannt:

- Der Einstieg in eine Unterrichtsstunde (z.B. ein Experiment) darf nicht zu komplex sein, da die Schüler sonst demotiviert anstatt motiviert werden. Er darf aber auch nicht zu leicht sein, da er sonst lächerlich wirkt. Motivation und Demotivation aufgrund des Schwierigkeitsniveaus liegen eng beisammen.
- Demotivierend wirken vor allem die oft üblichen Rituale des Wiederholens und Ausfragens zu Beginn einer Stunde. Viel besser ist es, genau dann zu wiederholen, wenn etwas fehlt.
- Im Unterricht sollte möglichst ein Alltags- und Technikbezug erfolgen. Leider sind die diesbezüglichen Interessen der Schüler oftmals nur sehr oberflächlich. *Beim Auto und Motorrad zum Beispiel vererbt das Interesse der Schüler nach der Frage über Geschwindigkeit und PS-Zahl sehr schnell.*

-Einige Beispiele für eine mögliche Einbindung von Alltags- und Technikaspekten in den Unterricht können hier genannt werden:

- A.** Anhand technischer Geräte können physikalische Grundprinzipien veranschaulicht werden (das Rückstoßprinzip kann am Beispiel von Raketen oder Luftballons erklärt werden).
- B.** Aktuelle Ereignisse (z.B. der Nobelpreis, das Ozonloch, der Halleysche Komet oder Tschernobyl) können in den Unterricht eingebunden werden.
- C.** Historische Texte (v.a. menschliche Schicksale oder Anekdoten) können frühere technische Entwicklungsstadien verdeutlichen.
- D.** Exkursionen (in Museen, Betriebe oder zu Industrieanlagen) veranschaulichen Technikaspekte.
- E.** Wettbewerbe in der Klasse (z.B. Wer baut die beste Alarmanlage, die lauteste Klingel, ein genaues Amperemeter?) spornen die Schüler an.
- F.** Das Thema Physik/ technische Möglichkeiten und Gesellschaft/ Ethik ist aktueller denn je.

Kurzzeitige Motivation der Schüler ist **über** einen **kognitiven Konflikt erreichbar**. Kognitive Konflikte können auf **verschiedene Arten** ausgelöst werden:

1. Der kognitive Konflikt durch **Überraschung** ist ein Konflikt zwischen Erwartung und Erfahrung bzw. Ausgang eines Experiments. *Ein Beispiel aus der Grundschule wäre: Blech und Eisen schwimmen nicht, aber ein Schiff aus Eisen schwimmt. Wasser aus einer Flasche fließt nicht aus, wenn man die Flaschen-öffnung mit einem Blatt Papier abdeckt und nach unten hält.*
2. **Zweifel** werden geweckt, wenn der Lehrer etwas behauptet, was die Schüler nicht glauben: *"Kann man, ohne das Wasser auszuschütten und ohne sich die Finger naß zu machen, einen Pfennig vom Boden eines mit Wasser bedeckten Tellers holen?" Die Lösung lautet: Ein umgedrehter Becher, darin eine brennende Kerze, steht auf dem Teller. Nach einer bestimmten Zeit geht die Kerze wegen Sauerstoffmangels aus. Die Luft im Becher kühlt sich ab, der Wasserdampf kondensiert, es entsteht ein Unterdruck und das Wasser wird in den Becher "gesaugt".*
3. Ein kognitive Konflikt durch **Widerspruch zur Erfahrung der Schüler** ist z.B. der *"Cartesianische Taucher", meist in Form eines Männchens, das je nach Druck in einem Wasserbehälter darin auf- oder absteigt oder z.B. die Sprengung eines Holzkastens durch Wasserdruck (da der Druck nur von der Höhe, nicht aber vom Durchmesser einer Wassersäule abhängt, reicht es, um den Druck im Holzkasten genügend zu erhöhen, mit einem wassergefüllten Gartenschlauch eine Treppe hochzugehen).*
4. **Etwas ganz Neues, ein komplexes Problem** oder eine Knobelaufgabe könnte z.B. sein: *Wie kann ich eine schwere Last hochheben? (Hydraulik)*

5. Auch **Staunen oder Wundern** können einen kognitiven Konflikt darstellen: Man kann z.B. vor einem Experiment nichts sagen oder aber auch diskutieren, was herauskommen könnte.

Im folgenden sind **Möglichkeiten zur Unterrichtsgestaltung** genannt, die nicht nur in der Phase der Motivation angewendet werden, sondern **die sich auf die längerfristige Motivationslage** der Schüler und somit auf den Unterrichtserfolg **positiv auswirken**:

- Der Unterricht soll **so abwechslungsreich wie möglich** gestaltet werden. Dies ist z.B. durch einen häufigen Wechsel der Sozial- und Aktionsformen oder der Unterrichtsverfahren möglich. Eintönigkeit erstickt mit der Zeit jedes Interesse.
- Beispiele** sollen **stets aktuell** sein, um persönliche Betroffenheit beim Schüler zu erreichen.
- Der **Erfahrungsbereich** und die **Interessenslage der Schüler** soll bei der Auswahl der Unterrichtsthemen **berücksichtigt werden**. Der Lehrplan gibt, zumindest in den niedrigeren Schulstufen, nur den Rahmen vor. Für eine individuelle Themenwahl bleibt genügend Spielraum.
- Der Lehrer soll möglichst wenig dozieren, sondern nur Leiter von **Unterrichtsgesprächen** (sokratisch im Sinne Wagenscheins) sein.
- Phasen der Spannung und Entspannung sollen den Unterricht abwechslungsreich gestalten.
- Produktives Mitdenken**, im Gegensatz zum passiven Aufnehmen, **fördert die Spontaneität** der Schüler.
- Informationen über die Ziele einer Unterrichtsstunde oder Unterrichtseinheit ermöglichen dem Schüler, das Gelernte in ein eigenes Ordnungschema einzugliedern. Neu erworbenes Wissen ist kein Einzelbaustein mehr, sondern wird mit schon Gelerntem verbunden. Hierzu gehört auch, Lerninhalte in einen größeren Zusammenhang einzuordnen und einen "roter Faden" durch den Unterricht zu ziehen.
- Höchster zu bewertender Faktor, um das Interesse der Schüler zu wecken, ist**, trotz aller vorher genannter Punkte, noch immer **das Engagement des Lehrers**.
- Selbständiges bzw. selbsttätiges Experimentieren erhöht das Selbstwertgefühl der Schüler, da die Verantwortung vom Lehrer auf die Schüler übertragen wird. Experimentieren darf aber nicht mit Exerzieren verwechselt werden.

8.1.2 Stufe der "Schwierigkeit"

Durch die Stufe der Motivation wurden die Schüler in Lernbereitschaft versetzt. **Das zu lösende Problem** oder das zu erreichende Ziel ist aber **meist** noch **nicht allen Schülern** ganz **klar**. Für den weiteren Unterrichtsfortgang ist es nun notwendig, daß alle das Problem klar erkennen. Meist geschieht dies in Form eines gelenkten Gesprächs. Der Lehrer muß die Vorstellungen der Schüler über das thematisierte Problem in Erfahrung bringen und diese den Schülern selbst bewußt machen. **Am Ende dieser Stufe** muß eine **eindeutige Problemformulierung** stehen, am besten an der Wandtafel, damit die Schüler im weiteren Unterrichtsverlauf ständig vor Augen haben, "worum es geht".

Die Lernaufgaben der Unterrichtsstunde sind somit zu bestimmen, Lösungsvermutungen zu äußern und eine Zielangabe zu formulieren. Die Schüler äußern ihre vorgängigen Erfahrungen, Beobachtungen und Erkenntnisse, sie bringen ihre Meinung vor und formulieren ihre Vermutungen zur Lösung der Aufgabe.

Vor allem **im Interesse der langsameren Schüler** sollte der Lehrer großen Wert auf ein **ausreichendes Verweilen** auf der Stufe der Schwierigkeit legen. Er darf sich nicht durch das sehr rasche Erfassen sowie sofortige Lösungs- und Erklärungsversuche einiger weniger Schüler täuschen lassen und glauben, schon alle Schüler hätten das Problem richtig erkannt.

8.1.3 Stufe der Lösung

Nach der Stufe der Schwierigkeit kommt im natürlichen Ablaufprozeß des Lernens nun entweder ein Fallenlassen des Problems (z.B. Aufgeben der Bemühungen) oder der positive Fall, **die Entdeckung eines Lösungsweges**, der in der Schule immer erreicht werden sollte. Der Lehrer zeigt den Lösungsweg oder, wesentlich besser, läßt ihn finden. Roth bezeichnet diese Stufe mit als einen der wichtigsten Lernschritte.

Beim Erarbeiten einer Gesetzmäßigkeit ist es meist möglich, daß der Lehrer sich sehr weit zurückhält. Er sammelt die verschiedenen Äußerungen und wacht lediglich darüber, daß die Schüler beim Thema bleiben. Auf diese Weise erhält er Einblick in den Wissensstand der Schüler und kann die Bedeutung seiner geplanten Lernschritte für den kindlichen Lernprozeß genauer ermessen. **Auf dieser Stufe der Erarbeitung** ist die **Lösung noch vorläufig und hypothetisch**, da sie noch nicht, entweder auf Richtigkeit geprüft ist oder sich in der Praxis bewährt hat.

Soll eine Einsicht in einen technischen Funktionszusammenhang vermittelt werden, kommt man nur durch Vermutungen wohl kaum zum Ziel. Als Hilfsmittel sind hier technische Funktionsmodelle oder Schnittzeichnungen nötig. Neue Begriffe, Größen, Einheiten oder Meßverfahren werden meist vom Lehrer dargelegt und nicht von den Schülern erarbeitet.

8.1.4 Stufe des Tuns und Ausführens

Die **Stufe des Tuns und Ausführens** ist durch die **Bewährung der Lösung in der Praxis** bestimmt. Im **Physikunterricht** steht in dieser Stufe **das Experiment im Vordergrund**. Lösungsvermutungen, Erklärungen von technischen Zusammenhängen oder neu eingeführte Begriffe oder Definitionen, die in der vorausgehenden Stufe erarbeitet wurden, müssen nun **praktisch angewendet** werden. Lösungsvermutungen sind beispielsweise durch Experimente zu überprüfen, technische Funktionszusammenhänge sind nicht nur an einem Modell oder an einer Schnittzeichnung aufzuzeigen, sondern an einem im Alltag benutzten Gerät. Auch neu gelernte Begriffe, Einheiten und Meßverfahren müssen sich in der Praxis bewähren (z.B. Kräfte mit dem Federkraftmesser messen).

In der **Physik** sind die zwei Stufen ("**Lösung**" sowie "**Tun und Ausführen**") **eng miteinander verbunden** und können als eine Stufe zusammengefaßt werden. In einem Wechselspiel von Induktion und Deduktion werden in diesen zwei Stufen in der Regel Experimente und Herleitungen bzw. "Beweise" mit anschließender Überprüfung durchgeführt, so daß man auch von einer Stufe des Arbeitens sprechen kann. Auf dieser Stufe müssen die **Vorstellungen der Schüler**, die **experimentellen Ergebnisse** und die dazugehörigen **wissenschaftlichen Erkenntnisse miteinander in Einklang gebracht** werden.

8.1.5 Stufe des Behaltens und Einübens

In dieser Stufe soll **durch Üben** das **neu Gelernte gefestigt**, das **Behalten** durch Anwenden, Vertiefen und Wiederholung in verschiedensten Formen **gefördert** und **das Gelernte automatisiert werden**. Auch die Variation von Anwendungsbeispielen hilft, den Stoff einzuprägen und einzuüben.

Zusammenfassend seien einige **praktische Maßnahmen zur Vertiefung** genannt:

- Nochmaliges **Zurückschauen und Zusammenfassen** ("Wie sind wir das Problem angegangen?") am Ende eines Lernabschnittes schließt den Kreis von der Ausgangsfrage des Problems bis zu seiner Lösung.
- Merksätze**, Skizzen und **Protokolle**, die auch im Schülerheft zu finden sein sollten, **verdeutlichen** den **Verlauf der Erarbeitung** und heben das Wichtigste hervor.
- In **Übungsaufgaben** wird das **Gelernte angewendet**. Solche Aufgaben sollten sich aber nicht nur auf Rechenaufgaben beschränken, sondern können auch Beobachtungs- oder Experimentieraufgaben sowie Verständnisfragen sein.
- Der Lehrervortrag ist wichtig für den "**roten Faden**". Er ermöglicht Orientierung und Einordnung des neuen Stoffes.
- Die Wiederholung darf keinesfalls genauso wie die Behandlung des Stoffes, nur eben gekürzt, abgehandelt werden.
- Am Ende leitet der Lehrer nochmals ein **Unterrichtsgespräch mit dem Ziel**, falsche Vorstellungen und Auffassungen erneut aufzugreifen und die **Überlegenheit der wissenschaftlichen Konzepte zu verdeutlichen**.
- Eine **Variation der Anwendungsbeispiele** führt zu besserer Einprägung und Einübung des neu Gelernten.

8.1.6 Stufe des Bereitstellens, der Übertragung und der Integration des Gelernten

Der letzte Lernschritt vollendet den vorausgehenden, indem er das **Neuerlernte für den jederzeitigen Gebrauch im täglichen Leben aufbereitet**. Das Lernergebnis soll nicht nur für das Behalten im Gedächtnis gesichert, sondern auch **für weiteres Lernen verfügbar gemacht** und bereitgestellt werden [5]. Diese Phase dient dem **Übertragen auf neue Bereiche**, Einzelbausteine physikalischen Wissens werden in einen **Gesamtzusammenhang** eingegliedert (roter Faden), die Schüler sollen den exemplarischen Charakter des verwendeten Lerninhalts erkennen. Allerdings muß man sagen, daß die Schüler in aller Regel keine echten Transferleistungen schaffen. Die erarbeiteten Erkenntnisse werden nach Möglichkeit im Rückgriff auf bereits gewonnene Erfahrungen und Einsichten in einen weiteren Zusammenhang eingegliedert.

Die Lerntheorie unterscheidet zwischen **horizontalem** (lateralem) und **vertikalem Transfer**. Unter horizontalem Transfer wird die Übertragung von Gelerntem auf ähnliche Beispiele verstanden (*z.B. Konstanz der Arbeit bei einfachen Maschinen*). Bei vertikalem Transfer ist die Verknüpfung mit anderen Kenntnissen, Wissensbereichen oder Methoden erforderlich. *Als Beispiele für vertikalen Transfer können die Übertragung der Energieerhaltung in der Mechanik auf die Wärmelehre oder die Übertragung der Stromerhaltung auf die Ladungserhaltung genannt werden.*

8.2 Sozialformen des Unterrichts

Sozialformen [6] beschreiben die möglichen **Sozialbeziehungen zwischen den am Unterricht beteiligten Personen**, also zwischen dem Lehrer und den Schülern und zwischen den Schülern untereinander.

8.2.1 Frontalunterricht

Typisch für den Frontalunterricht könnte diese Unterrichtsszene sein: Der Lehrer steht vor der Klasse, trägt etwas vor und stellt ab und zu Fragen, die kurz von den Schülern beantwortet werden. Der **Lehrer dominiert** also eindeutig das Geschehen des **Unterrichts**. Es kommt **fast nur zu Lehrer- Schüler- Interaktionen**, nur **selten zu Schüler- Schüler- Interaktionen**. Diese Sozialform ist im Unterricht sicher sehr häufig anzutreffen. Sie eignet sich besonders für das darbietende Unterrichtsverfahren (siehe Kap. 7.1).

Vorteile des Frontalunterrichts sind:

- Sach-, Sinn- und Problemzusammenhänge** aus der Sicht und mit den Mitteln des Lehrers sind **gut darzustellen**.
- Das **Unterrichtsgeschehen** ist vom Lehrer **jederzeit kontrollierbar und abänderbar**.
- Die **Informationsausgabe** (vor allem im darbietenden Unterrichtsverfahren) erfolgt **schnell und ökonomisch**.
- Lernzielkontrollen** sind **jederzeit möglich**.
- Alle Schüler können auf ein gleiches Niveau für nachfolgende Unterrichtsphasen gebracht werden.
- Disziplinproblemen kann in dieser Sozialform sehr gut begegnet werden.
- Die **Planung und Organisation** ist **wenig aufwendig**.

Nachteile des Frontalunterrichts sind:

- Er erzieht zu **Passivität und Anpassung** (die Schüler werden nicht aktiviert).
- Er bietet nur sehr **geringe Möglichkeit zu Differenzierung und Individualisierung**.
- Es können **kaum soziale oder psychomotorische Lernziele** erreicht werden.
- Es besteht die Gefahr, den **Lehrstoff sehr schnell durchzuziehen**. Dies verleitet zu einer Art Paukstil nach dem Motto "möglichst schnell eine Formel".
- Frontalunterricht ist **kaum geeignet**, die Schüler zu **selbständigem Denken**, Fühlen und Handeln heranzuführen.

8.2.2 Klassengespräch (oder Kreisgespräch)

Ebenso wie im Frontalunterricht wird im Klassengespräch ein für alle Schüler gleiches Thema gleichzeitig, auf demselben Niveau und im selben Tempo bearbeitet. Zusätzlich, und das ist entscheidend, kommt es **neben den Lehrer- Schüler- Interaktionen** hier **auch zu Interaktionen zwischen den Schülern**. Das hierzu passende Unterrichtsverfahren ist der fragend - entwickelnde Unterricht. Der Lehrer gibt **Impulse** oder stellt **Fragen**, die der Schüler nicht mit ja, nein oder nur einem Wort beantworten kann, sondern **die zu konstruktivem Denken anregen**. Der Lehrer lenkt das Gespräch, je weniger er sagen muß, desto besser. Wichtig ist dazu eine kommunikationsfördernde Sitzordnung (z.B. Sitzkreis oder Hufeisenform). Dieses Verfahren ist zwar zeitaufwendiger als der Frontalunterricht, fordert die Schüler geistig aber mehr. Das **Sozialverhalten sowie die Kommunikationsfähigkeit** werden **geschult**.

8.2.3 Gruppenunterricht:

Gruppenunterricht unterteilt, **zeitlich begrenzt**, den Klassenverband in **mehrere arbeitsfähige Kleingruppen**. **Jeweils etwa 4-6 Schüler arbeiten gemeinsam** an einer Themenstellung. Im Anschluß an den Gruppenunterricht werden die Arbeitsergebnisse der einzelnen Kleingruppen für den Klassenverband durch Zusammenfassung nutzbar gemacht.

Gruppenunterricht wird vor allem in der **Erarbeitungsphase** eingesetzt, die sich dann **in drei Phasen** aufgliedert, Arbeitsplanung, -durchführung und letztendlich die Auswertung der einzelnen Ergebnisse im Klassenverband.

Häufig werden in der Praxis die **Auswertung** im Klassenverband und die **Ergebnissicherung nicht intensiv genug berücksichtigt**, so daß sich **leicht Mißerfolge** beim Gruppenunterricht einstellen können.

Sehr wichtig bei der Arbeitsplanung ist, daß die Aufgaben, die der Schüler erledigen soll, und die Ziele, die er erreichen soll, diesem klar sind. Am Ende des Gruppenunterrichts muß ein Ergebnis erarbeitet sein, das (im Heft) fixiert werden kann. Zwei verschiedene Arten des Gruppenunterrichts sind möglich: der **arbeitsteilige**, d.h. jede Gruppe bearbeitet ein zu den anderen Gruppen unterschiedliches Thema (Auflösung des Gesamtproblems in Teilprobleme), und der Gruppenunterricht **"in gleicher Front"** (auch themengleich genannt), bei dem allen Gruppen das gleiche Thema gestellt wird.

Bei der **Organisation der Gruppenarbeit** muß beachtet werden, **welche Teilthemen** die einzelnen Gruppen bearbeiten, **welche Gruppen** gebildet werden, wer **Sprecher** ist, **wie die Zusammenfassung und Sicherung** erfolgen soll. Des weiteren ist zu überlegen, ob die **Leistung** der Gruppenmitglieder **homogen oder heterogen** sein, ob die **Gruppeneinteilung nach der Sitzordnung** erfolgen, ob **natürliche Cliques** zusammen oder auseinander sitzen sollen. Auch kann die Gruppenbildung nach Interessen oder Meinungen (z.B. nach einem

Abstimmungsergebnis), nach Mädchen/ Jungen (gemischt oder getrennt) erfolgen. Bei gemischten Gruppen besteht in der Regel die Gefahr, daß die Jungen die Experimentieraufgaben übernehmen, während die Mädchen Protokoll führen.

Das wichtigste Lernziel der Gruppenarbeit im Physikunterricht ist das selbständige Experimentieren, das keinesfalls in Exerzieren ausarten darf.

Vorteile eines "echten" (d.h. daß er richtig durchgeführt wurde) **Gruppenunterrichts** (vor allem gegenüber dem Frontalunterricht) **sind:**

- Es können sich **mehr Schüler aktiv** am Unterricht beteiligen als beim Frontalunterricht.
- Die Schüler **äußern** vor ihren Klassenkameraden eher **spontane Ideen** als vor dem Lehrer.
- Ein **Zusammengehörigkeitsgefühl** kann **in der Gruppe** entwickelt und gefestigt werden.
- Relativ **selbständiges Arbeiten** (bei entsprechenden Arbeitsaufträgen und Lernvoraussetzungen) ist möglich.
- Lernumwege und Seitenpfade können betreten werden.
- Die Schüler können ihre **Neugierde ausleben**.
- Gruppenunterricht benötigt zwar mehr Zeit als Frontalunterricht, langfristig macht sich dieser Mehraufwand aber durch **erhöhte Methodenkompetenzen der Schüler** bezahlt.
- Selbständiges Denken, Fühlen und Handeln, solidarische Zusammenarbeit und Kreativität** werden gefördert.
- Im Gruppenunterricht müssen die Schüler lernen, sich ihres eigenen Verstandes ohne die Anleitung des Lehrers zu bedienen.**
- Gruppenarbeit knüpft an die Stärken der einzelnen Schüler an.
- Leistungsschwächere Schüler können von stärkeren Schülern lernen.
- Gruppenarbeit sorgt für die **Erhöhung des aktiven Sprachanteils** des einzelnen Schülers im Unterricht.
- Durch Gruppenunterricht können **soziale und affektive Lern- und Bildungsziele** erreicht werden. Die Fixierung auf rein kognitive Lernziele wird abgeschwächt.
- Die Schüler können eigene Neigungen und Interessen entdecken.
- Der Wettstreit der konkurrierenden Gruppen kann zur Leistungssteigerung helfen.

Probleme bei der Gruppenarbeit sind:

- Disziplinprobleme** können im Gruppenunterricht **leichter** auftreten **als in anderen Sozialformen**.
- Gruppenunterricht muß **aufwendiger** und gründlicher als Frontalunterricht **geplant** werden, da während der Gruppenarbeit die Schüler möglichst wenig gelenkt werden sollten, d.h. möglichst wenig interveniert werden sollte. Nachträgliche Verbesserungen etc. während der selbständigen Arbeitsphase sind eher ungünstig.
- Es kann sein, daß **nur ein oder zwei Schüler je Gruppe wirklich arbeiten**, die anderen schreiben nur ab, schauen zu bzw. schaffen an (Vorarbeiter- Verhalten).

Auf folgende wichtige Punkte ist bei der Planung besonders zu achten:

- Ist das **Thema** überhaupt für den **Gruppenunterricht geeignet**? Wenn ja, ist es **themengleich oder themendifferenziert** zu bearbeiten?
- Haben die Schüler die **erforderlichen Lernvoraussetzungen** für den Gruppenunterricht?
- Wie** sollen die **Arbeitsaufträge** für den Gruppenunterricht **formuliert** werden?

8.2.4 Einzelarbeit:

Bei der **Einzelarbeit** (auch individualisierter Unterricht genannt) löst **jeder Schüler für sich allein** (d.h. ohne regelmäßigen oder planvollen Kontakt zu Mitschülern oder zum Lehrer) Lernaufgaben. Einzelarbeit wird **vor allem in** den **Phasen des Einübens** und Wiederholens von Kenntnissen und Fähigkeiten angewendet. Persönliche Lernfortschritte können in dieser Sozialform vom Lehrer überprüft oder individuelle Defizite erkannt werden.

Folgende **Vorteile der Einzelarbeit** können genannt werden:

- Es besteht die **Möglichkeit zur Individualisierung** des Lernprozesses. Jeder Schüler kann sein Tempo selbst bestimmen, die Aufgaben und das Niveau der Aufgaben kann für verschiedene Schüler verschieden ausgelegt werden.
- Bei angemessenem Anspruchsniveau bietet die Einzelarbeit gute Möglichkeiten, **jedem Schüler Erfolgserlebnisse** zu ermöglichen.
- Die Schüler können sich **nicht rezeptiv** verhalten.
- Lernerfolg ist **unabhängig von** der Sympathie oder der **Antipathie zum Lehrer**.
- Jeder Lernschritt muß von jedem Schüler selbst vollzogen werden, der Lernende wird zur **aktiven Mitarbeit** angehalten.

Aber auch **Nachteile der Einzelarbeit** müssen beachtet werden:

- Bei gehäufter Anwendung besteht die **Gefahr der Vereinsamung** der Schüler.
- Bei langandauernder Über- oder Unterforderung oder aufgrund mangelnder Kommunikation **läßt** die **Motivation** der Schüler **bald nach**.
- Die **Schüler werden** in der Regel weit **mehr gelenkt** als z.B. im Frontalunterricht.
- Es können **kaum komplexe kognitive Leistungen** gefördert werden. Erreichbare Lernzielstufen sind nur Wissen bis Anwenden (Üben)(siehe auch Pkt. 3.2.4).

Zwei Arten von Einzelarbeit lassen sich unterscheiden, nämlich die Stillarbeit und der programmierte Unterricht:

Typische Beispiele für **Stillarbeit** sind **Übungsaufgaben, Hefteinträge** oder Versuchsauswertungen, aber auch **schriftliche Prüfungen** wie Schulaufgaben oder Extemporalen. Im Normalfall ist Stillarbeit von relativ kurzer Dauer. Oft ist es günstig, sie zur Beruhigung nach lebhafteren Phasen einzuschieben.

Die zweite Form der Einzelarbeit ist der **programmierte Unterricht** [7]. Sehr einfach und zugleich typisches Beispiel des programmierten Unterrichts sind Vokabellernprogramme oder Taschencomputer, die "1 x 1" Rechenaufgaben stellen. Der Lernende rückt **selbständig im exakt vorgeplanten Programm Schritt für Schritt vorwärts**. Jeder Erfolg oder Mißerfolg wird sofort gemeldet. Die Lernenden werden **sehr stark gelenkt** (meist enthält das Programm keine hinreichende Differenzierung). Komplexere kognitive Leistungen können nicht vollzogen werden.

Es gibt **verzweigte sowie lineare** Programme. Erstgenannte können etwas nachholen oder ausweichen, letztere bieten seriell Einzelaufgaben. Bei linearen Programmen muß erst das richtige Ergebnis erreicht werden, bevor die nächste Aufgabe begonnen werden kann. Lernprogramme gibt es als Bücher oder Computerprogramme; bei Büchern besteht die Gefahr des Mogelns. Die **Lernabfolge** beim programmierten Unterricht besteht aus der **Erklärung** eines Sachverhalts und einer darauf anschließenden **Frage** zu diesem Sachverhalt. Die folgende **Antwort** des Schülers wird vom Programm **sofort bewertet**.

Ein spezieller Vorteil des programmierten Lernens, zusätzlich zu den Vorteilen der Einzelarbeit ist, daß die Schüler einen Lernreiz durch sofortiges Erfahren des Resultats erhalten. **Sich fortsetzende Fehler** sind **nicht möglich**.

8.2.5 Partnerarbeit:

Je **zwei Schüler** - in der Regel die Banknachbarn - **bilden eine Arbeitsgemeinschaft**. Bevorzugt ist diese Sozialform einzusetzen, wenn Materialien schnell ausgewertet oder gegenseitig der Lernfortschritt kontrolliert werden soll, ebenso in Wiederholungs- und Übungsphasen. Die Zusammenarbeit der Schüler ermöglicht das **Erreichen sozialer Lernziele** (z.B. Hilfsbereitschaft, Kommunikationsfähigkeit). Verständliche, **genaue** und möglichst detaillierte **Arbeitsanweisungen** spielen eine **wichtige** Rolle, wenn die Partnerarbeit effektiv und produktiv sein soll.

Vorteile der Partnerarbeit sind:

- Durch Meinungs- und Gedankenaustausch **erweitern** die Schüler **gegenseitig ihre Wahrnehmungs- und Denkfelder**.
- Die Schüler **üben** zu **argumentieren, lernen nachgeben** und **Kompromisse schließen**.
- Die Schüler übernehmen Eigenverantwortung für ihre Lernprozesse.

Nachteile der Partnerarbeit liegen darin, daß leistungstärkere Schüler Leistungsschwächere unterdrücken und daß nicht alle Einzelergebnisse in der Auswertung berücksichtigt werden können.

8.2.6 Team Teaching

Diese Form des Unterrichts kam über das Versuchsstadium nie richtig hinaus. In der Unterrichtspraxis hat Team Teaching heute keine Bedeutung. Somit soll es auch nur kurz erwähnt werden [8]:

Team Teaching ist eine Organisationsweise, bei der **mehrere Lehrer** sich zu einer **gegenseitigen Helfer- und Interessengemeinschaft** zusammenschließen, um gemeinsam einen **interdisziplinären Unterricht in flexiblen Schülergruppierungen** zu planen und durchzuführen.

Die **besonderen Ideen** dieses Unterrichts sind:

- Gegenseitiges Helfen** bringt mehr (z.B. gegenseitiger Austausch neuer Ideen) als der alleinige Einsatz jeden einzelnen Lehrers.
- Herkömmliche Lehrpläne** werden **abgelehnt**, da sie die Fähigkeiten der einzelnen Lehrer nicht berücksichtigen.
- Die **Bedürfnisse der Kinder** werden **stärker** als gewöhnlich **berücksichtigt**.
- Jeder Lehrer unterrichtet genau die Inhalte und mit den Methoden, die er voll beherrscht.
- Flexiblere Schülergruppen** geben dem Einzelnen bessere Entfaltungsmöglichkeiten.
- Ein Thema wird **aus verschiedenen Perspektiven** beleuchtet (Interdisziplinarität).

8.3 Aktionsformen

8.3.1 Lehrerfrage

Die **Aufgabe des Lehrers** ist, **Lernsituationen** zu **schaffen** und **Lernhilfen** zu **geben**. Oft ist es hierzu völlig unnötig, die Schüler durch Fragestellungen oder Frageketten zu Feststellungen über einen Sachverhalt zu veranlassen, denn viele Geschehensabläufe (z.B. Experimente) fordern verlässlich zu geistiger Spontaneität, die sich in freien Äußerungen entlädt. Oft werden z.B. Kausalzusammenhänge durch Frageformulierungen vorweggenommen. Den Kindern wird durch **zu eng gefaßte Fragen** die **Chance genommen, selbst** etwas zu **entdecken** oder selbst nennenswerte Denkleistungen zu vollbringen. **Produktive Denkansätze werden durch Frageketten geradezu verhindert**, außerdem können die Kinder in einen derartig gestalteten Unterricht keine eigenen Interessen einbringen [9].

Trotzdem haben **Fragen** aber eine **wichtige Funktion im Unterrichtsgeschehen**. Sie binden den Schüler **ins Unterrichtsgeschehen ein**, **ermöglichen Lernerfolgskontrollen**, **schärfen das Problembewußtsein** (Hinterfragen von Problemen) und **geben Denkanstöße**.

Um das kreative Mitdenken der Schüler zu fördern, sollen im Unterricht nur spezielle Fragen gestellt werden. **Vermieden werden sollen deshalb unbedingt...**

- Suggestivfragen** (Fragen, die im Ton oder in der Formulierung eine bestimmte Antwort nahelegen): *"Können wir jetzt nach dem Ohmschen Gesetz den Widerstand berechnen?"*
- Ergänzungsfragen**: *"Wie ist die Arbeit definiert? Kraft mal...?"*
- triviale Entscheidungsfragen**, die nur mit einem Wort beantwortet werden müssen? z.B. *"Hat das Lämpchen geleuchtet?"* oder *"Gibt es einen Zusammenhang zwischen Strom und Spannung?"* (Nur mit einem Wort zu beantworten, dennoch aber nicht nutzlos sind Fragen, die mit *"wann, wo, wer, wie, wie heißt, wie viele"* beginnen. Gehäuft auftretend werden Fragen dieser Art allerdings schnell schwer erträglich.)
- kleinschrittige Fragen**: z.B. bei einer Versuchsbeschreibung *"Was habe ich dann gemacht? Wie hat darauf der Zeiger reagiert? Warum ging der Zeigerausschlag wieder weg?...."*
- bestimmte Erkundungsfragen**: *"Habt ihr das alle verstanden?"* oder *"Könnt ihr jetzt das Problem lösen?"*.

Lernpsychologisch günstig sind Fragen, die das produktive Denken fördern und die Schüler aktivieren. Zwei Beispiele sollen genannt werden:

Weshalb hat der Versuch nicht funktioniert?

Welche Gründe pro und contra gibt es?

Wie stellt ihr euch das vor?

8.3.2 Impulse

Impulse sind **Denk- oder Handlungsanstöße**, durch die dem Schüler die Richtung des Denk- oder Handlungsprozesses gewiesen wird. Der Lehrer greift nur dann ein, wenn der Lernprozess stockt und weitergeführt werden soll oder wenn er erstmalig in Gang gesetzt wird. **Impulse sind in der Regel gezielte Aufforderungen zu bestimmten Tätigkeiten**, z.B. *beschreibe, demonstriere, vermute, ergänze, begründe, beobachte, ordne ein, fasse zusammen, veranschauliche, berechne, zeichne, skizziere oder denke nach!*

Im Unterschied zu eng gefaßten Fragen können mit weit gefaßten Fragen oder mit Impulsen alle Aktivitäten der Bloom'schen Taxonomie (siehe Kapitel 3.2.4) im kognitiven (Wissen bis Bewerten) wie im affektiven Bereich (Aufnehmen bis Bestimmtsein durch Werte) angeregt werden .

Besondere Formen von Impulsen sind **Zweifel** (*wirklich?, bist du sicher?*), **Einwände** (*genauer?, das verstehe ich nicht!*) oder **Hinweise** (z.B. *auf Einhaltung der logischen Reihenfolge, auf Formulierungen, den roten Faden, die Mehrdeutigkeit u.a.*). Probleme, Experimente, Modelle, Darstellungsformen, Gegenbeispiele usw. sprechen oft für sich selbst (**stumme Impulse**).

Einige **methodische Grundsätze zu Impulsen** (und Fragen) sollen noch genannt werden:

- Nach einem Impuls muß der Lehrer den Schülern **genügend Zeit zum Nachdenken** geben.
- Mit **weit gefaßten** Impulsen **wird begonnen**, um produktives Denken anzuregen. Erst wenn Hilfe notwendig ist, werden die Schüler durch gezieltere Formulierungen geleitet.
- Selbstverständlich müssen Fragen und Impulse dem Niveau und Fragehorizont der Schüler entsprechen.
- Es ist günstig, immer wieder auf den Ausgangspunkt zurückzukommen.

8.3.3 Schülerfrage

Für den **Schüler** ist es ebenso **wichtig, Probleme und Fragen zu sehen und zu erkennen**, wie Fragen zu beantworten. Daher muß der Lehrer dafür sorgen, daß der **Schüler zu Fragen angeregt** wird. Wichtige Voraussetzung hierfür ist natürlich ein Klima, in dem der Schüler keine Angst hat, ungezwungen Fragen zu stellen. **Die Schüler müssen lernen, sinnvolle und relevante Fragen zu stellen**. Der Lehrer kann selbst schweigen und durch ein Experiment oder eine Beobachtung zu Fragen anregen lassen.

8.3.4 Darbietungen

Der **Lehrer** (manchmal auch ein Schüler) kann, den (anderen) Schülern darbietend, **vortragen**, **berichten** oder **referieren**:

Dies kann zur Zusammenfassung oder zur Herstellung einer **Beziehung zwischen verschiedenen Ergebnissen** dienen. Es kann einen **Überblick geben** oder eine historische Entwicklung, eine technische Anwendung oder eine gesellschaftlich relevante **Problematik aufzeigen**. Ergänzungen und (weitere) Beispiele können gegeben oder **Akzente gesetzt** werden. Der Lehrer kann vorläufige Formulierungen und ungenaue Äußerungen **in eine korrekte Form bringen** oder **schwierige Probleme erläutern**. Die Darbietung ist günstig, um schnell und effektiv Unterrichtsinhalte zu vermitteln, um den **"roten Faden" aufzunehmen** und **übergeordnete Gesichtspunkte aufzuzeigen**. Der Unterrichtsgegenstand kann günstig in einen **Gesamtzusammenhang eingeordnet** und **komplexe Sachverhalte veranschaulicht** (oder von verschiedenen Seiten betrachtet) werden.

Zu den Darbietungen gehören auch das Tafelbild (siehe Kapitel 9.2) sowie die kommentierte Vorführung von Bildern, Dias, Filmen etc. sowie das Anfertigen von Bildern oder Zeichnungen.

Literatur zu Kapitel 8:

- [1] Vgl. Meyer. Hilbert: Unterrichtsmethoden I: Theorieband, Frankfurt: Scriptor 1987, S.162ff (2/1)
- [2] Vgl. Roth, Heinrich: Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens, Hannover: Schroedel 1963, S.223- 226 (2/3)
- [3] Vgl. Weinert, Franz E.: Lernmotivation In: Unterrichtswissenschaft 1980 H.2
- [4] Vgl. Druxes, Herbert; Born, Gernot; Siemsen, Fritz: Kompendium Fachdidaktik Physik, München, 1983, S.89- 91 (2/1)
- [5] Bleichroth, Wolfgang...: Fachdidaktik Physik, Köln: Aulis 1991, S.215
- [6] Vgl. Maier, Herrmann: Methodik des Mathematikunterrichts 1-9, Donauwörth: Auer 1977, S.105- 107 (2/2)
- [7] Vgl. Töpfer, Erich; Bruhn, Jörn: Methodik des Physikunterrichts, Heidelberg: Quelle und Meyer 1976, S.96 (3/2)
- [8] Vgl. Meyer. Ernst (Hrsg.): Team Teaching, Grundlegung und Modelle, Heidelberg: Quelle und Meyer 1971 (2/2)
- [9] Vgl. Jeziorsky, Walter: Kritische Methodenlehre, Hamburg: Erziehung und Wissenschaft 1980, S. 17 (3/2)

9 Medienwahl

9.1 Allgemeines:

Medien sind Unterrichtsmittel, derer sich Lehrer und Schüler bedienen, um bestimmte Unterrichtsziele zu erreichen. **Medien [1] im Physikunterricht sind...**

- alle Experimentiergeräte,
- Objektmodelle (z.B. *Motor, Generator*), die die prinzipielle Funktion eines Gerätes zeigen (siehe auch Pkt. 6.2.1),
- audiovisuelle Medien wie:
 - Ton- und Stummfilme
 - Fernsehen und Video- Cassetten
 - Diareihen und Ton- Dia- Reihen
 - Tonbänder und Toncassetten
 - Hörfunk
 - Overheadprojektor mit Folien
- Wandtafel,
- Videocamera,
- Computer,
- Schulbuch, Arbeitsmappe und Arbeitsblätter.

Bei der Auswahl eines Mediums sind folgende Punkte zu beachten:

- Das Medium muß **nützlich** sein, **um die gesetzten Lernziele zu erreichen und** es muß **zu den Lerninhalten passen**.
- Es muß **wissenschaftlich zuverlässig** sein.
- Es muß **den Schülern** im Auffassungsvermögen und in der Interessenslage **angepaßt** sein.
- Es soll **methodisch sinnvoll** sein (Arbeitstechniken, Sozial- und Aktionsformen, Unterrichtsverfahren).
- Es soll **an Unterrichtsprinzipien ausgerichtet** (z.B. Selbsttätigkeit, Anschaulichkeit) sein.
- Es muß **ökonomisch** im Unterricht (Aufwand, Zeit, Material, Geld) einzusetzen sein.
- Das Medium soll **aktuell, umfassend** (Querverbindungen), **übersichtlich** sowie optisch bzw. akustisch ansprechend sein.
- Es soll Modellvorstellungen beinhalten und muß **gut strukturiert** sein.
- Es muß sich zur Darstellung des Sachverhalts eignen (z.B. **dynamische Vorgänge nicht mittels Dia, sondern mittels Film** vorführen).
- Mit seiner Hilfe müssen die vorgegebenen Lernziele erreicht werden können.
- Es soll die **Selbsttätigkeit der Schüler erhöhen**.
- Es soll die **Kommunikation** zwischen den Schülern **fördern**.

Der **alleroberste Grundsatz** für den Lehrer in punkto Medien muß sein: **Ein Medium darf niemals ohne vorherige Sichtung** (z.B. eines Filmes) **oder ohne vorheriges Ausprobieren** (z.B. einer Experimentieranordnung) **verwendet werden**, denn ohne Sichtung oder Ausprobieren ist eine exakte Planung des Unterrichts nicht möglich. Versagt aufgrund ungenügender Vorbereitung ein Versuch oder stellt sich der Inhalt eines Filmes als unpassend zum Thema heraus, so offenbart der Lehrer sein Desinteresse am Unterricht und demotiviert dadurch seine Schüler.

Trotz aller moderner Medien sollte der Lehrer auch berücksichtigen, daß das Verhältnis der Schüler zu technischen Medien auf Dauer zweitrangig gegenüber dem Bedürfnis nach personalem Bezug, nach Kommunikation und nach Interaktion ist.

Einsatzziele von Medien:

Veranschaulichung, Motivation, Information, Ersatz für Realbegegnung (vor Ort), Sozialisation (Selbsttätigkeit, Interaktion und Kommunikation), Handlungsmöglichkeiten (z.B. Artikulation der eigenen Sprache, Videoprojekt), Einübung sowie Vertiefung der Lerninhalte und Medienerziehung (kritische Auseinandersetzung) sind die Einsatzziele von Medien.

9.2 Die einzelnen Medien des Physikunterrichts [2]

-Experimentiergeräte

Zu den Experimentiergeräten gehören neben den von Lehrmittelfirmen angebotenen Geräten und Modellen auch Gegenstände, die im Alltag verwendet werden, *wie z.B. Werkzeuge, Haushaltsgeräte, Spielzeuge, Sportgeräte, Klebeband oder Schnüre*, oder von Schülern oder Lehrern hergestellte Geräte.

Je einfacher die in Experimenten verwendeten Geräte und Gegenstände sind, **desto besser**, denn so wird die Konzentration der Schüler auf das Wesentliche des Versuchs gelenkt. Falls möglich, sollten die Geräte aus dem alltäglichen Erfahrungsbereich der Kinder stammen. Physik wird dadurch nicht als etwas Künstliches, sondern als etwas Alltägliches, Gewöhnliches angesehen.

-audiovisuelle Medien

Audiovisuelle Medien sollten nur dann eingesetzt werden, wenn es nicht oder nur schwerlich möglich ist, den Schülern in hinreichendem Maße unmittelbare Erfahrungen mit dem Lerngegenstand machen zu lassen. Zu den **audiovisuellen Medien** gehören **Filme** (Stummfilm, 8 oder 16mm Film), Fernsehen und **Videocassette**, **Dia-** Reihen und Ton- **Dia-** Reihen, Tonbänder, **Toncassetten** sowie **Hörfunk** und **Tageslichtprojektorfolien**.

Zwei Grenzfälle beim Einsatz audiovisueller Medien sollten vermieden werden. Weder sollte z.B. der Einsatz eines Filmes aufgrund seiner Seltenheit für die Schüler ein feierliches Ereignis sein, noch sollte der Lehrer durch einen massiven Einsatz audiovisueller Medien die Schüler überfluten und den Eindruck erwecken, sich dadurch eine Arbeitserleichterung verschaffen zu wollen.

Dia

Die Vorteile des **Dias** liegen in seiner **wirklichkeitsgetreuen Reproduktion** (z.B. gegenüber dem Tafelbild) sowie in einer **längerfristig möglichen Konzentration auf eine Bildstelle**. Das Gesehene kann sofort beschrieben werden (im Gegensatz zum Film). Eine gute Präsentation von Details bzw. dem Wesentlichen ist möglich.

Filme/ Fernsehen/ Video

Bis in die 70er Jahre war vor allem der 8mm Film mit einer Länge von 3-5 min. (in dieser Form oft auch Arbeitsstreifen genannt) im Unterricht zu finden. Mittlerweile hat der Videorecorder zusammen mit dem Fernseher die übrigen filmischen Medien in der Schule fast vollständig verdrängt. **Eine ganze Reihe von Annehmlichkeiten und Vorteilen** gegenüber den herkömmlichen Filmmedien **forciert den Einsatz der Kombination Video- Fernseher:**

- Recorder, Cassetten und Fernseher sind relativ **billig**.
- Zumindest die Grundfunktionen der Geräte sind **einfach zu bedienen**.
- Selbstaufnahmen (z.B. von Experimenten) können angefertigt werden.
- Fernsehsendungen können aufgenommen werden**. Diese sind sehr aktuell, außerdem stehen dem Fernsehen mehr Möglichkeiten zur Repräsentation eines Sachverhaltes zur Verfügung als dem Lehrer. Für den Schüler nur schwer verständliche Sendungen können im Unterricht besprochen werden.
- Einmal bespielte Cassetten können **beliebig lange konserviert** werden.
- Eine Abdunklung des Klassenraumes ist nicht notwendig.

Für den Einsatz im Physikunterricht [3] bieten sich Trickfilme, historische Dokumentationen (*Bsp. Entdeckung der Radioaktivität*), Filme über Großanlagen oder industrielle Fertigung, Filme über den Menschen in Forschung und Technik (Berufsbild) oder über Naturphänomene oder Naturkatastrophen (*Bsp. Gezeiten und Sturmflut*) an.

Vorteile von Filmmedien sind:

- Problemsituationen können **knapp, dynamisch und präzise aufgezeigt** werden.
- Trickaufnahmen** sind **möglich**. Hierzu zählen Zeitlupe, Makroaufnahmen oder Zeichentrick.
- Für dynamische Prozesse** ist das Medium Film **optimal** geeignet.
- Die Schüler sehen Filme gerne an. Ihre Motivation wird gestärkt.

Nachteile von Filmmedien sind:

- Es besteht die Gefahr, sich nur **rezeptiv** zu verhalten.
- Ein gesteigertes Maß an Konzentration ist den Schülern abzuverlangen. Auf Versäumtes oder nicht sofort Verstandenes kann erst nach Ende des Filmes oder während einer Unterbrechung eingegangen werden.

Toncassetten und Hörfunk

Der Cassettenrecorder ist heute fast in jedem Haushalt zu finden. Die Kinder können also damit umgehen, er ist ein Arbeitsgerät in ihren Händen. Dem Lehrer bieten sich viele Möglichkeiten, Sequenzen vorbereitend mitzuschneiden oder zu überspielen (er muß nur darauf achten, nicht mit dem Urheberrecht in Konflikt zu geraten). Der **Cassettenrecorder** ist **gut geeignet**, um **Sachverhalte** zu **verbalisieren**, die **Schüleraktivität** zu **steigern** und um die **Schüler** zu **motivieren**. Neben Nachricht, Bericht, Vortrag, Reportage, Diskussion oder Hörspiel ist heute vor allem das "Feature" aktuell, eine gemischte Form aus Hörspiel, Interview und Text (Ziel dieser Zusammensetzung ist Spannung und höhere Attraktivität). Vernachlässigt wird im Unterricht leider oft eine ansprechende Tonqualität, so daß die Schüler schon rein akustisch Schwierigkeiten haben, den Inhalten zu folgen.

Einige **methodische Hinweise** zur Arbeit mit audiovisuellen Medien sollen genannt werden:

- Vor dem Betrachten /Anhören eines Mediums sollten unbedingt **genaue Beobachtungsaufgaben** vergeben werden, um eine nur oberflächliche Betrachtungsweise auszuschließen.
- Längere Sendungen** müssen immer wieder **unterbrochen und besprochen** werden, damit die Schüler nicht überfordert werden.
- Nach der Vorführung ist eine "**Besinnungsphase für Spontanäußerungen**" einzuschalten.

Hinweise und Informationen zu Filmmedien gibt es bei:

- Bayerischer Rundfunk, Redaktion Schulfunk, Rundfunkplatz 1, 8000 München 2.
 - Landesfilmdienst Bayern, Geschäftsstelle München, Dietlindenstr.18, München 40
 - Institut für Film und Bild in Wissenschaft und Unterricht (FWU), Bavaria- Film- Platz3, 8022 Grünwald
 - Institut für den wissenschaftlichen Film (IWF), Nonnensteig 72, 3400 Göttingen
- Große Industriefirmen (z.B. BMW oder Siemens) oder Großforschungseinrichtungen (z.B. CERN, DESY und GSI) verleihen Lehrfilme. In allen Städten und Landkreisen gibt es Stadt- bzw. Kreisbildstellen.

Das Arbeitsheft der Schüler

Das Arbeitsheft dient der Erarbeitung, Gestaltung, Sicherung und Übung von Lernstoff. **Ergebnisse des Unterrichts** werden von den Schülern **im Heft festgehalten** (entweder von der Tafel abgeschrieben oder vom Lehrer diktiert) oder aus freien Stücken notiert. Mit Hilfe seines Heftes soll dem Schüler die **Wiederholung des Lerninhalts erleichtert** werden. **Schriftliche Hausarbeiten** werden ebenfalls im Arbeitsheft **angefertigt**.

Diktate zum Festhalten des Stoffes sollten **nach folgenden Kriterien** gestaltet sein:

- Es soll nicht genau das diktieren werden, was so schon exakt im Buch steht.
- Diktieren darf den Unterricht nicht ersetzen.
- Diktieren kann am Ende der Stunde den "roten Faden" wieder herstellen.

Schulbuch (Arbeits- und Lehrbuch)

Früher waren Schulbücher überwiegend als Lehrbücher konzipiert. In ihnen war das Wichtigste des Stoffes zum Auswendiglernen zusammengefaßt. **Modernere Bücher** [4] beinhalten zur Zusammenfassung zwar noch Lehrbuchaspekte, sind aber **mehr als Arbeitsbücher** aufgebaut, um sie im Unterricht **zur Aktivierung der Schüler** einzusetzen:

Kriterien, die **für** die Anschaffung **eines Schulbuches** ausschlaggebend sind:

- Es muß als **Sachbuch** den Unterricht ergänzen. Es muß Texte, mathematische Formeln, Graphiken und Bilder enthalten.
- Als **Arbeitsbuch** muß das Schulbuch Aufgaben, Problemstellungen, Lösungswege, Hinweise und Versuchsanleitungen beinhalten,
- Der Unterrichtsstoff muß selbständig (z.B. im Krankheitsfall) vom Schüler mittels des Buches gelernt werden können (**Lehrbuch**).

- Das Buch muß Aufgaben und Übungen unterschiedlichen Charakters und unterschiedlicher Schwierigkeit zur Kontrolle, Sicherung, Vertiefung und Anwendung des Gelernten beinhalten (**Übungsbuch**).
- Über den Unterricht hinaus muß das Buch eine vertiefende Weiterarbeit ermöglichen (**Selbstbildungsmittel**).
- Der im Unterricht behandelte Stoff muß in knapper Form und in einprägsamer Darstellung zusammengefaßt sein (**Merkheft**).
- Es muß als **Nachschlagewerk** (also z.B. relevante Tabellen enthalten sowie Auskunft über den gesamten Unterrichtsstoff bieten) und als **Anschauungsmaterial** dienen.

Weitere, fast selbstverständliche **Anforderungen** an ein Schulbuch sind, daß es **sachlich richtig, altersgemäß, aktuell** und **umfassend** mit Querverbindungen ist. Es muß **übersichtlich, optisch ansprechend** und **einladend** zum Lesen und Arbeiten sein. **Sorgfältige Begriffserklärungen** sind notwendig. Zu fachsprachlich gehaltene Texte sollten, trotz fachspezifisch **sorgfältigem** Umgang mit **Modellvorstellungen**, vermieden werden. Das Schulbuch muß eine **geeignete** Auswahl an **Quellentexten** beinhalten und muß dem Lehrer die Möglichkeit bieten, für seinen Unterricht geeignete Buchelemente auszuwählen.

Tafel

Das Tafelbild soll dem Schüler die Möglichkeit geben, sich die im Unterricht behandelten Probleme und Ergebnisse vor Augen zu führen und zu einem besseren Verständnis der behandelten Inhalte und Gegenstände beizutragen. **Die Wandtafel [5] ist ein unverzichtbares Speicher- und Kommunikationsmedium**, da **mit ihrer Hilfe** die einzelnen in den Unterricht eingebrachten **Gedanken** zum Teil festgehalten werden und vor allem **miteinander in Verbindung gebracht** werden können. Im Einzelnen geschieht dies durch folgende **Funktionen der Wandtafel**:

- Das Tafelbild dient als **Informationsspeicher**. Daten werden gesammelt, geordnet und gegliedert, **Gedankengänge** werden **festgehalten**.
- Das Tafelbild dient zum **Festhalten von Merksätzen**.
- Die **Kommunikation** zwischen Lehrern und Schülern oder zwischen den einzelnen Schülern kann durch die Tafel **verbessert** werden: So werden an der Tafel z.B. **Skizzen** angefertigt, die verbal vorgebrachte Ideen oder Meinungen veranschaulichen, die Tafel dient so als **Illustrationsmittel** zur Veranschaulichung von Gedankengängen. Hypothesen oder wichtige Beiträge eines Gesprächs können geordnet und als wichtig hervorgehoben werden.
- Mit farbiger Kreide sind **Akzente** zu **setzen**.
- Modelle** werden an der Tafel **entworfen**.
- Ein fertiges Tafelbild soll eine **solide Grundlage zum Nacharbeiten** sein.
- Das Tafelbild entsteht vor den Augen der Schüler durch deren Zutun.
- Der Hefteintrag wird oft von der Tafel abgeschrieben. Durch das abgeschriebene Tafelbild ist zu Hause eine bessere Aktivierung der im Gedächtnis gespeicherten Informationen möglich als durch die neutralen Formulierungen des Lehrbuchs.
- Das Tafelbild ermöglicht eine ständige, **visuelle Einprägung** aufgeworfener Probleme und erarbeiteter Ergebnisse.

- Es dient als **Gedächtnisstütze** für akustisch vorgetragene Aufgaben /Lösungen. Dies ist vor allem wichtig, wenn durch eine kurzfristige Konzentrationsschwäche etwas nicht aufgenommen wurde, damit der Anschluß wieder geschafft wird.
- Die Tafel ist hilfreich, um **Probleme zeichnerisch zu veranschaulichen**. So kann z.B. eine einfache Skizze oft sehr viel schneller und besser als etliche Worte verdeutlichen, wie sich jemand einen Sachverhalt oder einen Versuchsaufbau vorstellt.
- Das Tafelbild **gibt den Aufbau der Unterrichtsstruktur wieder** (nicht nur für den Schüler als Gedächtnishilfe hilfreich, sondern auch für den Lehrer zur Kontrolle des Unterrichtsablaufs).
- Die Tafel erleichtert den Übergang von der konkreten Realität (z.B. eines Versuchs), durch eine schematische oder symbolische Darstellung, hin zum abstrakten Denken.

Tageslichtprojektor (Overheadprojektor)

Der **Tageslichtprojektor** bietet grundsätzlich ähnliche Möglichkeiten wie die Tafel, soll in der Schule aber die Funktion der Tafel nicht ersetzen, sondern diese durch seine **gerätespezifischen** zusätzlichen **Möglichkeiten** ergänzen:

- Es gibt **mehr Möglichkeiten als** bei der **Tafel**: So können schrittweise mehrere Folien übereinander gelegt oder transparente Teile mit Objekten zur Entwicklung bzw., zur Variation von Modellen verwendet werden. Dies entspricht der **synthetischen Vorgehensweise** im Unterricht, bei der zuerst die Elemente eines Systems gelernt und erst dann diese Elemente nach bestimmten Regeln miteinander verknüpft werden. Im Gegensatz hierzu ist die **Analyse** komplexer Strukturen oder Modelle durch das Entfernen von Teilkomponenten bzw. durch Abklappen von Folienteilen oder Entfernen von übereinandergelegten Folien möglich. Von einem komplexen Gesamtsystem ausgehend schreitet man von dort zu den Elementen des Systems vor.
- Der Overheadprojektor setzt auf **Signalwirkung** durch Ein- und Ausschalten. Er sollte nicht dauernd an sein.
- Bei **Disziplinproblemen** steht der Lehrer nicht mit dem Rücken zur Klasse.
- Folien** können **beliebig oft verwendet** werden. Dadurch ist (vor allem im Gegensatz zur Tafel) auch das Anfertigen von aufwendigen Graphiken, Skizzen rentabel.
- Folien können vor dem Unterricht gestaltet werden.
- Versuchsaufbauten sind durch das schrittweise Aufeinanderlegen von Folien entwickelbar.
- Bewegte Bilder können mit dem Tageslichtprojektor geschaffen werden.
- Das Führen des Schülers durch schrittweises Aufdecken von Teildarstellungen ist möglich.
- Ein allerdings oft übersehener Nachteil ist, daß das Tafelbild wesentlich angenehmer für die Augen als das Bild des Overheadprojektors ist.

Viele Beispiele für einen sinnvollen **Einsatz des Tageslichtprojektors beim Experimentieren** [6] im Physikunterricht können genannt werden: Besonders eignet sich der Tageslichtprojektor für Experimente, bei denen die verwendeten Geräte oder Gegenstände oder die erzielten Effekte klein und damit für die gesamte Klasse nur schlecht sichtbar sind. Mittels Projektion kann eine ausreichende Größe erzielt werden.

Experimente in der Mechanik (insbesondere Kinematik):

Der Tageslichtprojektor eignet sich besonders für Experimente in der Mechanik, wenn die verwendeten Körper von geringer Größe sind, kleine Strecken zurücklegen oder geringe Geschwindigkeiten haben.

- Kräfte bewirken Verformungen oder Beschleunigungen: Um z.B. eine beschleunigende Wirkung zu zeigen, kann man am Overheadprojektor eine Eisenkugel an einem Magneten vorbeierollen lassen.
- Der elastische zentrale oder schiefe Stoß lassen sich mit Murmeln oder mit Münzen als Stoßkörper vorführen.
- Zur Verdeutlichung der unterschiedlichen trägen Masse werden auf dem Projektor zwei Kugeln gleichen Durchmessers, aber aus verschiedenem Material (bzw. mit verschiedener Dichte) nebeneinandergelegt. Beide Kugeln werden gleichzeitig mit dem gleichen Impuls (Kraftstoß) angestoßen. Sie bewegen sich aber, aufgrund ihrer trägen Masse, mit unterschiedlicher Geschwindigkeit.

Experimente zu den Themengebieten Schwingungen und Wellen sowie Magnetismus:

Themenbereich Schwingungen und Wellen:

- Experimente mit Wellen können optimal mit einer auf der Projektionsfläche des Overheadprojektors liegenden, durchsichtigen Wellenwanne ausgeführt werden. Ein Signalgeber, meist in Form eines periodisch ins Wasser eintauchenden Erregers, erzeugt die Wellen. Alle Wellenphänomene, wie zum Beispiel die Ausbreitung von Wellen, Frequenz und Wellenlänge, Interferenz und Beugung, Brechung und Reflexion oder auch der Dopplereffekt (das gleiche Phänomen wie beim Ankommen bzw. Wegfahren eines Polizeiautos mit Sirene: beim Herfahren höhere Töne, beim Wegfahren tiefere Töne) können so zum Beispiel gezeigt werden.
- Stehende Längswellen können durch die Schwingung von Schraubenfedern erzeugt werden. Zum Schwingen angeregt werden die Schraubenfedern entweder, indem durch sie ein Gleichstrom fließt und in einem Ende der Feder ein Elektromagnet mit wechselnden Polen angebracht ist, oder, indem durch die Feder ein Wechselstrom fließt und an einem Ende der Feder ein Dauermagnet angebracht ist. Durch Frequenzänderung des Wechselstromes in der Feder bzw. des Wechselstromes zum Betrieb des Elektromagneten können verschiedene stehende Wellen erzeugt werden.
- Ein gutes Beispiel zur Verdeutlichung einer gedämpft harmonischen Schwingung ist der Schwingungstaucher. Die Projektionsfläche des Projektors muß für diesen Versuch aus der Horizontalen in die Vertikale gedreht werden. In einem mit Wasser gefüllten Gefäß schwimmt senkrecht stehend ein, zum Teil mit Eisenschrott gefülltes, Reagenzglas. Aus der Ruhelage etwas angehoben und wieder losgelassen, führt das gefüllte Reagenzglas eine gedämpft harmonische Schwingung aus.

Experimente zum Themenbereich Magnetismus:

- Die Beeinflussung eines Kompasses bzw. einer Magnetnadel durch einen Magneten kann im Schattenbild gut gezeigt werden.
- Kräfte zwischen gleichnamigen und ungleichnamigen Polen können vorgeführt werden: Auf einem Fuß drehbar gelagerte Magnetnadeln werden gekennzeichnet, so daß sie auch im Schattenbild als Nord- oder Südpol zu erkennen sind. Man erkennt deutlich, daß ungleichnamige Pole sich anziehen, gleichnamige sich abstoßen.
- Schwimmende Magnete bewegen sich längs einer Feldlinie vom gleichnamigen zum ungleichnamigen Pol eines festen Magneten. Der Verlauf magnetischer Feldlinien wird so deutlich.
- Das Modell eines Ferromagneten kann durch ein zweidimensionales Magnetnadelgitter veranschaulicht werden.
- Der Verlauf von Magnetfeldlinien kann mit Eisenfeilspänen verdeutlicht werden.

Experimente in der Elektrizitätslehre:

- Das Coulombgesetz kann mit folgendem Versuch semiquantitativ überprüft werden: Zwei mit Graphitpulver überzogene, an Nylon- oder Seidenfäden aufgehängte Styropor- oder Papierkugeln werden gleichnamig elektrisch geladen. Die Kugeln stoßen sich voneinander ab.
- Elektrische Felder können durch Polymerpulver oder Grieskörner in Öl sichtbar gemacht werden.
- Zwei stromdurchflossene Leiterstücke werden über der Projektionsfläche, etwas durchhängend, parallel zueinander aufgehängt. Je nach Stromrichtung in beiden Leiterstücken (entgegengesetzt oder in die gleiche Richtung) ziehen sich die Drähte an oder stoßen sich voneinander ab.

Experimente in der Wärmelehre:

- Die Volumenausdehnung von Flüssigkeiten bei Erwärmung bzw. das Prinzip des Flüssigkeitsthermometers kann mit folgendem Versuch gut demonstriert werden. Ein Rundkolben mit aufgesetztem dünnem Glasrohr wird mit gefärbtem Wasser gefüllt. Im Anfangszustand (abgekühlt) befindet sich so viel Wasser im Kolben, daß dieser ganz und das Rohr halb gefüllt ist. Bei Erwärmung der Flüssigkeit, dehnt sich diese aus, der Flüssigkeitsspiegel im Rohr steigt. Der Rohrdurchmesser muß relativ dünn sein, um eine Volumenausdehnung beobachten zu können. Somit wird erst durch die Schattenprojektion des Flüssigkeitsspiegels an die Wand die Ausdehnung der Flüssigkeit bei Erwärmung für die gesamte Klasse gut sichtbar (günstig für diesen Versuchsaufbau ist es natürlich, den Overheadprojektor auf die Seite zu legen).

Experimente in der Optik

-Farben können subtraktiv oder additiv gemischt werden.

Die additive Farbmischung kann am Tageslichtprojektor wie folgt gezeigt werden: Auf den Overhead gelegte Farbfilter lassen jeweils nur bestimmte Bereiche von Lichtfrequenzen (d.h. einzelne Farben z.B. rot, blau, gelb) aus dem weißen Licht übrig. Überlagert man die entsprechenden einzelnen Farben (mittels Handspiegeln, die man in den Lichtweg hält, praktisch leicht durchführbar), so erhält man auf der Projektionswand additiv gemischte Farben.

Subtraktive Farbmischung tritt ein, wenn Licht nacheinander mehrere Farbfilter durchläuft. Es bleibt nur noch eine Restfarbe übrig. Setzt man z.B. einen roten, blauen und gelben Filter hintereinander, so entsteht Schwarz.

Die Videocamera

Die **Videocamera** kann im Physikunterricht als audiovisuelles Medium wie auch **als Experimentiergerät** (7) verwendet werden. Mit einer Videoanlage sind Eigenproduktionen oder **Vergrößerungen** von Versuchsteilen am Lehrerpult möglich. Ebenso können z.B. Bewegungen in **Zeitlupe** oder im **Zeitraffer** gezeigt werden. Bewegungen von Körpern, auf die eine Lichtquelle montiert ist, können von der Kamera aufgenommen und durch ein spezielles Programm auf den Computer übertragen werden. Die Videocamera ist das optimale Gerät, um **Kamerafunktionen** (z.B. Tiefenschärfe oder Belichtungszeit) zu **verdeutlichen**, da man das Aufgenommene sofort sehen kann (und nicht erst wie beim Photoapparat entwickeln muß).

Computer:

Im Physikunterricht kann der Computer [8] heute vielfältig eingesetzt werden. Er kann zum einen Sachverhalte simulieren, zum anderen zur Erfassung von Meßwerten und zur Verarbeitung und Auswertung von Daten benutzt werden (siehe Graphik). Auf **bestehende Schwierigkeiten** und Gefahren beim Einsatz des Computers muß allerdings hingewiesen werden:

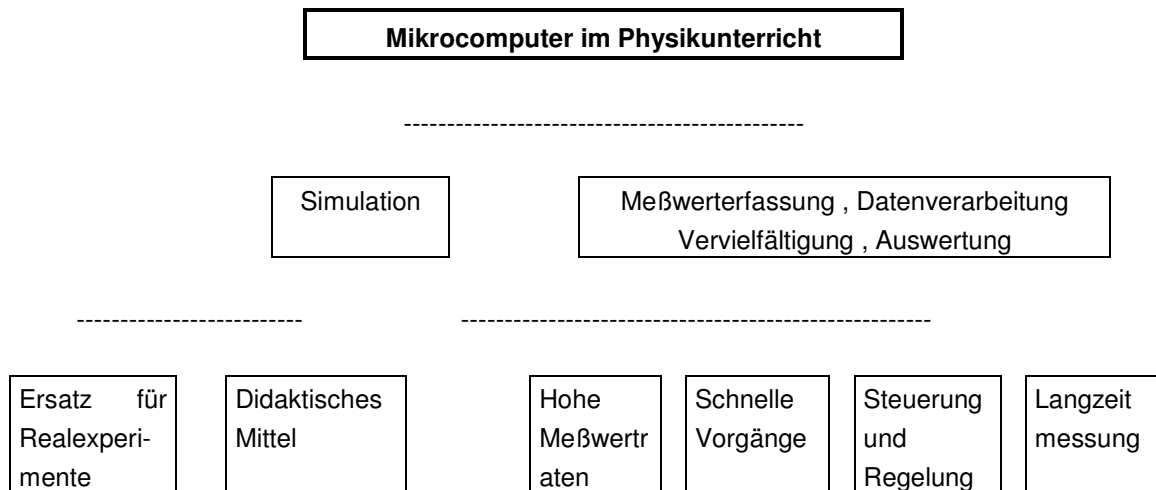
- Die Begegnung mit der Realität wird durch eine Simulation auf dem Bildschirm ersetzt. Die Schüler machen **keine unmittelbaren Erfahrungen** mehr, **sondern** erhalten **idealisierte, abstrahierte** wissenschaftliche **Beschreibungen**.
- Es wird vom eigentlichen Geschehen abgelenkt.
- Das simulierte Experiment ist ein **ungenügender Realersatz**.
- Je komplizierter die Versuchsaufbauten und die Meßwertverarbeitung, desto schwieriger wird es für den Betrachter einzusehen, was überhaupt passiert.
- Die **Software** ist **oft kompliziert** zu bedienen. Anstatt das Lernen zu erleichtern, muß zusätzlich zum Stoff auch die Bedienung des Computers bewältigt werden.
- Die Schüler glauben eventuell, daß der Lehrer vor dem Unterricht genau das programmiert hat, was er haben möchte. Dem kann durch eine schrittweise Einführung des Computers abgeholfen werden. *Wird z.B. bei einem Versuch vom Computer die Spannung gemessen, so sollte man vorher die Schüler verschiedene Spannungen mittels Computer messen lassen (z.B. anfangs eine*

Taschenlampenbatterie, dann zwei Batterien und anschließend verschiedene Spannungen aus einem regelbaren Netzgerät.

-Manipulationen mittels Computer sind möglich.

-Programmierte Lösungen im Computer sind von den Schülern schwieriger zu hinterfragen als Behauptungen des Lehrers.

Der Computer kann für die in der Graphik aufgezeigten Einsatzbereiche [9] verwendet werden:



für prinzipiell nicht durchführbare Experimente (z.B. Satellitenbahnen)

Ergänzung zu und im Verein mit dem Realexperiment: zur Vertiefung, Förderung besseren Verständnisses und Veranschaulichung

Annäherung an die Wirklichkeit; Erschließung neuer Phänomene aus dem Erfahrungsbereich des Kindes; Zurückdrängen der Mathematik; (z.B. *schräger Wurf mit Luftreibung simulierbar*)

kein Stehenbleiben bei Prinzipversuchen; überzeugende Versuche; mehr Zeit für Physik: (Computer als Meßknecht); Erschließung neuer Phänomene; Motivation; Erhöhung der Akzeptanz des Computers

Literatur zu Kapitel 9:

- [1] Vgl. Druxes, Herbert; Born, Gernot; Siemsen, Fritz: Kompendium Didaktik Physik, München: Ehrenwirth 1983, S.91f (3/2)
- [2] Vgl. Knoll, Karl: Didaktik der Physik, München: Ehrenwirth 1978, S. 219- 224 (2/2)
- [3] Vgl. Duit, Reinders; Häussler, Peter; Kircher, Ernst: Unterricht Physik, Köln: Aulis 1981, S.173- 175 (3/2)
- [4] Vgl. Töpfer, Erich; Bruhn, Jörn: Methodik des Physikunterrichts, Heidelberg: Quelle und Meyer 1976, S.151- 154 (2/2)
- [5] Vgl. Bleichroth, Wolfgang: Fachdidaktik Physik, Köln,: Aulis 1991, S.292- 296 (1/1)
- [6] Vgl. Schledermann, Dietrich: Der Arbeitsprojektor im Physikunterricht, Köln: Deubner 1977 (1/2)
- [7] Vgl. Klinger, Walter: Die Videoanlage: Ein vielseitig einsetzbares Meßgerät für den Physikunterricht zur Analyse von Bewegungsvorgängen In: Mikelskis, H.: Zur Didaktik der Physik und Chemie, Kiel: Leuchtturm 1985, S.194- 196 (2/1)
- [8] Hansen, Karl- Heinz: Computereinsatz, Schüler(innen)interessen und Physikunterricht. In: Physica Didactica 1990, H 3/4
- [9] Vgl. Bleichroth, Wolfgang: Fachdidaktik Physik, Köln,: Aulis 1991, S.312- 316 (1/1)

10 Das Experiment im Physikunterricht

10.1 Allgemeines [1]:

In der Wissenschaft können **Experimente entweder Anregung für neue Forschungen sein oder deduktiv gewonnene** (d.h. von bereits bekannten Gesetzen abgeleitete)(siehe Kap. 6.1.2) **Erkenntnisse bestätigen** oder **widerlegen**. In den meisten Fällen ist die Aufgabe des physikalischen Experiments in der Wissenschaft, Modellanalysen und theoretische Vorhersagen zu verifizieren oder zu falsifizieren. Experimente können aber auch die Quelle von theoretischen Impulsen sein. Die Planung, Durchführung und Auswertung von Experimenten basiert auf bestimmten Modellvorstellungen und etablierten Theorien.

Im **Schulunterricht** sind **Experimente** keine methodische Reduktion von wissenschaftlichen Forschungsexperimenten, sondern haben **vielmehr** eine **didaktische Funktion**.

10.2 Das qualitative Experiment:

Schon vor der Schulzeit machen Kinder **Erfahrungen durch Probieren** (meist zufällig oder willkürlich, manchmal aber auch schon systematisch) und auf spielerische Art (z.B. beim Ballspielen, bei der Reflexion von Licht mit Spiegeln, im Sport oder beim Baden) und entwickeln **passend zu diesen Erfahrungen eigene Erklärungen**. Diese spielerische Erforschung von Naturgesetzmäßigkeiten durch die Betrachtung von Phänomenen, ist nichts anderes als (qualitatives) Experimentieren. **Der Unterricht soll auf diese Erfahrungen und Vorstellungen der Schüler** und auf ihre Natur- und Technikerkundungen **aufbauen**: Hierzu müssen **zunächst** die **bisherigen, außerschulischen Erfahrungen** den Schülern **bewußt gemacht werden**, da die Ausbildung eines auf eigene Erfahrungen beruhenden Weltbildes unbewußt erfolgt. Besondere Beachtung ist einer kindgerechten Sprache zu schenken, die Fachterminologie sollte noch eine untergeordnete Rolle spielen. Als **nächster Schritt** werden Phänomene, die den Schülern bekannt sind, im **qualitativen Experiment** aufgegriffen. Der Lehrer führt bewußt ausgewählte und vorbereitete qualitative Versuche zur Demonstration bestimmter Erscheinungen oder Eigenschaften vor. Diese Experimente **dienen dazu**, die **Schülererfahrungen** zu **strukturieren**, zu **vertiefen**, zu **ergänzen** und falls notwendig, zu **korrigieren**. Als **besonders günstig** für den Übergang von den Alltagserfahrungen der Kinder zum qualitativen Schulexperiment eignen sich **"Freihandexperimente" mit alltäglichen Gegenständen**. Experimentiergeräte aus der Lehrmittelgerätesammlung bergen die Gefahr, für die Kinder zu "künstlich" zu wirken.

Bevor ein Schüler Naturgesetzmäßigkeiten in einem Experiment bewußt erkennen kann, muß er sich über beobachtete Phänomene Vorstellungen, Vermutungen oder Hypothesen gebildet haben. Somit darf konsequenterweise nur langsam von den Alltagserfahrungen zu den qualitativen Schülerexperimenten übergegangen werden. Hilfreich sind hierfür technische Geräte, deren Umgang und Gebrauch Kinder im günstigsten Fall beherrschen, zumindest aber kennen. Gleichzeitig mit dem Vertrautwerden von Phänomenen geht das Kennenlernen, Handhaben und Verstehen von Experimentiermaterial, Geräten, einer fachspezifischen Begrifflichkeit und das modellhafte Beschreiben und "Erklären" der Phänomene vor sich.

Der **Anschluß des Experimentalunterrichts an die Alltagserfahrungen** der Schüler geschieht **auf verschiedenen Ebenen:**

-Auf der **Ebene der Geräte** wird bei Experimenten die Palette der alltäglichen Gegenstände erweitert und zusätzlich spezielle physikalische Experimentiergeräte eingeführt.

-Auf der **Ebene der Methodik** werden zufällige Beobachtungen durch systematische ersetzt.

-Auf der **Ebene der Begriffe** wird ausgehend von der Alltagssprache der Schüler zur physikalischen Fachsprache übergeleitet.

-Auf der **Ebene der Theoriebildung** werden anfangs Modelle und Theorien mit nur geringem Gültigkeitsbereich aufgestellt, die allerdings unbedingt für eine spätere Ausdifferenzierung offen sein müssen. Im Laufe der Zeit kommen neue Theorien und Modelle hinzu, alte werden zunehmend genauer behandelt, d.h. ihr Gültigkeitsbereich wird festgelegt.

Schrittweise werden bestehende Schülervorstellungen behutsam verändert und ausdifferenziert sowie brauchbare vorhandene Vorstellungen bewußt gemacht und verfestigt.

Unser **Schulphysikunterricht** ist **gekennzeichnet durch einen sehr geringen Langzeit-Lernerfolg**. **Hauptgründe** hierfür sind höchstwahrscheinlich die **mangelnde qualitative Durchdringung** der Physik, das **Nichtbeachten von Präkonzepten** der Schüler durch den Lehrer und eine **scheinbar** (oft wird Rechnen mit Physik verwechselt) **quantitative Behandlung**, die meistens auch noch zu früh einsetzt. Ohne qualitative Vorbildung sind quantitative Experimente nicht besonders sinnvoll und werden meist mit sehr geringem Lernerfolg quittiert. Ein qualitatives Erfassen der Natur muß einer Quantifizierung vorausgehen. Auf eine Quantifizierung kann in der Primarstufe fast ganz, in der Sekundarstufe I weitgehend verzichtet werden.

10.3 Das quantitative Experiment:

Das **quantitative Experiment** ist für die Fachwissenschaft Physik charakteristisch und **erfüllt** daher **im Physikunterricht** in erster Linie **die Aufgabe, die Arbeitsweise der Naturwissenschaft aufzuzeigen**. Sehr sorgfältiges, mühsames und genaues Messen führen hinter die Naturgeheimnisse und zur technischen Nutzbarmachung der Naturgesetze. Das quantitative Experiment im Unterricht **verdeutlicht die Methodik der Fachwissenschaft**. Fehlerbetrachtung, Reflexion über Messen, Mathematisieren, Datenerfassung und -aufbereitung erfährt der Schüler als ebenso wichtig wie die Planung und Durchführung von Experimenten. **Quantitative Experimente erziehen zu Gewissenhaftigkeit, Objektivität und Ausdauer**. Sie verdeutlichen, mit welchen Schwierigkeiten der physikalische Erkenntnisprozeß (in der Fachwissenschaft) verbunden ist.

10.4 Didaktische Funktion von Unterrichtsexperimenten und methodische Aspekte:

Experimente haben die folgenden **didaktischen Funktionen**:

- Beim Experimentieren lernen die Schüler, etwas **genau** zu **beobachten**, entwickeln kausales und funktionales Denken und werden **zu Objektivität, Gewissenhaftigkeit und Ausdauer erzogen**.
- Ihr **soziales Verhalten** und ihre **Kommunikationsfähigkeit** werden durch die notwendige Zusammenarbeit **verbessert**.
- Die **manuellen Fähigkeiten** der Schüler werden **gefördert**.
- Die Motivation wird aufgrund der Praxisnähe von Experimenten gesteigert.
- Die Schüler erhalten ein **tieferes Verständnis** und eine bessere Festigung der Lerninhalte durch ihre Selbsttätigkeit.
- Der Weg der **Erkenntnisgewinnung in den Fachwissenschaften** kann **nachvollzogen** werden. Die Schüler erkennen die Rolle von Experimenten und die charakteristische Arbeitsweise in der physikalischen Forschung.
- Ein Verständnis für Technik wird angebahnt**. Der Zusammenhang und die Bedeutung von Technik und Physik können erkannt werden.
- Die Schüler können zumindest Teilbereiche unserer Welt besser verstehen.
- Den Schülern kann die charakteristische Arbeitsweise der Fachwissenschaft Physik aufgezeigt werden. Dazu gehören vor allem Fehlerbetrachtung, Reflexion über Messen und Mathematisieren.

Wichtige **methodische Aspekte** [2] sind:

- Physikunterricht soll **mit qualitativen Experimenten beginnen**. In der **Sekundarstufe I** soll das **qualitative Experiment vorherrschend** sein, erst in der Sekundarstufe II soll mit quantitativen Experimenten in größerem Umfang gearbeitet werden.
- Versuche müssen sich organisch in den Unterrichtsverlauf einfügen.
- Eine **Anpassung an das Vorverständnis**, die **Aufnahmefähigkeit** sowie an die **Schülerinteressen** ist **notwendig**.
- Versuche müssen funktionieren**, erkennbare **Ergebnisse liefern** (die vor allem qualitativ auswertbar sind) und **in angemessener Zeit ablaufen**.
- Experimente sollten so (mit **möglichst einfachen Mitteln**) **gestaltet** sein, daß sie von den Schülern auch außerhalb der Schule wiederholt werden können.

Weitere methodische Aspekte werden unter Punkt 10.5 genannt, da sie speziell für Demonstrationsexperimente gelten.

10.5 Klassifikationsschemata von Experimenten:

Experimente können verschieden klassifiziert werden. Hier einige Unterscheidungsmerkmale:

Unterscheidung nach der Person, die ein Experiment ausführt:

Das Demonstrations- oder Lehrereperiment:

Das **Ziel des Lehrereperiments** ist die **optimale Veranschaulichung** eines Versuchs. **Deshalb** sollten Demonstrationsversuche nach Möglichkeit **folgende Kriterien** aufweisen (einige der genannten Punkte gelten selbstverständlich nicht für Einstiegsexperimente, die zur Auslösung eines kognitiven Konflikts konzipiert wurden):

- Sie müssen von den Schülern **leicht durchschaubar** sein. Die prinzipielle Funktion eines Versuchs sollte jedem Schüler klar sein.
- Der Versuchsaufbau muß **gut sichtbar** sein. Große Geräte und ein **übersichtlicher Aufbau** vor der Klasse sind notwendig. Wichtige Teile sind in den Vordergrund, unwichtige in den Hintergrund zu stellen, alle Geräte sind deutlich zu beschriften oder zu kennzeichnen. Verschiedenfarbige Kabel, große Skalen oder Vergrößerungen mittels Overheadprojektor sind oftmals günstig.
- Die Schüler sollten **aktiv in den Versuch miteinbezogen werden**. Sie können *z.B. assistieren, protokollieren, skizzieren, Geräte bedienen, beobachten, etwas ablesen usw.*)
- Demonstrationsversuche sollten unter **Mitwirkung der Schüler** geplant werden. Dies hilft, klare Vorstellungen über einen Versuch aufzubauen.
- Jedes Demonstrationsexperiment muß durch eine zugehörige Prinzipskizze ergänzt werden.
- Der Aufbau, Ablauf und die Erkenntnisse eines Versuchs müssen auch verbal dargestellt werden.

Das Schülerexperiment:

Oberstes Ziel des Schülerexperiments [3] ist, durch Selbsttätigkeit zu bestimmten Fertigkeiten, Fähigkeiten und Einsichten zu gelangen:

Für das **Schülerexperiment** sind einige **Vorteile** charakteristisch (sofern es sich um "echtes" Experimentieren und nicht um Nachexerzieren von Vorgegebenem handelt):

- Die Schüler fühlen sich als Forscher, ihr natürlicher Forschungsdrang wird befriedigt. Sie erleben Experimente, die sie **selbst durchgeführt** haben, viel **tiefgründiger** als Demonstrationsexperimente.
- Selbsttätig erarbeitetes **Wissen** wird wesentlich **besser behalten** als rezeptiv vermittelte Werte.
- Ein **enger Kontakt mit Versuchsgeräten** ist möglich, Einzelheiten können genau beobachtet werden.
- Schülerversuche üben die **manuelle Geschicklichkeit** und vermitteln die Notwendigkeit zu umsichtigem Handeln.
- Schülerversuche helfen, **soziale Lernziele** zu erreichen.

Unterscheidung nach der Quantifizierbarkeit:

In der Regel sind in der Fachwissenschaft Physik Gesetze in quantitativer Form, d.h. **mathematisiert**, abgefaßt. Ein Gesetz ist **quantitativ**, sobald **alle Größen numerisch erfaßbar** sind. Vor der quantitativen Erfassung eines Sachverhalts steht, vor allem in der Schule, die qualitative Erfassung. Während es bei qualitativen Experimenten meist Ziel ist, Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen zu erkennen oder aufzuzeigen, werden **bei quantitativen Experimenten stets Meßwerte gewonnen**. Diese Meßwerte dienen dazu, entweder ein Gesetz zu finden oder ein Gesetz zu überprüfen.

Unterscheidung nach dem unterrichtlichen Einsatz:

Folgende Möglichkeiten gibt es:

Das **Einstiegsexperiment** dient oft der Auslösung eines kognitiven Konflikts. Mit Hilfe von **Erkenntnisexperimenten** werden neue Gesetze erarbeitet (induktive Erkenntnisgewinnung). "Beweis-" oder **Bestätigungsexperimente** können deduktiv gewonnene Erkenntnisse verifizieren oder falsifizieren. **Anschaunungsversuche** dienen der Verdeutlichung oder dem besseren Verständnis eines Sachverhalts. **Wiederholungsexperimente** festigen oder vertiefen neue Erkenntnisse.

Unterscheidung nach der Repräsentation des Objekts:

Experimente können danach differenziert werden, wie sie durchgeführt werden:

So können Experimente entweder **im Freien** (z.B. *künstlicher Regenbogen*) **oder** unter **Laborbedingungen** stattfinden. Es gibt Experimente, die **spezielles Gerät** (künstliche Experimente) benötigen, ebenso wie solche, die mit alltäglich in jedem Haushalt vorkommenden Gegenständen auskommen. Modellexperimente können **mit Analog-, Objekt- oder Prinzipmodellen** arbeiten. Es gibt **historische** und **personenbezogene Originalexperimente** (z.B. historisch nach Oersted oder Newton).

Unterscheidung nach der Komplexität der Geräte und des Gesamtaufwandes:

Es gibt **Freihandversuche** (sehr geringer Aufwand, einfachste Geräte)(z.B. *einfache Fallversuche*), **Black- Box- Versuche** (z.B. *Messung der Radioaktivität*) und **Prinzipversuche** (z.B. *auf das Wichtigste beschränkte Modell eines Elektromotors*). Einfache Meßexperimente stehen komplexen, mehrkomponentigen Experimenten, die meistens von mehreren Variablen abhängig und daher sehr zeitaufwendig sind, gegenüber.

Literatur zum Kapitel 10:

- [1] Reinders, Duit; Häussler, Peter; Kircher, Ernst: Unterricht Physik, Köln: Aulis 1981, S.149ff (1/1)
- [2] Töpfer, Erich; Bruhn, Jörn: Methodik des Physikunterrichts, Heidelberg: Quelle und Meyer 1976, S.128ff (2/1)
- [3] Frischeisen, Josef: Der Schülerversuch im Mittelpunkt des Physik-/ Chemieunterrichts der Hauptschule. In: Pädagogische Welt 1989, H.11

11 Literatur:

- Ausubel, David P.: Psychologie des Unterrichts, Band 2, Weinheim: Beltz 1980
- Bleichroth, Wolfgang...: Fachdidaktik Physik, Köln: Aulis 1991
- Czinczoll, Bernhard: Erklären im Physikunterricht. In: Pädagogische Welt 1985, H.11
- Druxes, Herbert; Born, Gernot; Siemsen, Fritz: Kompendium Didaktik Physik, München: 1983
- Duit, Reinders; Häussler, Peter; Kircher, Ernst: Unterricht Physik, Köln: Aulis 1981
- Einsiedler, Wolfgang: Lehrmethoden, München: Urban und Schwarzenberg 1981
- Frischeisen, Josef: Der Schülerversuch im Mittelpunkt des Physik-/ Chemieunterrichts der Hauptschule. In: Pädagogische Welt 1989, H.11
- Hansen, Karl- Heinz: Computereinsatz, Schüler(innen)interessen und Physikunterricht. In: Physica Didactica 1990, H 3/4
- Hunger, Edgar: Grundbegriffe des physikalischen Denkens, Frankfurt am Main: Hirschgraben 1969
- Jeziorsky, Walter: Kritische Methodenlehre, Hamburg: Erziehung und Wissenschaft 1980
- Jeziorsky, Walter: Praxis und Theorie der Unterrichtsvorbereitung, Braunschweig: Westermann 1971
- Kaiser, Franz Josef: Die Fallstudie, Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1983
- Knoll, Karl: Didaktik des Physikunterrichts, München: Ehrenwirth 1971
- Köck, Peter: Praxis der Unterrichtsgestaltung und des Schullebens, Donauwörth: Auer 1991
- Kozdon, Baldur: Grundzüge entdeckenden Lernens, München: List 1977
- Lange, Otto (Hrsg.): Problemlösender Unterricht, Oldenburg, 1987
- Maier, Hermann: Methodik des Mathematikunterrichts 1-9, Donauwörth: Auer 1977
- Meyer, Ernst (Hrsg.): Team Teaching, Grundlegung und Modelle, Heidelberg: Quelle und Meyer 1971
- Meyer, Hilbert: Unterrichtsmethoden I: Theorieband, Frankfurt am Main: Scriptor 1987
- Plöger, Winfried: Funktion und Möglichkeiten der Motivation im Physikunterricht. In: Pädagogische Welt, 1986, H.11
- Rombach, Heinrich (Hrsg.): Lexikon der Pädagogik, Freiburg: Herder 1970
- Roth, Leo: Handlexikon zur Didaktik der Schulfächer, München: Ehrenwirth 1980
- Roth, Heinrich: Pädagogische Psychologie des Lehrens und Lernens, Hannover: Schroedel 1963
- Schichting, J.: Die Bedeutung der Modellmethode für den Physikunterricht. In: Der Physikunterricht 1975, H.4
- Schledermann, Dietrich: Der Arbeitsprojektor im Physikunterricht, Köln: Deubner 1977
- Schmidkunz, Heinz; Lindemann, Helmut: Das forschend- entwickelnde Unterrichtsverfahren, München: List 1976
- Schuldt, Carsten: Zur Genese des genetischen Lernens im Physikunterricht. In: Physica Didactica 1988, H. 3/4
- Töpfer, Erich; Bruhn, Jörn: Methodik des Physikunterrichts, Heidelberg: Quelle und Meyer 1976
- Vieth, Peter Michael: Physik in der Grundschule, Kastellaun: Henn 1975
- Wagenschein, Martin: Kinder auf dem Weg zur Physik, Stuttgart: Klett 1973
- Wagenschein, Martin: Naturphänomene sehen und verstehen, Stuttgart: Klett 1980
- Wagenschein, Martin: Erinnerungen für morgen, Weinheim: Beltz 1983
- Wagenschein, Martin: Die pädagogische Dimension der Physik, Braunschweig: Westermann 1971
- Wagenschein, Martin: Ursprüngliches verstehen und exaktes Denken, Stuttgart: Klett 1965
- Wilde, Günther (Hrsg.): Entdeckendes Lernen im Unterricht, Oldenburg, 1984
- Willer, Jörg: Repetitorium Fachdidaktik Physik, Bad Heilbrunn: Klinkhardt 1983

Teil B

| | |
|---|----|
| 5 Unterrichtsplanung | 69 |
| 5.1 Didaktische Analyse | 69 |
| 5.2 Sachanalyse (Möglichkeiten inhaltlicher didaktischer Reduktion) | 69 |
| 6 Wissenschaftsbezug des Physikunterrichts | 71 |
| 6.1 Fachwissenschaftliche Arbeitsmethoden | 71 |
| 6.2 Modelle in der Physik..... | 72 |
| 7 Unterrichtsverfahren | 74 |
| 7.1 Darbietender Unterricht | 74 |
| 7.2 Fragend- entwickelnder Unterricht | 74 |
| 7.3 Entdeckender Unterricht..... | 75 |
| 7.4 Nachahmender Unterricht | 77 |
| 7.5 Prinzipien | 77 |
| 7.6 Spezielle Formen des Unterrichts | 78 |
| 8 Organisation des Unterrichts | 79 |
| 8.1 Phasen des Unterrichts | 79 |
| 8.2 Sozialformen des Unterrichts | 80 |
| 8.3 Aktionsformen..... | 82 |
| 9 Medienwahl 83 | |
| 9.1 Allgemeines | 83 |
| 9.2 Die einzelnen Medien des Physikunterrichts | 83 |
| 10 Das Experiment im Physikunterricht | 86 |
| 10.1 Allgemeines | 86 |
| 10.2 Das qualitative Experiment..... | 86 |
| 10.3 Das quantitative Experiment..... | 86 |
| 10.4 Didaktische Funktion von Unterrichtsexperimenten und methodische Aspekte..... | 86 |
| 10.5 Klassifikationsschemata von Experimenten | 87 |

5 Unterrichtsplanung

Sinn der Unterrichtsplanung ist, durch sorgsame Einberechnung aller Faktoren den Lehrerfolg systematisch zu sichern. Besonders für den (Lehr-) Anfänger ist eine exakte Planung eine unerläßliche Hilfe zur Bewältigung des Unterrichtsgeschehens. Das Suchen und Aufstellen von Zielen (hierbei besonders die operationalisierten Ziele) hilft dabei, den Erfolg des Unterrichts sichtbar bzw. meßbar zu machen. Sachliche Analyse und die Suche von Zielen erfolgen am besten abwechselnd bzw. gleichzeitig.

5.1 Didaktische Analyse

Die Auffassungen über den Inhalt bzw. den Umfang der didaktischen Analyse sind zum Teil unterschiedlich. In diesem Skriptum wird sich der Auffassung Klafkis angeschlossen, der die didaktische Analyse nur als Analyse von Intentionen und Thematik versteht. Im Gegensatz hierzu werden in der Pädagogik manchmal auch zusätzlich die Methodik sowie die Bedingungen des Unterrichts mit unter den Begriff der didaktischen Analyse gefaßt.

ausführlicher Text zu Pkt. 5.1 siehe S.6

5.2 Sachanalyse (Möglichkeiten inhaltlicher didaktischer Reduktion):

In der Sachanalyse wird das Thema der Unterrichtseinheit sowohl vom Standpunkt der Wissenschaft als auch aus der Sicht des Schülers betrachtet. Ziel ist es, den Stoff auf der Ebene der Wissenschaft so weit zu vereinfachen, daß er für Kinder verständlich wird. Diese Vereinfachung (auch Reduktion genannt) muß erfolgen, ohne etwas zu verfälschen oder Wesentliches außer acht zu lassen. Außerdem müssen Themen ausgewählt werden, die der Altersstufe der Schüler angemessen sind.

Die Sachanalyse wird in die fachwissenschaftliche Klärung und in die altersgemäße Reduktion aufgeteilt:

Unter die fachwissenschaftliche Klärung des Unterrichtsinhalts fallen physikalische Begriffe, Größen, Einheiten, historische Entwicklungen, technische Anwendungen, die Grundprinzipien eines Faches, die Bedeutung der Physik in der Gesellschaft, Querverbindungen zu anderen Bereichen und die Strukturen der Inhalte.

Die Betrachtung der altersgemäßen Reduktionsmöglichkeiten untersucht die Relevanz des Themas für das Kind jetzt und später, die Vereinfachung auf das Niveau der Schüler und die Auswahl der Themen aus dem Erfahrungsraum des Kindes.

Im Fach Physik kommt der didaktischen Reduktion der fachwissenschaftlichen Inhalte eine wichtige Bedeutung zu. Komplexe Sachverhalte werden auf ihre Kernaussage zurückgeführt, an besonders einleuchtenden Beispielen und durch Veranschaulichung erläutert.

Jung unterscheidet 7 Arten der didaktischen Reduktion:

Reduktion auf das Qualitative

Physikalische Theorien sind heute in der Regel mathematisiert und damit quantitativ abgefaßt. Alle quantitativen physikalischen Gesetze, Aussagen oder Experimente können jedoch auch qualitativ formuliert bzw. ausgeführt werden. Gerade im Physikunterricht der Schule spielen qualitative Erklärungen eine große Rolle.

Reduktion durch Vernachlässigung

Eine gängige Methode in der Physik ist die Vereinfachung eines Sachverhalts durch das Vernachlässigen von unwesentlichen Störungs- oder Nebeneffekten.

Vereinfachung in Anlehnung an historische Entwicklungen

Auf der Suche nach gut zu vermittelnden Musterbeispielen kann eine Rückbesinnung auf frühere historische Entwicklungsstufen hilfreich sein. Vor allem bei technischen Sachverhalten bieten historische Entwicklungsstufen oft das Elementare des Inhalts ursprünglich und deutlich erkennbar an.

Reduktion durch Verallgemeinerung (oder Generalisierung)

Verallgemeinerung im Wechselspiel von Induktion und Deduktion ist ein grundlegendes Erkenntnisverfahren der Physik. Im Physikunterricht sind übermäßige Generalisierungen an der Tagesordnung: Basierend auf Meßdaten, die oft anhand von nur einem einzigen Versuch gewonnen werden, werden allgemeingültige Gesetze formuliert.

Reduktion durch Partikularisierung

Begriffe werden anhand von Musterbeispielen erklärt, wobei aber nicht die gesamte Tragweite, sondern nur ein Teilaspekt des Begriffs behandelt wird.

Reduktion durch mangelnde begriffliche Differenzierung

In der Wissenschaft müssen Begriffe immer eindeutig, unmißverständlich und klar von anderen Begriffen zu unterscheiden sein. In der Schule müssen davon Abstriche, die für eine altersgemäße Präsentation notwendig sind, akzeptiert werden.

Reduktion auf das Elementare oder Prinzipielle

Hier geht es um die Konzentration auf das Wesentliche eines Verfahrens, eines Gerätes oder einer Theorie. Physikalisch- technische Geräte z.B. werden im Unterricht benutzt, ohne genau ihre Funktionsweise zu erklären. Wichtig ist nur, was ein Gerät macht, nicht, wie es genau funktioniert.

ausführlicher Text zu Pkt. 5.2 siehe S.7

6. Wissenschaftsbezug des Physikunterrichts:

6.1 Fachwissenschaftliche Arbeitsmethoden:

Wissenschaftliches Arbeiten eines forschenden Physikers ist durch einige typische Handlungsweisen gekennzeichnet. Dazu gehören die folgenden Tätigkeiten: Beobachten, Experimentieren, Informationen sammeln, Untersuchen, Hypothesen bilden und erörtern, Diskutieren und Messen, Begriffe und Modelle bilden etc.. Ein Ziel des Physikunterrichts ist, die Schüler durch Vermittlung dieser Handlungsweisen und Verfahren zu wissenschaftlichem Arbeiten (bzw. je nach Alter zu Vorstufen dazu) zu erziehen.

In der Physik werden Erkenntnisse meist in einem Wechselspiel von induktiver und deduktiver Forschung gewonnen. Beide Verfahren sollen im Physikunterricht in reduzierter Form angewendet werden. Induktive und deduktive Schlußweise sind allerdings keine Unterrichtsverfahren, sondern typische Denk- und Arbeitsweisen des Physikers, um zu neuen Erkenntnissen zu gelangen. In jedem Unterricht können induktiv und deduktiv, meist im gegenseitigen Wechselspiel, neue Erkenntnisse erschlossen werden.

Induktive Schlußweise

Bei der induktiven Schlußweise wird eine Reihe von einzelnen Erfahrungen, Beobachtungen oder Messungen auf nicht beobachtete Fälle ausgeweitet. Hierauf basierend werden allgemeingültige Gesetzmäßigkeiten aufgestellt. In der Physik kann es niemals eine vollständige Induktion geben, d.h. Beweise durch Induktion sind nicht möglich.

Deduktive Schlußweise

Schon die Übersetzung des lateinischen "deducere" mit ableiten oder herleiten läßt dieses Verfahren zur Erkenntnisgewinnung erkennen. Basierend auf der Grundlage und Kenntnis allgemeiner Gesetze etc. werden bei der deduktiven Schlußweise durch logisches Nachdenken und Rechnen neue Gesetze oder Zusammenhänge erschlossen.

Vor allem in der Pädagogik werden die erkenntnistheoretisch fundierten Begriffe Induktion und Deduktion oft auf den Bereich der Lehrmethodik und Unterrichtsverfahren übertragen, was zu einem teilweise falschen Gebrauch der Begriffe führen kann. So ist zum Beispiel die Beschreibung von Deduktion mit "vom Allgemeinen zum Besonderen" nicht haltbar. Um die erkenntnistheoretische Bedeutung von Induktion und Deduktion zu wahren, sollte man im Bereich der Pädagogik weniger zwischen induktivem und deduktivem Verfahren als vielmehr zwischen synthetischem und analytischen Verfahren unterscheiden.

Wechselspiel von Deduktion und Induktion

In der empirischen Forschung werden neue Erkenntnisse meist durch ein Wechselspiel von Deduktion und Induktion gewonnen. Das Herauskrystallisieren eines allgemeingültigen Naturgesetzes erfolgt in der Regel durch eine Vielzahl von induktiven und deduktiven Schlüssen. Im Physikunterricht sind Induktion und Deduktion starke Vereinfachungen der entsprechenden wissenschaftlichen Forschungsmethoden.

ausführlicher Text zu Pkt. 6.1 siehe S.14

6.2 Modelle in der Physik

Physikalische Modelle beschreiben Beobachtungen in der Natur. Modelle haben eine erkenntnistheoretische (zur Beschreibung von Naturphänomenen, Gesetzmäßigkeiten und Eigenschaften.) und eine didaktische (zur Vereinfachung, Veranschaulichung oder Verdeutlichung komplexer Sachverhalte) Funktion. Modellieren ist Denk- und Arbeitsprinzip des Physikers.

Es gibt keine festen Begriffe zur Klassifikation von Modellen. Unter dem Gesichtspunkt der didaktischen Wirkung lassen sich allerdings verschiedene Richtungen unterscheiden:

Technisches Abbild

Das technische Abbild (auch Objektmodell oder Demonstrationsmodell genannt) ist ein dreidimensionales Modell. Es ist oft sehr stark vereinfacht, da meist nur bestimmte Aspekte gezeigt werden sollen. Prinzip- und Schnittmodelle sind zu unterscheiden.

Planmodelle

Planmodelle sind zweidimensionale, stark vereinfachte, meist zeichnerische Darstellungen komplexer Sachverhalte.

Analogmodelle:

Analogmodelle (Analogie = Übereinstimmung) sind Modelle, die auf verschiedene Sachverhalte passend übertragen werden können. Bei gleichen mathematischen Gesetzen sind die gleichen Phänomene zu beobachten.

"Erklärungs"-Modelle:

Die Physik benutzt Erklärungsmodelle, um Naturphänomene und physikalische Vorgänge zu beschreiben. Reichen Modelle zur Erklärung einer Beobachtung oder eines Phänomens nicht mehr aus, so versucht man, sie zu erweitern. Stößt man dabei auf unüberwindbare Grenzen, so ist ein vollkommen neues Modell nötig (Atommodelle).

Simulationsmodelle:

Simulationsmodelle werden verwendet, um physikalische oder technische Prozesse einfacher, billiger oder ungefährlicher als im Original nachzuvollziehen. Real existierende Vorgänge werden (heute vor allem am Computer) nachempfunden.

Bedeutung und Aufgabe von Modellen

Modellieren ist Arbeits- und Denkprinzip des Physikers. Modelle helfen, Ähnlichkeitsgesetze zu verifizieren, sie dienen der Veranschaulichung, sie betonen besondere Aspekte, sie vereinfachen im Sinne didaktischer Reduktion und geben ein vereinfachendes Abbild der Realität wieder. Modelle verfolgen affektive Lernziele (Durchhaltevermögen und Leistungsansporn), sie vermitteln technisches Verständnis, fördern das kognitive Abstraktionsvermögen und demonstrieren die Vorläufigkeit und Vergänglichkeit naturwissenschaftlicher Erkenntnisse.

Didaktische Funktion

Modelle sind eine Hilfe zum Verstehen physikalischer Erkenntnisse, können zur Motivation der Schüler positiv beitragen, erweitern den Anschauungsbereich, schulen physikalische Arbeits- und Denkweisen und helfen bei der Analyse und Synthese komplexer Sachverhalte. Modelle verändern Haltungen und Einstellungen der Schüler und ermöglichen, Beobachtungen und Gesetzmäßigkeiten zu erklären.

ausführlicher Text zu Pkt. 6.2 siehe S.17

7 Unterrichtsverfahren

Eine wichtige Frage für die Gestaltung von Unterricht ist, unter welchen Bedingungen Schüler bestimmte Themen erarbeiten können und welche Themen der Lehrer vorwiegend informierend darbieten muß. Diese Fragestellung spiegelt sich in diesem Kapitel in der Unterscheidung von entdeckendem und darbietendem Unterrichtsverfahren. Das folgende Kapitel wird unter dem Leitprinzip des exemplarisch- genetisch- sokratischen Lernens behandelt, das auf Martin Wagenschein zurückgeht.

ausführlicher Text zu Pkt. 7 siehe S.21

7.1 Darbietender Unterricht

Der Lehrer stellt dem Schüler den Lerninhalt dar. Grundintension dieses Unterrichts-verfahrens ist die Information des Schülers durch die direkte Belehrung. Die unterrichtliche Initiative ist beim Lehrer konzentriert. Der Aktivität der Informations-quelle steht die Rezeptivität der Schüler gegenüber. Interaktionen zwischen den Schülern sind beim darbietenden Unterrichtsverfahren eher selten.

Anwendung findet diese Unterrichtsform vor allem, wenn der Lehrer oder ein Schüler eigene Erfahrungen oder Erlebnisse berichtet, Methoden und Arbeitstechniken vermittelt werden, bei denen Fehlleistungen von vornherein ausgeschlossen werden sollen und wenn große, aber leicht verständliche Informationsmengen ökonomisch vermittelt werden.

Der sinnvoll- übernehmende Unterricht ist eine besondere Ausprägung des darbietenden Unterrichts. Um trotz rezeptiver Darbietung ein gutes Verständnis des Stoffes zu erreichen, muß die kognitive Denkstruktur der Lernenden genau beachtet werden. Der sinnvoll- übernehmende Unterricht kann somit auch als einsichtiges Lernen bezeichnet werden. Der Unterrichtsstoff muß so aufbereitet werden, daß er dem Verständnis der Schüler sehr gut angepaßt ist.

ausführlicher Text zu Pkt. 7.1 siehe S.22

7.2 Fragend- entwickelnder Unterricht

Der fragend- entwickelnde Unterricht ist ein Unterrichtsverfahren, das einerseits die straffe Führung durch den Lehrer ermöglicht und andererseits die Schüler aktiv in das Unterrichtsgeschehen einbindet. Bei diesem Unterrichtsverfahren wird ein Problem in kleine Einzelschritte aufgelöst und in einfach zu beantwortende Fragen umgesetzt. Meist führt der Lehrer die Schüler in Form von Frage- Antwort- Ketten durch das Problem zu einem bereits formulierten Ziel.

Hauptsächliche Anwendungsbereiche sind Lernprozesse mit hoher Zielgerichtetheit (z.B. Regel- oder Gesetzerarbeitung) oder schwierige, komplexe Themen. Eine empfehlenswerte Variante des fragend- entwickelnden Unterrichts ist, die Schüler durch Impulse zu aktivem Denken anzuregen anstatt sie durch kleinschrittige Fragen zu gängeln.

ausführlicher Text zu Pkt. 7.2 siehe S.23

7.3 Entdeckender Unterricht

Wegbereiter für das Unterrichtsverfahren des "Entdeckenden Lernens" war Jerome S. Bruner. Er forderte, Neugier, Agilität und Spontaneität der jungen Menschen mehr als bisher zum Lernen zu nutzen. Im Mittelpunkt des entdeckenden Unterrichts stehen selbständige Schüleraktivitäten. Eine für alle Schüler gemeinsame Fragestellung wird zu Beginn des Unterrichts erarbeitet. In der Entdeckungsphase ist der Gesprächs- und Arbeitsverlauf entweder in der Klasse oder in Gruppen weitgehend von den Schülern selbst bestimmt.

Schüler entwickeln beim entdeckenden Unterricht ihre eigenen Vorstellungen von naturwissenschaftlichen Phänomenen, trainieren Problemlösen, erkunden neue Denkwege, packen selbständig etwas an und finden zu kreativen Lösungen. Sie steuern in Eigenverantwortung ihren Arbeitsprozeß, ihr Arbeitsverhalten und ihre Arbeitsergebnisse. Die Rolle des Lehrers ist hauptsächlich die des Beraters und Helfers bei der Auseinandersetzung mit Sachverhalten.

Die entscheidenden Vorteile entdeckenden Lernens liegen darin, übergeordnete Lernziele wie Kooperation, Planungs- und Organisationsfähigkeit, Selbsttätigkeit und Selbständigkeit oder Eigenverantwortlichkeit erreichen zu können. Behaltens- und Transferleistungen verbessern sich, die intrinsische Motivation steigt, Such- und Lösungstechniken werden gelernt. Es wird selbständig gearbeitet und die Schüler werden aktiviert.

Es lassen sich verschiedene Ausformungen entdeckenden Unterrichts klassifizieren. Entscheidend für die folgende Gliederung ist der Aktivitätsgrad der Schüler:

Die Fragemethode (nach Suchman)

Die einzige Aufgabe des Lehrers bei dieser Methode ist, von den Schülern gestellte Fragen zu einem vorgegebenen Problem zu beantworten. Dies setzt vom Lehrer eine sehr hohe fachliche Kompetenz voraus, da er den Unterricht nicht planen und sich somit nicht gezielt vorbereiten kann.

In der unterrichtlichen Praxis hat diese Art von Unterricht allerdings heute so gut wie keine Bedeutung.

Normalverfahren oder problemlösendes Verfahren

Hans Mothes wählte 1957 für dieses Unterrichtsverfahren die Bezeichnung "Normalverfahren", da er glaubte, daß sich dieses an der Vorgehensweise der fachwissenschaftlichen Erkenntnisgewinnung anlehnt. Oft wird dieses Verfahren auch als Abbild der Wissenschaft bezeichnet, was es bei genauerer Betrachtung allerdings nicht ist, da in der Forschung oft Glück und spontane Einfälle entscheidend sind (in der Schule stehen dafür 5min. Zeit zur Verfügung), da in der Forschung eine Idee notwendig ist, was man überhaupt untersuchen möchte und da in der Physik mit ihren Paradigmenwechseln (z.B. von der klassischen Physik zur Quantenphysik) völlig neue Denkstrukturen notwendig sind.

Genetisches Unterrichtsverfahren

Der genetische Unterricht wurde vor allem durch Martin Wagenschein geprägt. Er forderte Verbesserungen des bisherigen (Physik-) Unterrichts durch sokratisch- genetisch- exemplarisches Lernen:

Das sokratische Prinzip stellt das Gespräch zwischen den Schülern in den Mittelpunkt des Unterrichts. Die Schüler regen sich gegenseitig durch ihre Äußerungen zum Nachdenken an.

Das genetische Prinzip beinhaltet zwei Aspekte: Der erste Aspekt berücksichtigt die Entwicklung der Erkenntnis im Schüler, die Denkweise der Schüler. Vom Vorwissen und dem Vorverständnis der Schüler ist auszugehen, mit konkreten Erfahrungen ist zu beginnen, Probleme sind in den Vordergrund zu stellen. Der zweite Aspekt, auf den sich genetisch bezieht, ist die Entwicklung in der Wissenschaft, um zu Erkenntnissen zu gelangen. Den Schülern soll verdeutlicht werden, daß es auch in den Wissenschaften eines sehr langen Weges bedurfte, um zu den heutigen Erkenntnissen zu gelangen.

Entscheidend beim genetischen Unterricht ist die Verfahrensweise bei der Präsentation/ Entdeckung des Stoffes. Ausgangspunkt sollten Phänomene, und nicht fertige Gesetze sein. Der Unterricht soll auf das Fragebedürfnis der Schüler eingehen und nicht fachwissenschaftliche Endprodukte den Schülern aufsetzen.

Das exemplarische Prinzip bietet einen Ausweg aus der Stofffülle an. Das an einem Beispiel erworbene Wissen und Können soll auf neue Beispiele übertragen werden können. Ein im Unterricht verwendetes Beispiel soll für andere Inhalte und für das Sachgebiet beispielhaft (stellvertretend) sein.

Gefördert werden soll vor allem die geistige Aktivität und die Kreativität der Lernenden. Genetisches Lernen basiert auf Erstaunen, Entdecken und Erkennen. Anhand beeindruckender Phänomene der alltäglichen Umwelt werden physikalische Sachverhalte, letztendlich von den Schülern selbst, erläutert und erklärt.

Forschend - entwickelnder Unterricht

Das forschend- entwickelnde Unterrichtsverfahren orientiert sich an der Methode der Erkenntnisgewinnung in der Fachwissenschaft Physik. Die Schüler lernen dabei, Lösungsvermutungen aufzustellen und ihre Hypothesen durch Experimente zu prüfen. Kennzeichnend ist eine sehr geringe Lenkung durch den Lehrer. Der Forschende wählt nach Möglichkeit den Forschungsgegenstand, die Bearbeitungsstrategie und die Methoden selbst. Im Unterrichtsalltag ist forschender Unterricht allerdings kaum durchführbar.

Nacherfindender Unterricht

Ausgangspunkt dieses Unterrichts ist eine technische Frage- oder Aufgabenstellung. Entscheidend ist nicht die Erklärung eines technischen Gerätes, sondern die aktive Lösung eines technischen Grundproblems. Durch das Nacherfinden eines technischen Gerätes erfährt der Schüler schöpferisches Können und die Einsicht, daß Technik von Menschenhand gemacht wurde und auf Naturgesetzmäßigkeiten beruht.

ausführlicher Text zu Pkt. 7.3 siehe S.24

7.4 Nachmachender Unterricht

Der nachmachende Unterricht im Fach Physik lehnt sich vor allem auf dem Nachbau funktionierender Geräte oder Modelle an, um deren Aufbau oder Funktionsweise wenigstens teilweise zu verstehen. Selbständiges Denken der Schüler fehlt weitgehend, vorteilhaft hingegen ist der hohe Motivationscharakter, da viele Kinder in ihrer Freizeit auch zu Hause nach Vorlagen basteln oder experimentieren.

Alleine affektive Lernziele wie Durchhaltevermögen, Ehrgeiz oder Erfolgsstreben rechtfertigen dieses Verfahren.

ausführlicher Text zu Pkt. 7.4 siehe S.30

7.5 Prinzipien

Prinzipien sind Überlegungen zur Unterrichtsgestaltung, die manchmal automatisch mit Unterrichtsverfahren verbunden sind, die aber auch als Grundsatz über einer Unterrichtseinheit stehen können, unabhängig davon, welches Unterrichtsverfahren gewählt wurde.

Historisierendes Verfahren

Das historisierende Verfahren darf nicht mit dem genetischem Verfahren verwechselt werden. Beim genetischen Verfahren werden nämlich nur Entwicklungen betrachtet, die aus heutiger Sicht wichtig sind. Im Gegensatz hierzu müssen beim historisierenden Verfahren auch Fehlentwicklungen aufgegriffen werden. Die Schüler können erkennen, daß Physik keine abgeschlossene Wissenschaft ist, sondern einer ständigen Entwicklung unterliegt und daß sich Physik in einer Wechselbeziehung zwischen physikalischen Erkenntnissen, technischen Entwicklungen und sozialem Umfeld weiterentwickelt.

Synthetisches, analytisches und syn./analytisches Verfahren

Das synthetische Verfahren geht von einzelnen Wissenselementen aus. Diese werden nach bestimmten Regeln verknüpft, so daß daraus ein größeres System wird. Die Betrachtung der technischen Anwendungsmöglichkeiten wird in der Anwendungs- und Vertiefungsphase vollzogen. Beim analytischen Verfahren wird ein komplexes System in seine Grundbausteine zerlegt, um letztendlich auf zugrundeliegende technisch/ physikalische Gesetze zu schließen.

Eine Variation aus den vorhergehenden Methoden ist die synthetisch- analytische Methode. Es bietet sich an, wenn zur Bearbeitung eines Sachverhalts der Einstieg an Hand eines technischen Gerätes aus dem Erfahrungsbereich der Schüler gewählt werden kann.

Im Zusammenhang mit Unterrichtsverfahren sollten nur die Begriffe analytisch und synthetisch verwendet werden, nicht die Begriffe Induktion und Deduktion, da dieses wissenschaftliche Forschungsverfahren sind.

ausführlicher Text zu Pkt. 7.5 siehe S.31

7.6 Spezielle Formen des Unterrichts

Projekt

Projekte sind eine besondere Form des praxisorientierten Unterrichts. Vor Ort wird ein konkretes Problem, das die Interessen und Bedürfnisse der Schüler anspricht und das in der Gesellschaft von Bedeutung ist, untersucht und gelöst. Die Beteiligten planen, auf ein bestimmtes Ziel gerichtet, selbst, was sie tun und erreichen wollen. Wichtig ist dabei die gegenseitige Kommunikation.

Projekte laufen meist in der Form von sogenannten Projekttagen an der Schule ab. Es wird fächerübergreifend gearbeitet. Ziel des Projekts ist ein vorzeigbares Ergebnis, das auch veröffentlicht wird.

Fallstudie

In einer Fallstudie bearbeiten Schüler einen ganz speziellen Fall, in dem naturgesetzliche Zusammenhänge deutlich zum Ausdruck kommen (z.B. die Anomalie des Wassers, ein ideales Gas). Die Fallstudie erlaubt selbständiges Arbeiten in einem komplexen Feld. Sie fördert selbständige Urteilsbildung und Kritikfähigkeit. Alle erforderlichen Unterlagen und eine konkrete Fragestellung werden vom Lehrer gestellt. Eine theoretische Antwort als Ergebnis genügt.

Kurs

Unter Kurs versteht man eine fortlaufende Reihe von Lehrstunden in einer bestimmten Fachgruppe. Im Schulunterricht sind Kurse ein Unterricht in relativ fest bestehenden Gruppen, die nach Leistungsfähigkeit, Begabung oder Interessensrichtungen der Schüler gebildet werden. Der Unterricht an der Oberstufe des Gymnasiums findet in verschiedenen Kursen statt.

ausführlicher Text zu Pkt. 7.6 siehe S.32

8. Organisation des Unterrichts:

8.1 Phasen des Unterrichts

Stufen- und Phasenschemata helfen, eine Lehr- Lern- Einheit in einzelne Unterrichtsschritte zu gliedern. Sie sind stets nur als Orientierungsrahmen der Unterrichtsgliederung zu verstehen, da sie bei zu strenger Handhabung die Kreativität der Unterrichtsgestaltung einengen können.

Roth sieht den Lernprozeß als eine Abfolge von gesetzmäßigen Lernschritten. Stellvertretend für viele andere Artikulationsmodelle soll hier das Gliederungssystem von Roth für den Unterrichtsverlauf dargestellt werden. Es hat 6 Stufen:

Stufe der Motivation

Der Begriff der "Motivation" ist abgeleitet aus dem Lateinischen "movere" , das wörtlich mit "bewegen", etwas freier mit "anregen/ aufregen/ ergriffen sein von etwas" übersetzt werden kann.

Zu Beginn jeder Unterrichtseinheit soll das Interesse der Schüler für den Lerngegenstand durch eine Unterrichtsphase der Motivation geweckt werden. Unter pädagogischer Sicht darf die Stufe der Motivation allerdings nicht Mittel zum Selbstzweck sein, sondern soll letztendlich positive Einstellung und Bereitschaft zum Lernen bewirken.

Die Stufe der Motivation ist auch die Stufe der Problemstellung oder Problemfindung. Ein speziell auf etwas gerichtetes Interesse soll hier geweckt werden. Das Bedürfnis nach neuen Erfahrungen, das Neugierverhalten muß vom Lehrer auf einen bestimmten Sachverhalt gerichtet werden, um eine hohe Intensität der Zuwendung über einen längeren Zeitraum zu erreichen.

Kurzzeitige Motivation der Schüler ist über einen kognitiven Konflikt, wie Überraschung, Zweifel, Staunen etc., erreichbar. Abwechslung, Aktualität, Engagement des Lehrers etc. wirken nicht nur in der Phase der Motivation, sondern verbessern auch die längerfristige Motivationslage der Schüler.

Stufe der "Schwierigkeit"

Durch die Stufe der Motivation wurden die Schüler in Lernbereitschaft versetzt. Das zu lösende Problem oder das zu erreichende Ziel ist aber meist noch nicht allen Schülern ganz klar. Für den weiteren Unterrichtsfortgang ist es nun notwendig, daß alle das Problem klar erkennen. Meist geschieht dies in Form eines gelenkten Gesprächs. Am Ende dieser Stufe muß eine eindeutige Problemformulierung stehen.

Stufe der Lösung

Nach der Stufe der Schwierigkeit kommt die Entdeckung eines Lösungsweges. Der Lehrer zeigt den Lösungsweg oder, wesentlich besser, läßt ihn finden. Roth bezeichnet diese Stufe mit als den wichtigsten Lernschritt. Beim Erarbeiten einer Gesetzmäßigkeit ist es meist möglich, daß der Lehrer sich möglichst weit zurückhält. Er sammelt die verschiedenen Äußerungen und wacht lediglich darüber, daß die Schüler beim Thema bleiben. Auf dieser Stufe der Erarbeitung ist die Lösung noch vorläufig und hypothetisch, da sie noch nicht, entweder auf Richtigkeit geprüft ist oder sich in der Praxis bewährt hat.

Stufe des Tuns und Ausführens

Die Stufe des Tuns und Ausführens ist durch die Bewährung der Lösung in der Praxis bestimmt. Das Experiment steht in dieser Stufe im Vordergrund. Lösungsvermutungen, Erklärungen von technischen Zusammenhängen oder neu eingeführte Begriffe oder Definitionen, die in der vorausgehenden Stufe erarbeitet wurden, müssen nun praktisch angewendet werden.

In der Physik sind die zwei Stufen ("Lösung" sowie "Tun und Ausführen") eng miteinander verbunden und können als eine Stufe zusammengefaßt werden. In einem Wechselspiel von Induktion und Deduktion werden in dieser zusammengefaßten Stufe in der Regel Experimente oder Herleitungen mit anschließender Überprüfung durchgeführt.

Stufe des Behaltens und Einübens

In dieser Stufe soll durch Üben das neu Gelernte gefestigt und das Behalten durch Anwenden, Vertiefen, und Wiederholung in verschiedensten Formen gefördert werden.

Stufe des Bereitstellens, der Übertragung und der Integration des Gelernten

Der letzte Lernschritt vollendet den vorausgehenden, indem er das Neuerlernte für den jederzeitigen Gebrauch im täglichen Leben aufbereitet. Das Lernergebnis soll nicht nur für das Behalten im Gedächtnis gesichert, sondern auch für weiteres Lernen verfügbar gemacht und bereitgestellt werden. Diese Phase dient dem Übertragen auf neue Bereiche. Einzelbausteine physikalischen Wissens müssen unbedingt in einen Gesamtzusammenhang eingegliedert werden.

ausführlicher Text zu Pkt. 8.1 siehe S.35

8.2 Sozialformen des Unterrichts:

Sozialformen beschreiben die möglichen Sozialbeziehungen zwischen den am Unterricht beteiligten Personen.

Frontalunterricht

Typisch für den Frontalunterricht könnte diese Unterrichtsszene sein: Der Lehrer steht vor der Klasse, trägt etwas vor und stellt ab und zu Fragen, die kurz von den Schülern beantwortet werden. Der Lehrer dominiert also eindeutig das Geschehen des Unterrichts. Es kommt fast nur zu Lehrer- Schüler- Interaktionen, kaum zu Schüler- Schüler- Interaktionen. Diese Sozialform ist im Unterricht sicher am häufigsten anzutreffen. Sie eignet sich besonders für das darbietende Unterrichtsverfahren.

Klassengespräch (oder Kreisgespräch)

Ebenso wie im Frontalunterricht wird im Klassengespräch ein für alle Schüler gleiches Thema gleichzeitig, auf demselben Niveau und im selben Tempo bearbeitet. Zusätzlich, und das ist entscheidend, kommt es neben den Lehrer- Schüler Interaktionen hier auch zu Interaktionen zwischen den Schülern. Der Lehrer lenkt das Gespräch, je weniger er sagen muß, desto besser. Wichtig hierfür ist eine kommunikationsfördernde Sitzordnung.

Gruppenunterricht

Gruppenunterricht unterteilt, zeitlich begrenzt, den Klassenverband in mehrere arbeitsfähige Kleingruppen. Jeweils etwa 4-6 Schüler arbeiten gemeinsam an einer Themenstellung. Im Anschluß an den Gruppenunterricht werden die Arbeitsergebnisse der einzelnen Kleingruppen für den Klassenverband durch Zusammenfassung nutzbar gemacht.

Gruppenunterricht wird vor allem in der Erarbeitungsphase eingesetzt. Sehr wichtig ist, daß die Aufgaben, die der Schüler erledigen soll, und die Ziele, die er erreichen soll, diesem klar sind. Zwei verschiedene Arten des Gruppenunterrichts sind möglich, der arbeitsteilige Unterricht und der Gruppenunterricht "in gleicher Front".

Das wichtigste Ziel der Gruppenarbeit im Physikunterricht ist selbständiges Experimentieren, das keinesfalls in Exerzieren ausarten darf.

Einzelarbeit

Bei der Einzelarbeit löst jeder Schüler für sich allein Lernaufgaben. Einzelarbeit wird vor allem in den Phasen des Einübens und Wiederholens von Kenntnissen und Fähigkeiten angewendet. Persönliche Lernfortschritte können in dieser Sozialform vom Lehrer überprüft oder individuelle Defizite erkannt werden. Zwei Arten von Einzelarbeit lassen sich unterscheiden, die Stillarbeit und der programmierte Unterricht.

Partnerarbeit

Je zwei Schüler bilden eine Arbeitsgemeinschaft. Bevorzugt ist diese Sozialform einzusetzen, wenn Materialien schnell ausgewertet oder gegenseitig der Lernfortschritt kontrolliert werden soll, ebenso in Wiederholungs- und Übungsphasen. Die nötige Zusammenarbeit der Schüler ermöglicht das Erreichen sozialer Lernziele. Verständliche, genaue und möglichst detaillierte Arbeitsanweisungen spielen eine wichtige Rolle, wenn die Partnerarbeit effektiv und produktiv sein soll.

Team Teaching

Diese Form des Unterrichts kam über das Versuchsstadium nie richtig hinaus. Für die Unterrichtspraxis hat Team Teaching heute keine Bedeutung.

Team Teaching ist eine Organisationsweise, bei der mehrere Lehrer sich zu einer gegenseitigen Helfer- und Interessengemeinschaft zusammenschließen, um gemeinsam einen Unterricht in flexiblen Schülergruppierungen zu planen und durchzuführen. Ein Thema soll aus verschiedenen Perspektiven betrachtet werden (Interdisziplinarität).

ausführlicher Text zu Pkt. 8.2 siehe S.40

8.3 Aktionsformen

Lehrerfrage

Die Aufgabe des Lehrers ist, Lernsituationen zu schaffen und Lernhilfen zu geben. Oft werden aber z.B. Kausalzusammenhänge durch Frageformulierungen vorweggenommen. Den Kindern wird durch zu eng gefaßte Fragen die Chance genommen, selbst etwas zu entdecken oder selbst nennenswerte Denkleistungen zu vollbringen.

Trotzdem haben Fragen aber eine wichtige Funktion im Unterrichtsgeschehen. Sie binden den Schüler ins Unterrichtsgeschehen ein, ermöglichen Lernerfolgskontrollen, schärfen das Problembewußtsein (Hinterfragen von Problemen) und geben Denkanstöße.

Lernpsychologisch günstig sind Fragen, die das produktive Denken fördern und die Schüler aktivieren.

Impulse

Impulse sind Denk- oder Handlungsanstöße, die der Lehrer erteilt, wenn der Lernprozess stockt und weitergeführt werden soll oder wenn er erstmalig in Gang gesetzt wird. Impulse sind in der Regel gezielte Aufforderungen zu bestimmten Tätigkeiten. Besondere Formen von Impulsen sind Zweifel, Einwände, Hinweise oder Probleme, Experimente, Modelle, Darstellungsformen oder Gegenbeispiele.

Schülerfrage

Für den Schüler ist es ebenso wichtig, Probleme und Fragen zu sehen und zu erkennen, wie Fragen zu beantworten. Daher muß der Lehrer dafür sorgen, daß der Schüler zu Fragen angeregt wird. Wichtig Voraussetzung hierfür ist natürlich ein Klima, in dem der Schüler keine Angst hat, ungezwungen Fragen zu stellen. Die Schüler müssen lernen, sinnvolle und relevante Fragen zu stellen.

Darbietungen

Die Darbietung hat den Vorteil, kurz und effektiv zu sein. Der Lehrer (manchmal auch ein Schüler) kann vortragen, berichten oder referieren. Zur Zusammenfassung, für einen Überblick, für Ergänzungen oder um schwierige Probleme zu erläutern, ist sie optimal geeignet.

ausführlicher Text zu Pkt. 8.3 siehe S.45

9 Medienwahl

9.1 Allgemeines:

Medien im Physikunterricht sind alle Experimentiergeräte, Objektmodelle, audiovisuelle Medien, Wandtafel und Overheadprojektor, Videocamera, Computer sowie Schulbuch, Arbeitsmappe und Arbeitsblätter. Medien müssen zur Erreichung der gesetzten Lernziele nützlich, wissenschaftlich zuverlässig, den Schülern angepaßt, methodisch sinnvoll und an Unterrichtsprinzipien ausgerichtet sein. Sie müssen ökonomisch, aktuell, umfassend und gut strukturiert sein.

Der alleroberste Grundsatz für den Lehrer in punkto Medien muß sein: Ein Medium darf niemals ohne vorherige Besichtigung (z.B. eines Filmes) oder ohne vorheriges Ausprobieren (z.B. einer Experimentieranordnung) verwendet werden.

ausführlicher Text zu Pkt. 9.1 siehe S.48

9.2 Die einzelnen Medien des Physikunterrichts

Experimentiergeräte

Zu den Experimentiergeräten gehören neben den von Lehrmittelfirmen angebotenen Geräten und Modellen auch Gegenstände, die im Alltag verwendet werden oder von Schülern oder Lehrern hergestellte Geräte.

Je einfacher die in Experimenten verwendeten Geräte und Gegenstände sind, desto besser. Dadurch wird die Konzentration der Schüler auf das Wesentliche des Versuchs gelenkt. Falls möglich, sollten die Geräte aus dem alltäglichen Erfahrungsbereich der Kinder stammen.

audiovisuelle Medien

Zu den audiovisuellen Medien gehören Filme, Fernsehen und Videocassette, Dia-Reihen und Ton-Dia-Reihen, Tonbänder, Toncassetten sowie Hörfunk und der Tageslichtprojektor. Sie sollten nur dann eingesetzt werden, wenn es nicht oder nur schwerlich möglich ist, den Schülern in hinreichendem Maße unmittelbare Erfahrungen mit dem Lerngegenstand machen zu lassen.

Dia

Die Vorteile des Dias liegen in seiner wirklichkeitsgetreuen Reproduktion sowie in der längerfristig möglichen Konzentration auf eine Bildstelle. Das Gesehene kann sofort beschrieben werden. Eine gute Präsentation von Details bzw. dem Wesentlichen ist möglich.

Filme/ Fernsehen/ Video

Heute hat der Videorecorder zusammen mit dem Fernseher die übrigen filmischen Medien in der Schule fast vollständig verdrängt. Bedienungskomfort und relativ günstige Preise forcieren den Einsatz dieser Geräte.

Toncassetten und Hörfunk

Der Cassettenrecorder ist ein Arbeitsmittel in den Händen der Kinder. Dem Lehrer bieten sich viele Möglichkeiten, Sequenzen vorbereitend mitzuschneiden oder zu überspielen. Der Cassettenrecorder ist gut geeignet, um Sachverhalte zu verbalisieren, die Schüleraktivität zu steigern und um die Schüler zu motivieren.

Das Arbeitsheft der Schüler

Das Arbeitsheft dient der Erarbeitung, Gestaltung, Sicherung und Übung von Lernstoff. Ergebnisse des Unterrichts werden von den Schülern im Heft festgehalten oder aus freien Stücken notiert. Mit Hilfe seines Heftes soll dem Schüler die Wiederholung des Lerninhalts erleichtert werden. Schriftliche Hausarbeiten werden ebenfalls im Arbeitsheft angefertigt.

Schulbuch (Arbeits- und Lehrbuch)

Im Lehrbuch ist das Wichtigste des Stoffes zusammengefaßt. Es war früher vor allem zum Auswendiglernen gedacht. Modernere Bücher beinhalten zur Zusammenfassung zwar noch Lehrbuchaspekte, sind aber mehr als Arbeitsbücher aufgebaut, um die Schüler auch zu aktivieren. Ein gutes Schulbuch ist Sachbuch, Arbeitsbuch, Lehrbuch, Übungsbuch, Selbstbildungsmittel, Merkheft, Nachschlagewerk und Anschauungsmittel. Weitere, fast selbstverständliche Anforderungen an ein Schulbuch sind, daß es sachlich richtig, altersgemäß, aktuell und umfassend mit Querverbindungen ist. Es muß übersichtlich, optisch ansprechend und einladend zum Lesen und Arbeiten sein. Sorgfältige Begriffserklärungen sind notwendig.

Tafel:

Das Tafelbild soll dem Schüler die Möglichkeit geben, sich die im Unterricht behandelten Probleme und Ergebnisse vor Augen zu führen und zu einem besseren Verständnis der behandelten Inhalte und Gegenstände beizutragen. Die Wandtafel ist ein unverzichtbares Speicher- und Kommunikationsmedium, da mit ihrer Hilfe die einzelnen in den Unterricht eingebrachten Gedanken zum Teil festgehalten werden und vor allem miteinander in Verbindung gebracht werden können.

Tageslichtprojektor (Overheadprojektor)

Der Tageslichtprojektor bietet grundsätzlich ähnliche Möglichkeiten wie die Tafel, soll in der Schule aber die Funktion der Tafel nicht ersetzen, sondern diese durch seine gerätespezifischen zusätzlichen Möglichkeiten ergänzen. Im Physikunterricht kann der Tageslichtprojektor bei vielen Experimenten eingesetzt werden.

Videocamera:

Im Physikunterricht kann die Videocamera als audiovisuelles Medium wie auch als Experimentiergerät verwendet werden. Versuchskomponenten können vergrößert, in Zeitlupe oder Zeitraffer gezeigt werden. Kamerafunktionen können mit ihr verdeutlicht werden.

Computer:

Im Physikunterricht kann der Computer für die Simulation ebenso wie für die Erfassung und Verarbeitung von Daten eingesetzt werden. Er kann Realexperimente ersetzen oder didaktisches Mittel sein. Der Computer ermöglicht hohe Meßwertraten, Langzeitmessungen, die Messung schneller Vorgänge sowie die Steuerung und Regelung von einzelnen Variablen bei Experimenten.

ausführlicher Text zu Pkt. 9.2 siehe S.49

10 Das Experiment im Physikunterricht

10.1 Allgemeines:

In der Wissenschaft können Experimente entweder Anregung für neue Forschungen sein, oder deduktiv gewonnene Erkenntnisse bestätigen. In den meisten Fällen ist die Aufgabe des physikalischen Experiments in der Wissenschaft, Modellanalysen und theoretische Vorhersagen zu verifizieren oder zu falsifizieren.

Im Schulunterricht sind Experimente keine methodische Reduktion von wissenschaftlichen Forschungsexperimenten, sondern haben vielmehr eine didaktische Funktion.

10.2 Das qualitative Experiment:

Schon vor der Schulzeit machen Kinder Erfahrungen im naturwissenschaftlichen Bereich und entwickeln passend zu diesen Erfahrungen eigene Erklärungen. Diese spielerische Erforschung von Naturgesetzmäßigkeiten durch die Betrachtung von Phänomenen, ist nichts anderes als qualitatives Experimentieren. Auf diese Erfahrungen und Vorstellungen der Schüler aufbauend, müssen den Schülern zunächst die bisherigen, außerschulischen Erfahrungen bewußt gemacht werden. Als nächster Schritt werden Phänomene, die den Schülern bekannt sind, im qualitativen Experiment aufgegriffen. Diese Experimente dienen dazu, die Schülererfahrungen zu strukturieren, zu vertiefen, zu ergänzen und falls notwendig, zu korrigieren. Besonders günstig hierfür sind "Freihandexperimente" mit alltäglichen Gegenständen. Es werden also bestehende Schülervorstellungen behutsam verändert und ausdifferenziert sowie brauchbare vorhandene Vorstellungen bewußt gemacht und verfestigt.

ausführlicher Text zu Pkt. 10.1 und 10.2 siehe S. 59

10.3 Das quantitative Experiment:

Das quantitative Experiment ist für die Fachwissenschaft Physik charakteristisch und erfüllt daher im Physikunterricht in erster Linie die Aufgabe, die Arbeitsweise der Naturwissenschaft aufzuzeigen. Sehr sorgfältiges, mühsames und genaues Messen führen hinter die Naturgeheimnisse und zur technischen Nutzbarmachung der Naturgesetze.

ausführlicher Text zu Pkt. 10.3 siehe S.60

10.4 Didaktische Funktion von Unterrichtsexperimenten und methodische Aspekte:

Beim Experimentieren lernen die Schüler, genau zu beobachten, sie entwickeln kausales und funktionales Denken und werden zu Objektivität, Gewissenhaftigkeit und Ausdauer erzogen. Sozialverhalten und Kommunikationsfähigkeit werden verbessert, ebenso die manuellen Fähigkeiten. Experimente steigern die Motivation, die Lerninhalte werden durch Selbsttätigkeit gefestigt. Die Vorgehensweise der Fachwissenschaft im experimentellen Bereich kann nachvollzogen werden, ein Verständnis für Technik wird angebahnt.

Um einen guten Lernerfolg zu ermöglichen, soll der Physikunterricht mit qualitativen Experimenten beginnen. Während in der Sekundarstufe I das qualitative Experiment vorherrschend sein soll, kann in der Sekundarstufe II mit quantitativen Experimenten in größerem Umfang gearbeitet werden. Versuche sollen an das Vorverständnis, die Aufnahmefähigkeit sowie die Schülerinteressen angepaßt sein. Experimente sollten, falls möglich, so gestaltet sein, daß sie von den Schülern auch außerhalb der Schule wiederholt werden können.

ausführlicher Text zu Pkt. 10.4 siehe S.61

10.5 Klassifikationsschemata von Experimenten:

Experimente können verschieden klassifiziert werden. Hier einige Unterscheidungsmerkmale:

Unterscheidung nach der Person, die ein Experiment ausführt

Ziel eines Demonstrations- oder Lehrerexperiments ist die optimale Veranschaulichung eines Versuchs. Solche Versuche sollen deshalb in ihrer Logik leicht verständlich und gut sichtbar sein, einen übersichtlichen Aufbau aufweisen und die Schüler aktiv mit einbeziehen

Beim Schülerexperiment sollen die Schüler durch Selbsttätigkeit zu bestimmten Fertigkeiten, Fähigkeiten und Einsichten gelangen.

Unterscheidung nach der Quantifizierbarkeit

Qualitative Experimente zeigen Zusammenhänge zwischen einzelnen Variablen einer Versuchsanordnung auf. Quantitative Experimente liefern stets Meßwerte.

Unterscheidung nach dem unterrichtlichen Einsatz

Im Unterricht können Experimente zum Einstieg, zur Gewinnung oder Bestätigung einer neuen Erkenntnis, zur Anschauung oder Wiederholung durchgeführt werden.

Unterscheidung nach der Repräsentation des Objekts

Experimente können in der Natur, mit speziellem Gerät, als Modell- oder Original- oder als Gedankenexperimente durchgeführt werden.

Unterscheidung nach der Komplexität der Geräte und des Gesamtaufwandes

Es gibt Freihandversuche, Black- Box- Versuche oder Prinzipversuche. Einfache Meßexperimente stehen komplexen und mehrkomponentigen Experimenten gegenüber.

ausführlicher Text zu Pkt. 10.5 siehe S.61