

---

Methodik

---

des Physikunterrichts

Kurt Haspas



# Methodik des Physikunterrichts

---

Herausgegeben von

KURT HASPAS

Dr. phil. habil., o. Professor für Methodik des Physikunterrichts  
an der Humboldt-Universität Berlin



Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin • 1970

## Autoren

Berndt, Lothar, Prof. Dr. paed. habil., Magdeburg. Abschnitte 4.3. und 4.5. Hamann, Gerhard, Berlin. Abschnitte 2.3. und 2.4.; Abschnitte 3.1., 3.3. und 3.4. Haspas, Kurt, Prof. Dr. phil. habil., Berlin. Kapitel 1; Abschnitte 5.2.2., 5.3.1. und 5.4.; Abschnitt 7.1. Heise, Gerhard, Dresden. Abschnitt 7.2. Karl, Klaus, Dr. paed. Berlin. Kapitel 6 (zusammen mit Richter, Ernst Otto, Dr. paed.) Mader, Oskar, Professor, Berlin. Abschnitt 4.1.; Abschnitte 5.1., 5.2.1. und 5.2.3. Manthei, Wolfgang, Dr. paed. habil., Berlin. Abschnitt 4.2.; Abschnitt 5.3.2. Mucke, Helmut, Dr. paed., Dresden. Abschnitt 4.4. Oppermann, Lothar, Dr. paed., Berlin. Abschnitte 2.1. und 2.2. Richter, (f) Ernst Otto, Dr. paed., Berlin. Kapitel 6 (zusammen mit Karl, Klaus, Dr. paed.) Voigt, Hans, Dr. paed., Grotzsch. Abschnitte 3.2. und 3.5. Wehner, Richard, Prof. Dr. rer. nat. habil., Güstrow. Kapitel 8

1. Auflage • Ausgabe 1969

Lizenz-Nr. 203 • 1000/69 - ES 10 C

Redakteur: Werner Golm

Einband: Günter Wolff • Werner Fahr

Typografie: Wolfgang Loreuz

Technische Illustrationen: Heinrich Linkwitz

Gesamtherstellung: VEB Druckerei „Thomas •Müntzer“, 582 Bad Langensalza

Gesetzt aus der Didot

Redaktionsschluß: 20. 6. 1969

Bestell-Nr. 02 21 14-1 • Preis: 8,25 M

## Vorwort

Die derzeitige Entwicklung des Physikunterrichts vollzieht sich — wie jede andere auch — unter revolutionären äußeren Bedingungen, die direkt oder indirekt auf ihn einwirken. Das sind der Aufbau des Sozialismus in der DDR und in anderen sozialistischen Ländern, die sprunghafte Entwicklung der wissenschaftlich-technischen Revolution und der weltweite Kampf der gesellschaftlichen Systeme des Sozialismus und des Kapitalismus. Diese Grunderscheinungen unserer gegenwärtigen Epoche spiegeln sich naturgemäß auch in unserer Schulpolitik wider und haben ihren Niederschlag im *Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem* (1965) gefunden, in dem die bildungspolitischen Aufgaben für das nächste Jahrzehnt formuliert sind.

In der ersten Etappe der Verwirklichung des Bildungsgesetzes wurde als wichtigste Aufgabe die Ausarbeitung von neuen Lehrplänen gelöst, die gegenüber den Plänen von 1959 wesentliche Verbesserungen aufweisen. Zugleich entwickelten die Gesellschaftswissenschaften, insbesondere die Pädagogik, die Psychologie und die Methodik, in Verbindung mit philosophischen und kybernetischen Erkenntnissen neue theoretische und praktische Grundlagen zur Lösung der mit den Lehrplänen verknüpften Aufgaben, die auf die Erziehung der Schüler zu sozialistisch geformten Persönlichkeiten abzielen. Ein wesentliches Hilfsmittel zur Bewältigung der Forderungen, die an den Lehrer bei der Durchsetzung der neuen Lehrpläne gestellt werden, ist die methodische Literatur. Die vorliegende *Methodik des Physikunterrichts* soll dem Lehrer eine wichtige Hilfe sowohl in der theoretischen Durchdringung als auch in der praktischen Durchführung seines Physikunterrichts sein. Sie ist die erste Veröffentlichung in einer Reihe von Methodikbüchern, die den obengenannten Zwecken dienen.

Das Buch unterscheidet sich erheblich von dem 1961 erschienenen Werk *Physikunterricht — Methodisches Handbuch für den Lehrer*. Es geht von der Auffassung aus, daß die gegenwärtigen schulpolitischen Aufgaben nur durch eine stärkere theoretische Durchdringung der Methodik des Physikunterrichts gelöst werden können. Die bisher häufig noch im Vordergrund stehende vorzugsweise empirische Begründung didaktisch-methodischer Einzelerkenntnisse sollte durch eine theoretische Grundlegung ergänzt und gefestigt werden. Dadurch tritt das jeder Wissenschaft immanente Anliegen stärker in den Vordergrund, die dem Wissenschaftsbereich eigentümlichen Gesetzmäßigkeiten zu erforschen und ihre Gesetze aufzufinden.

Die Autoren des Buches haben sich bemüht, den gegenwärtigen Stand einer wissenschaftlich begründeten Physikmethode widerzuspiegeln, aber auch ihre Entwicklung und die perspektivischen Aufgaben darzustellen.

Aus dem Gesagten folgt, daß die *Methodik des Physikunterrichts* die theoretische Grundlegung zwar stärker als bisher üblich in den Vordergrund stellt, aber bestrebt ist, ein wohlhabgestimmtes Verhältnis zur praktischen Handreichung für den Lehrer in der Schulfähigkeit zu finden. Diesem Zwecke dient auch der Versuch, die zahlreichen, in der Literatur oft noch beziehungslos nebeneinander gestellten methodischen und experimentellen Verfahren, die Experimente und die Lehr- und Lernmittel durch Systematisierung und Klassifizierung unter einheitlichen Gesichtspunkten zu betrachten, die dem Lehrer ihre Wahl und praktische Anwendung erleichtern sollen.

Bei der Auswahl des Inhalts waren Herausgeber und Autoren darauf bedacht, sich mit dem 1968 in deutscher Übersetzung erschienenen sowjetischen Buch *Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts* soweit wie möglich im Sinne einer wünschenswerten Ergänzung abzustimmen. So werden einerseits in den *Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts* die Abschnitte über die Herausbildung der dialektisch-materialistischen Weltanschauung der Schüler, die Entwicklung des Denkens und der Begriffsbildung, das Lösen physikalischer Aufgaben umfangreicher und stärker praxisbetont behandelt als in der *Methodik des Physikunterrichts*, die andererseits wesentlich ausführlicher die Methoden des Physikunterrichts, vor allem die experimentelle Methode, die Theorie des Experiments und des programmierten Unterrichts, darstellt. Eine weitere Differenzierung findet naturgemäß in den Erörterungen über den Inhalt des physikalischen Bildungsgutes und seiner Anordnung zu Lehrgängen statt. Das Buch beschränkt sich auf die allgemeinen Fragen der Methodik, die den Gegenstand der Methodik als Wissenschaft selber, das physikalische Bildungsgut und die Bildungsaufgaben des Physikunterrichts mit seinen Organisationsformen, Methoden und Lehrmitteln betreffen. Diese Fragen werden in möglichster Verbindung mit ausgewählten Problemen einzelner Klassenstufen behandelt, doch war nicht daran gedacht, im Sinne einer „speziellen Methodik“ die in den einzelnen Klassen darzubietenden Lehrstoffe systematisch nach methodischen Gesichtspunkten aufzubereiten. Hierzu gibt es in den *Unterrichtshilfen*, in der Zeitschrift *Physik in der Schule*, in den *Methodischen Beiträgen zum Fach Physik*, in den *Physikalischen Schulversuchen* und in der anderen methodischen Literatur zahlreiche Erläuterungen, auf die an möglichst vielen Stellen des Buches hingewiesen wird. Eine zusammenfassende, geschlossene Darstellung, die erst nach dem Vorliegen aller neuen Lehrpläne möglich wäre, wird erst später erfolgen können. Die gesamte Anlage des Buches geht von dem Wunsche aus, daß es für Lehrer, Lehrstudenten und wissenschaftlich tätige Pädagogen sowohl in der Ausbildung als auch in der Weiterbildung geeignet sein möge. Es hat den Charakter eines Lehr- und Lernbuches und durch die zahlreichen Literaturhinweise auch den eines Arbeitsbuches. Herausgeber und Autoren sind sich bewußt, daß es nicht alle Fragen behandelt, daß bei der Einschätzung und Verarbeitung der in der Literatur zu findenden zahlreichen Einzelheiten der mit der Methodik zu koordinierenden Wissenschaften auch subjektive Gesichtspunkte nicht zu umgehen waren und daß bei der stürmischen Entwicklung aller Wissenschaften auch die *Methodik des Physikunterrichts* sehr bald verbesserungsbedürftig sein wird. Trotzdem hofft das Kollektiv der Mitarbeiter, daß ihre Arbeit der Erleichterung und Verbesserung der praktischen Tätigkeit der Lehrer dienen wie auch bei der Ausbildung der zukünftigen Lehrer eine nützliche Hilfe sein möge.

Berlin, im Mai 1969

Kurt Haspas

# Inhalt

<b>1.</b>	<b>Gegenstand und Aufgaben der Methodik des Physikunterrichts</b>	
1.1.	Zur Entwicklung und Gegenstandsbestimmung der Physikmethodik .....	9
1.2.	Die Aufgaben der Physikmethodik.....	12
1.3.	Die Physikmethodik im System der anderen Wissenschaften.....	13
1.4.	Über Gesetzmäßigkeiten in der Physikmethodik .....	13
1.5.	Die Forschungsmethoden in der Physikmethodik .....	16
1.6.	Entwicklungstendenzen der Physikmethodik .....	16
<b>2.</b>	<b>Ziele und Aufgaben des Physikunterrichts in der sozialistischen Schule</b>	
2.1.	Zur Stellung und Funktion der physikalischen Bildung und des Physikunterrichts im einheitlichen sozialistischen Bildungssystem .....	19
2.2.	Die Aufgaben des Physikunterrichts .....	26
2.3.	Die fachübergreifenden Linien der Persönlichkeitsentwicklung im Physikunterricht.....	28
2.3.1.	Das Bedingungsgefüge facheigener und fachübergreifender Linien der allseitigen Entwicklung der Persönlichkeit .....	28
2.3.2.	Über die Beiträge des Physikunterrichts zu den fachübergreifenden Linien der Persönlichkeitsentwicklung .....	30
2.3.1.2.	Linie der ideologischen Bildung und Erziehung .....	30
2.3.2.2.	Linie der polytechnischen Bildung und Erziehung .....	33
2.3.2.3.	Linie der geistigen Bildung und Erziehung .....	34
2.4.	Zur Realisierung der Ziele und Aufgaben in der Bildungs- und Erziehungsarbeit.....	36
<b>3.</b>	<b>Das Bildungsgut des Physikunterrichts</b>	
3.1.	Zum Inhalt des Unterrichts und zur Bedeutung des Lehrplans .....	39
3.2.	Fragen der Auswahl und Systematisierung des Bildungsgutes .....	40
3.2.1.	Physikalische Begriffe.....	41
3.2.2.	Leitlinien für die Anordnung des Lehrstoffes.....	44
3.2.2.1.	Das System der Leitlinien .....	44
3.2.2.2.	Leitlinien zur Erkenntnis der Struktur der Materie und ihrer Bewegung (1) . . .	45
3.2.2.3.	Leitlinien des Eindringens in die Methode der physikalischen Wissenschaft (2) . .	48
3.2.2.4.	Leitlinien der Entwicklung geistiger Fähigkeiten (3).....	49
3.2.2.5.	Leitlinien der allseitigen Ausbildung der sozialistischen Persönlichkeit (4) . . . .	51
3.3.	Zum Aufbau des Lehrgangs und des Lehrplans .....	52
3.4.	Hinweise auf inhaltliche Probleme des Unterrichts der Klassen 6 bis 12 . . . .	55
3.4.1.	Zum Unterricht in den Klassen 6 bis 10.....	55
3.4.2.	Zum Unterricht in den Klassen 11 und 12.....	60
3.5.	Wechselbeziehungen des Faches Physik zu anderen Unterrichtsfächern .....	62
3.5.1.	Zur Problematik .....	62
3.5.2.	Formen der Wechselbeziehungen zwischen der physikalischen Bildung und anderen Bildungsbereichen .....	63

3.5.2.1. Die gegenseitige Durchdringung .....	63
3.5.2.2. Überschneidungen in bestimmten Themenkomplexen.....	66
<b>4. Organisationsformen des Physikunterrichts</b>	
4.1. Der Klassenunterricht .....	69
4.2. Der Gruppenunterricht.....	70
4.3. Die physikalischen Arbeitsgemeinschaften .....	72
4.3.1. Ziele der Arbeitsgemeinschaften .....	72
4.3.2. Arten der Arbeitsgemeinschaften .....	72
4.3.3. Formen der Arbeitsgemeinschaften .....	74
4.4. Die Exkursion .....	76
4.4.1. Ziel und Inhalt .....	76
4.4.2. Vorbereitung.....	77
4.4.3. Durchführung.....	79
4.4.4. Auswertung .....	80
4.5. Außerschulische Tätigkeit.....	80
4.5.1. Außerschulische Arbeitsgemeinschaften .....	80
4.5.2. Physik-Olympiaden .....	81
4.5.3. Individuelle außerschulische Tätigkeit.....	83
<b>5. Die didaktisch-methodische Gestaltung des Physikunterrichts</b>	
5.1. Allgemeine Grundlagen.....	85
5.1.1. Zu den ‚theoretischen Auffassungen über den Bildungs- und Erziehungsprozeß sowie über den Unterricht .....	85
5.1.2. Die didaktischen Prinzipien .....	90
5.1.3. Zum Begriff, zur Klassifikation und zu den Aspekten der Unterrichtsmethode . .	96
5.1.4. Unterrichtsmethode und Studentyp.....	101
5.2. Zur didaktisch-methodischen Gestaltung des Physikunterrichts .....	102
5.2.1. Didaktische und methodische Grundformen zur Einführung eines neuen Lehrgegenstandes .....	103
5.2.2. Didaktische und methodische Grundformen zu Erarbeitung eines Lehrgegenstandes	105
5.2.2.1. Die analytisch-synthetische Methode.....	105
5.2.2.2. Die Methode der verbundenen Induktion und Deduktion.....	108
5.2.2.3. Die deduktive Methode .....	112
5.2.2.4. Die historisierende (geschichtsbetrachtende) Methode.....	114
5.2.2.5. Die entwickelnden Methoden .....	118
5.2.2.6. Die abstrahierenden Methoden .....	125
5.2.2.7. Die forschenden Methoden .....	137
5.2.3. Didaktische und methodische Grundformen zur Festigung und Kontrolle des Gelernten .....	141
5.2.3.1. Festigung des Gelernten .....	141
5.2.3.2. Kontrolle der Ergebnisse.....	145
5.3. Das Experiment im Physikunterricht.....	147
5.3.1. Das Lehrereperiment .....	147
5.3.1.1. Allgemeine Bemerkungen zum Experiment und zum Experimentalunterricht . .	147
5.3.1.2. Zur Klassifikation der Schulexperimente.....	152
5.3.1.3. Die praktische Durchführung von Schulexperimenten.....	158
5.3.2. Das Schülerexperiment.....	170
5.3.2.1. Geschichtliche Entwicklung.....	170
5.3.2.2. Begriff und Einteilung der Schülerexperimente .....	172
5.3.2.3. Die methodisch-didaktische Aufbereitung physikalischer Schülerübungsexperimente . . . . .	178

5.3.2.4. Die psychologisch-didaktische Durchdringung physikalischer Schülerübungsexperimente .....	184
5.3.2.5. Das Schülerpraktikumsexperiment (physikalisches Praktikum) .....	189
5.3.2.6. Das Schülerhausexperiment.....	191
5.4. Die Gefahrenmomente im Experimentalunterricht .....	193
<b>6. Der programmierte Unterricht im Fach Physik</b>	
6.1. Vorbemerkungen.....	195
6.2. Zum Wesen des programmierten Unterrichts.....	196
6.2.1. Programmierter Unterricht und Unterrichtsintensivierung.....	196
6.2.2. Begriff und Merkmale des programmierten Unterrichts .....	197
6.3. Zur Gestaltung von Lehrprogrammen .....	198
6.3.1. Begriff und Bestandteile eines Lehrprogramms .....	198
6.3.2. Entwicklung und Erprobung eines Lehrprogramms .....	199
6.4. Zu einigen Besonderheiten des programmierten Unterrichts im Fach Physik . . .	203
6.5. Der Einsatz von Lehrprogrammen im Physikunterricht .....	205
6.5.1. Systematische Darstellung des Einsatzes von Lehrprogrammen im Unterricht. .	205
6.5.2. Formen des Einsatzes von Lehrprogrammen im Physikunterricht.....	206
6.5.3. Organisation des Einsatzes physikalischer Experimente.....	208
6.5.3.1. Lehrerexperimente .....	208
6.5.3.2. Schülerexperimente .....	209
6.6. Zur Tätigkeit des Lehrers im programmierten Physikunterricht .....	209
6.6.1. Vorbereitung des Unterrichts.....	209
6.6.2. Durchführung des Unterrichts .....	210
6.7. Zur Tätigkeit des Schülers im programmierten Physikunterricht .....	211
6.7.1. Vorbereitung auf den Unterricht.....	211
6.7.2. Besonderheiten der Schülertätigkeit im Unterricht.....	211
<b>7. Unterrichtsmittel für den Physikunterricht</b>	
7.1. Die Lehr- und Lernmittel für den Demonstrationsunterricht.....	214
7.1.1. Bedeutung und Zweck der Lehr- und Lernmittel .....	214
7.1.2. Praktische Gesichtspunkte zum Einsatz der verschiedenen Lehr- und Lernmittel .	217
7.2. Unterrichtsmittel für die Schülerexperimente .....	225
7.2.1. Der Unterrichts- und Experimentierraum.....	225
7.2.2. Die Energieversorgung der Schülerarbeitsplätze.....	226
7.2.2.1. Die Stromversorgung .....	227
7.2.2.2. Wärmeenergie.....	228
7.2.2.3. Wasseranschluß.....	228
7.2.3. Die Schülerexperimentiergeräte .....	228
7.2.3.1. Einige Grundsätze für die Gestaltung von Schülerexperimentiergeräten .....	229
7.2.3.2. In den Schulen vorhandene Schülerexperimentiergeräte .....	229
7.2.3.3. Das neue System physikalischer Schülerexperimentiergeräte.....	229
7.2.4. Die Aufbewahrung der Schülerexperimentiergeräte .....	234
7.2.5. Die Bereitstellung der Schülerexperimentiergeräte.....	235
<b>8. Die Vorbereitung und Auswertung des Unterrichts</b>	
8.1. Die Vorbereitung des Lehrers auf den Unterricht .....	237
8.1.1. Die Bedeutung der Planungsarbeit für den Unterricht .....	237
8.1.2. Die gesetzlichen Grundlagen für die Planungsarbeit .....	238
8.1.3. Die allgemeine Vorbereitung des Lehrers auf seine Unterrichtstätigkeit . . . .	239
8.1.4. Die langfristige Planung der Stoffeinheiten (Zeitplanung) .....	240
8.1.5. Der Stoffeinheitenplan (Thematische Planung).....	241

8.1.5.1. Die Bedeutung der Planung von Stoffeinheiten.....	241
8.1.5.2. Der Inhalt des Stoffeinheitenplanes 241	
8.1.5.3. Die Form des Stoffeinheitenplanes.....	242
8.1.6. Die Vorbereitung auf die Unterrichtsstunde.....	243
8.1.6.1. Die Besinnung auf den sachlichen Gehalt des Lehrstoffes .....	244
8.1.6.2. Die Besinnung auf den erzieherischen Gehalt des Lehrstoffes.....	244
8.1.6.3. Die Besinnung auf die didaktischen Grundlagen und die Auswahl zweckmäßiger Unterrichtsmethoden .....	245
8.1.6.4. Die schriftliche Festlegung des geplanten Unterrichtsverlaufes .....	248
8.1.6.5. Die praktische Erprobung der Experimente und die Bereitstellung der Experi- mentiergeräte .....	249
8.2. Die Auswertung der gehaltenen Unterrichtsstunden .....	250
8.3. Verzeichnis von Schülertätigkeiten, geordnet nach steigendem Schwierigkeitsgrad ...	250
8.3.1. Schülertätigkeiten mit überwiegend aktiv produktivem Charakter .....	250
8.3.2. Schülertätigkeiten mit überwiegend rezeptivem Charakter .....	253

## **Anhang**

Übersicht zur Thematik im Physikunterricht der Klassen 6 bis 12 .....	254
---	-----

<b>Literaturverzeichnis</b> .....	256
-----------------------------------	-----

<b>Register</b> .....	262
-----------------------	-----

# 1. Gegenstand und Aufgaben der Methodik des Physikunterrichts

## 1.1. Zur Entwicklung und Gegenstandsbestimmung der Physikmethodik

Die historische Entwicklung der Methodik ist naturgemäß eng verbunden mit der Entfaltung der Pädagogik, und beide wieder sind als Teildisziplinen der Gesellschaftswissenschaften fest verknüpft mit der Entwicklung der Gesellschaft und als Ausdruck der dieser eigentümlichen ideologischen Gesamthaltung speziell mit deren Schulpolitik. Die Methodik ist also keineswegs klassenindifferent, wie gelegentlich direkt oder indirekt von Methodikern kapitalistischer Länder behauptet wird.<sup>1</sup> Das zeigt ein Blick auf die Entwicklung in Deutschland.

Hier liegen die Anfänge der Physikmethodik in der Mitte des 19. Jahrhunderts, als die beginnende Entwicklung der Technik und Industrie entsprechend den gesellschaftlichen Bedürfnissen eine stärkere Berücksichtigung der Naturwissenschaften im Schulunterricht notwendig machte. Bis dahin hatte der Physikunterricht nur eine untergeordnete Rolle gespielt; seine didaktisch-methodische Gestaltung war weitgehend individuell. Erst in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts begann man, die gewonnenen Erfahrungen zu sammeln und zu verallgemeinern. Dabei bildeten sich drei Bereiche heraus, die sich für den Physikunterricht als charakteristisch erwiesen. Der erste betraf die *Auswahl* des Lehrstoffes (*was* muß unterrichtet werden), der zweite die *Anordnung* und Verteilung auf die einzelnen Klassenstufen (*wann* muß der Lehrstoff unterrichtet werden); beide zusammen bildeten den Komplex der Lehrplangestaltung.

Der dritte Bereich schließlich war der umfassendste. Er beschäftigte sich mit den Formen und Methoden der *Darbietung* des speziellen Lehrstoffes (*wie* muß gelehrt werden); man bezeichnete ihn häufig als „spezielle Methodik“.

Die Sammlung der methodischen Erfahrungen begann in Deutschland mit der Begründung der Poskeschen „Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht“ im Jahre 1887. Die ersten größeren und zusammenhängenden Darstellungen methodischer Fragen waren die von Schwalbe (Über Geschichte und Stand der Methodik in den Naturwissenschaften, 1877) und von Kissling (Didaktik des Physikunterrichts, 1895); dann folgten Keferstein (Physik an höheren Schulen, 1899), Grimsehl (Die Ziele und Methoden des physikalischen Unterrichts, 1905, und Didaktik und Methodik der Physik, 1911) und schließlich Poske (Didaktik des physikalischen Unterrichts, 1915).

Bei diesen Vertretern der „klassischen“ Physikmethodik findet man selten eine wissenschaftlich begründete Darstellung; praktische Probleme, empirische Begründung und intuitive Gestaltung des Unterrichts stehen im Vordergrund. Als charakteristischer Vertreter ist Dannemann<sup>2</sup> anzusehen. Kennzeichnend ist auch, daß die Schülerübungen sehr früh das Interesse der Methodiker fanden; so erschien bereits 1892 ein *Leitfaden für physikalische Schülerübungen* von Noack.

Einen ersten zusammenfassenden und wegweisenden Höhepunkt stellen die Meraner Reformvorschläge der *Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte* aus dem Jahre 1905 dar.

<sup>1</sup> Man lese dazu: Hahn: Methodik des physikalischen Unterrichts. Heidelberg 1955, S. 13 ff.

<sup>2</sup> Dannemann: Der naturwissenschaftl. Unterricht, S. 8 ff.

In ihnen heißt es:

1. Die Physik ist im Unterricht nicht als mathematische Wissenschaft, sondern als Naturwissenschaft zu behandeln.
2. Die Physik als Unterrichtsgegenstand ist so zu betreiben, daß sie als Vorbild für die Art, wie überhaupt im Bereiche der Erfahrungswissenschaften Erkenntnis gewonnen wird, dienen kann.
3. Für die physikalische Ausbildung der Schüler sind planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich.<sup>3</sup>

Noch die 1925 erschienene und die Entwicklung der Methodik stark beeinflussende „Methodik des physikalischen Unterrichts“ von Karl Hahn läßt deutlich die praktizistische Einstellung erkennen, und erst 1928 bemerkt Scheid: „Die moderne Methodik ist (gegenüber früher) auf einem weit höheren Standpunkt angekommen, das Wo und das Wie des Versuchs wird jetzt theoretisch und praktisch untersucht.“

Diese Untersuchungen bezogen sich auf die Stellung des Experimentes im Unterrichtsprozeß, auf die Umwandlung des darbietenden — mit dem katechetischen Unterrichtsgespräch verbundenen — Demonstrationsexperiments zur heuristischen Methode, auf die Erforschung der äußeren und inneren Bedingungen der Schülerübungen und die allmähliche Einführung eines Experimentalunterrichts.

Die zumindest von diesem Zeitpunkt an sich abzeichnende wissenschaftliche Durchdringung der Methodik und ihre Entwicklung zu einer theoretisch begründeten Wissenschaft werden unterbrochen durch die bildungsfeindliche faschistische Diktatur in Deutschland von 1933 bis 1945.<sup>4</sup>

Naturgemäß verlief die in aller Kürze geschilderte Entwicklung der Methodik in Deutschland in Wechselbeziehung mit der in anderen Ländern. Bis um die Wende des 19. Jahrhunderts waren es vornehmlich die angelsächsischen Länder USA<sup>5</sup> und England<sup>6</sup>, die vor allem auf den Gebieten der Schülertätigkeit und des Arbeitsunterrichts die deutschen Methodiker Poske, Grimsehl, Hahn beeinflussten. Später traten mehr und mehr nationale Eigenheiten in den Vordergrund, die in Deutschland in der Reformpädagogik zur Zeit der Weimarer Republik in dem Buch von Karl Hahn (/ oben) ihren Höhepunkt fanden. Die hier und in anderer Literatur entwickelten allgemeinpädagogischen und methodischen Gedanken fanden besonders in skandinavischen Ländern und in Frankreich Anklang und Verbreitung. In dieser Zeit entwickelten sich aber auch in verschärftem Maße die antagonistischen Klassengegensätze, die zur endgültigen Spaltung des deutschen Schulwesens in die sogenannten höheren und niederen Schulen (Gymnasium und Volksschule) führten und die heute in Westdeutschland noch immer besteht. Den durch diese Bildungspolitik bedingten krassen Unterschied in den Unterrichtszielen und den damit verbundenen Methodiken der Klassenschule kann man ermesen, wenn man die neueste Auflage der Methodik von Hahn-Töpfer<sup>7</sup> und die für die Volksschule geschriebene von Mothes<sup>8</sup> miteinander vergleicht. Bezüglich Einzelheiten sei auf die in der Zeitschrift *Physik in der Schule* veröffentlichten Arbeiten von Brüggener<sup>9</sup> hingewiesen.

Erst der Zusammenbruch des Faschismus beseitigte in einem Teil Deutschlands das Bildungsprivileg und die mit ihm verbundenen reaktionären Tendenzen der bis 1945

<sup>3</sup> Vgl. dazu Dannemann, a. a. O., S. 339.

<sup>4</sup> Haspas, Kurt: Zur Entwicklung und zum gegenwärtigen Stand der Methodik des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Wiss. Zeitschrift der Humboldt-Universität zu Berlin, Gesellschafts- und sprachwissenschaftliche Reihe, XVI (1967) 2, S. 277.

<sup>5</sup> Allen, Ch. R.: Laboratory Exercises in Elementary Physics. New York 1895.

<sup>6</sup> Worthington, A. M.: First Course of Physical Laboratory Practice; London 1890.

<sup>7</sup> Hahn, K., Töpfer, E.: Methodik des physikalischen Unterrichts, Heidelberg 1963.

<sup>8</sup> Mothes, H.: Methodik und Didaktik der Naturlehre, 1957.

<sup>9</sup> Zum Beispiel Brüggener, K.-H.: Zur Stoffauswahl im Naturlehreunterricht der westdeutschen Volksschulen. In „Physik in der Schule“, 4 (1966) 5, S. 195 mit weiteren zahlreichen Literaturangaben.

herrschenden bürgerlichen Klasse durch das 1946 beschlossene *Gesetz zur Demokratisierung der deutschen Schule*. Über die damit verknüpfte Verbesserung auch des naturwissenschaftlichen Unterrichts und seiner Methodik vergleiche man die Arbeit von Heermann.<sup>10</sup>

Bei der nun — zuerst sehr zögernd — einsetzenden Entwicklung der Methodik auf dem Gebiet der heutigen DDR leistete die Sowjetpädagogik wertvolle Hilfe. Die schon relativ früh übersetzten Lehrbücher von Jessipow/Gontscharow (1949) und Ogorodnikow/Schimbirjew (1950) halfen, die ideologisch und politisch falschen Tendenzen der Reformpädagogik auf dem Gebiete der experimentellen Schülertätigkeit auszumerzen und die besonders von K. Hahn vertretene positivistische Grundhaltung bei der philosophischen Interpretation physikalischer Sachverhalte im Physikunterricht zu erkennen. Zahlreiche Besuche deutscher Pädagogen in der Sowjetunion brachten immer wieder neue Anregungen, z. B. zur Ausgestaltung und Durchsetzung praktischer Schülerarbeiten im Physikunterricht<sup>11</sup> oder über den Experimentalunterricht<sup>12</sup>. — Eine wesentliche Hilfe war auch die deutsche Übersetzung des Buches von Gorjatschkin<sup>13</sup>, mit dem zum ersten Mal eine geschlossene, auf marxistisch-leninistischer Grundlage beruhende Methodik in die Hand der Lehrer kam, der erst 1961 die deutsche Methodik *Physikunterricht — Methodisches Handbuch für den Lehrer* folgte.

In den verschiedenen Kapiteln des Buches wird gezeigt, welchen bedeutenden Einfluß die sowjetische Forschung auf pädagogischem, psychologischem und methodischem Gebiet auch fernerhin hatte.

Die Einwirkung anderer sozialistischer Länder ist zwar in den letzten Jahren gestiegen, doch insgesamt von geringerer Bedeutung. Es sei nur auf die Arbeiten von Kunfalvi (Ungarn), Kaspar (ČSSR) und Vanovic (ČSSR) hingewiesen, die in der Zeitschrift *Physik in der Schule* veröffentlicht worden sind.

Der oben angedeutete Beginn der Entwicklung einer fortschrittlichen Physikmethodik in den 50er Jahren fußte auf der allmählichen Herausbildung einer progressiven Pädagogik, die auf der Grundlage des dialektischen und historischen Materialismus das Erforschen der aus der Erfahrung gewonnenen methodischen Erkenntnisse, das Suchen nach den objektiven Gesetzmäßigkeiten des Unterrichtsprozesses, unterstützt von den wachsenden Erkenntnissen der marxistischen Psychologie und der allgemeinen Pädagogik in Angriff nahm. *Nicht mehr das Stoffproblem in seiner methodisch-didaktischen Gestaltung steht im Mittelpunkt der nunmehr beginnenden Forschung, sondern der Bildungs- und Erziehungsprozeß im Fach Physik.*

Auf der Grundlage der gewonnenen Erkenntnisse setzen theoretische Versuche ein, den Unterrichtsprozeß zu modellieren (↑S. 90).

Eines der umfassendsten Modelle besagt, daß in der sozialistischen Gesellschaft die objektiv notwendigen Anforderungen an Ziel, Inhalt und Gestaltung des Unterrichts in dialektischer Wechselwirkung mit den Wesenszügen der Persönlichkeit, ihrer Altersgemäßheit und ihrer Individualität stehen und beide Seiten im Unterrichtsprozeß zu einer Einheit verschmolzen werden.<sup>14</sup>

Aus diesem allgemeinen Modell läßt sich als Spezialfall auch der *Gegenstand* der „modernen“ Methodik des Physikunterrichts ableiten. Bei seiner Definition muß man

<sup>10</sup> Heermann, Chr.: 20 Jahre „Gesetz zur Demokratisierung der deutschen Schule“. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 6, S. 241 ff.

<sup>11</sup> Zum Beispiel Weiß, H.: Über praktische Schülerarbeiten im Physikunterricht. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 5 (1958), H. 1, S. 23.

<sup>12</sup> Zum Beispiel Lange, F.: Das Experiment im Physikunterricht der sowjetischen Schule. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 9 (1962), H. 11, S. 827.

<sup>13</sup> Gorjatschkin, I. N.: Allgemeine Fragen der Methodik des Physikunterrichts. 2 Bände, Volk und Wissen Volks eigener Verlag, Berlin 1954.

<sup>14</sup> Drefenstedt, E.: Rationelle Gestaltung der Unterrichtsstunde. S. 314.

nicht nur das Wechselverhältnis zwischen Lehrer und Schüler in der allgemeinbildenden Schule berücksichtigen, sondern nach den Forderungen des Bildungsgesetzes<sup>15</sup> auch alle anderen Bildungsstufen, wie z. B. in der Erwachsenenbildung. Danach läßt sich sagen:

*Die Physikmethodik ist eine Disziplin der Wissenschaft Pädagogik, die die Prozesse der durch die gesellschaftlichen Verhältnisse bestimmten sozialistischen Bildung und Erziehung, des Lehrens und Lernens im Physikunterricht aller Bildungsstufen untersucht. Sie erforscht die ihnen zugrunde liegenden Gesetzmäßigkeiten, ermittelt Inhalt, Form und Grenzen der sie beschreibenden Gesetze, leitet aus ihnen die Methoden und Mittel zur optimalen Gestaltung des Unterrichts ab und bestimmt mit den Inhalt und die geeignetste Organisationsform des Unterrichts.*

*Sie bedient sich dabei bestimmter Forschungsmethoden und der Erkenntnisse anderer wissenschaftlicher Disziplinen, wie der Physik, der Didaktik, der Psychologie, der Philosophie, der Kybernetik.*

## 1.2. Die Aufgaben der Physikmethodik

Aus der Begriffsbestimmung der Physikmethodik<sup>16</sup> ergeben sich ihre Aufgaben.<sup>17</sup> Es ist aus Raumgründen nicht möglich, sie hier aus der genannten Definition abzuleiten oder zu begründen; andererseits läßt sich auch keine Rangordnung der im folgenden zusammengestellten Aufgaben angeben. Die Physikmethodik hat folgende Hauptaufgaben:

- Erforschung der Gesetzmäßigkeiten im Physikunterricht aller Bildungsstufen auf der Grundlage des dialektischen Materialismus, ihre explizite Darstellung als Gesetze oder in Form von Grundsätzen als angenäherte Widerspiegelung der noch nicht exakt erkannten Gesetzmäßigkeiten.
- Entwicklung einer Theorie des Lehrens und Lernens im Physikunterricht aller Altersstufen als Beitrag zu einer allgemeinen Theorie des Lehrens und Lernens.
- Erarbeitung eines fachspezifischen Beitrags zur Entwicklung eines allgemeinen Unterrichtsmodells.
- Ausarbeitung und Begründung der speziellen Aufgaben und Ziele des Physikunterrichts im schulischen und außerschulischen Bereich auf der Grundlage der allgemeinen schulpolitischen Aufgaben.
- Mitwirkung an der Entwicklung eines Systems geistiger und manueller Fähigkeiten im Hinblick auf die Persönlichkeitsformung.
- Bestimmen des physikalischen Bildungsgutes und seiner Potenzen für die politisch ideologische, insbesondere klassenmäßige Erziehung durch Herausbildung allgemeiner und spezieller Prinzipien für seine Auswahl und seine Anordnung im Lehrgang auf der Grundlage der neuesten Erkenntnisse der Fachwissenschaft.
- Erarbeitung von optimalen Methoden zur Erreichung der Ziele des Physikunterrichts.
- Entwicklung von hocheffektiven Unterrichtsmitteln und von Grundsätzen ihrer optimalen Gestaltung.
- Bestimmung der perspektivischen Entwicklung der Physikmethodik und ihrer dadurch gesetzten Ziele.

<sup>15</sup> Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem.

<sup>16</sup> Vgl. dazu: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts. S. 14.

<sup>17</sup> Vgl. dazu: Juskowitsch, W.: Die Physikmethodik als pädagogische Wissenschaft. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 2, S. 50 f.

- Entwicklung modernerer Forschungsmethoden, die sich mathematischer und kybernetischer Methoden (Statistik, Datenverarbeitung, Informationstheorie, Systemtheorie u. a.) zur Verwirklichung dieser Ziele bedienen.

Bei der Wertung der aufgezählten Aufgaben ist zu berücksichtigen, daß sie weder unabhängig voneinander noch unveränderlich sind, weil der Unterricht dem ständigen Einfluß der sich entwickelnden gesellschaftlichen Bedürfnisse unterliegt.

### 1.3. Die Physikmethodik im System der anderen Wissenschaften

Der Physikunterricht und die mit ihm verbundene Methodik stehen mit anderen Schulfächern (/ Abschnitt 3.5.) bzw. mit anderen Methodiken und wissenschaftlichen Disziplinen in Wechselbeziehung. So bewirkt jede Entwicklung der Didaktik oder der Psychologie auch einen Fortschritt in den methodischen Erkenntnissen; jedes Fortschreiten der Wissenschaft Physik und der mit ihr verbundenen Technik stellt früher oder später der Methodik die Aufgabe, diese Entwicklung bei der Aufbereitung des Bildungsgutes zu berücksichtigen. Andererseits haben die in der Methodik gewonnenen speziellen Erkenntnisse, z. B. über die Besonderheiten des physikalischen Denkens und Lernens oder über die Spezifiken von Algorithmen im physikalischen Lern- und Aneignungsprozeß, Bedeutung für die Entwicklung eines allgemeinen Modells einer Lerntheorie oder des Unterrichtsprozesses.

Ein ähnliches Verhältnis wie zwischen der Physikmethodik und den anderen Wissenschaften besteht auch zwischen den naturwissenschaftlichen Methodiken untereinander. Auch sie sind ebenso durch viele gemeinsame Probleme (Zielstellungen, Erkenntnisprozeß, Experimente, Schülerübungen usw.) verbunden, wie sie auch spezifische Besonderheiten haben (fachliche Fakten, besondere Lehrmittel, Berufsorientierung usw.). Es ist deshalb eine weitere perspektivische Aufgabe, die naturwissenschaftlichen Methodiken aus ihrer gegenwärtigen Isolierung zu lösen, um auf der Grundlage ihrer Gemeinsamkeiten die einzelne Methodik besser erforschen und ihre Entwicklung kollektiv bestimmen zu können. Das ist nicht nur eine Frage der *Bildungsökonomik*, sondern wäre auch für die praktische Schularbeit von Bedeutung. Analog zu den in den Wissenschaften zu beobachtenden Integrierungstendenzen wäre eine einheitliche naturwissenschaftliche Methodik anzustreben, ohne die differenzierten Besonderheiten der einzelnen Fachmethodik aufzuheben. Schon ein flüchtiger Vergleich mit den Methodiken für Chemie und Biologie zeigt die Möglichkeiten.<sup>18</sup>

### 1.4. Über Gesetzmäßigkeiten in der Physikmethodik

Ein Kennzeichen für den Wissenschaftsgrad einer Disziplin ist das Bestehen von Gesetzen, d. h. von gedanklichen Widerspiegelungen notwendiger, allgemeiner und wesentlicher Zusammenhänge zwischen Elementen innerhalb des Gegenstandsbereiches der betreffenden Wissenschaft, die sich durch eine relative Beständigkeit auszeichnen und sowohl eine induktive Verallgemeinerung wie auch eine deduktive Spezialisierung zulassen. Die gegenwärtigen methodischen Erkenntnisse genügen häufig noch nicht den genannten Kriterien; sie sind zwar Widerspiegelungen objektiver Gesetzmäßigkeiten

<sup>18</sup> Zum Beispiel Keune, H.: Grundriß der allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts; Autorenkollektiv: Didaktik des Biologieunterrichts.

im Unterrichtsprozeß eines speziellen Faches, sind aber in ihrer Gesamtheit weder in Umfang und Tiefe noch hinsichtlich ihrer mathematischen Formulierung und ihren Gültigkeitsgrenzen exakt bekannt. Deshalb tragen die meisten noch den Charakter von mehr oder weniger abgesicherten Hypothesen oder im didaktischen Sinne von allgemeinen Grundsätzen, die aus der empirischen Erfahrung abstrahiert sind. Ihr Unterschied zu den naturwissenschaftlichen Gesetzen liegt unter anderem darin, daß sie von relativ begrenzter Dauer sind, einen geringeren Wirkungsbereich haben, kaum quantifizierbar und in starkem Maße von der gesellschaftlichen Entwicklung abhängig sind. Die Schwierigkeit der Erforschung pädagogischer Gesetzmäßigkeiten besteht darin, daß die pädagogischen Erscheinungen und Prozesse nicht eindeutig sind. Das liegt einmal darin, daß die Anzahl der sie determinierenden Randbedingungen sehr groß ist und von den objektiv gut erfaßbaren Variablen, wie Lehrplananforderungen, Stundentafel u. a., bis in den Bereich subjektiver Qualitäten, wie etwa den Charaktereigenschaften eines Schülers, reicht.<sup>19</sup>

Zum anderen stellen die pädagogischen Erscheinungen stochastische Prozesse dar, d. h., die die Gesetzmäßigkeiten charakterisierenden Größen sind zum Teil vom Zufall abhängige Variable. Damit gewinnen die Aussagen, die die pädagogischen Gesetzmäßigkeiten beschreiben, Wahrscheinlichkeitscharakter.<sup>20</sup>

Beim gegenwärtigen Stand der Methodik gibt es noch keine methodischen Erkenntnisse, die wie in der Wissenschaft Physik quantitativ formuliert sind, obwohl die mathematischen Hilfsmittel zur Erfassung stochastischer Vorgänge zur Verfügung stehen. Fast immer handelt es sich aus den obengenannten Gründen um qualitative empirisch und statistisch gewonnene, durch andere Wissenschaften gestützte Erkenntnisse, beispielsweise wie in der Aussage, „daß der physikalische Lehrstoff auf um so höherer Abstraktionsstufe dargeboten werden kann, je älter der Lernende, je umfangreicher seine Erfahrungen, je größer seine Übung, je ausgeprägter bestimmte Fähigkeiten sind“. Die in einer solchen Formulierung enthaltenen Variablen sind naturgemäß in bestimmte, aber kaum genau anzugebende Grenzen eingeschlossen; z. B. wird einem zwölfjährigen Schüler im allgemeinen keine physikalische Differentialgleichung dargeboten werden können, auch wenn die anderen Variablen ein Optimum erreicht haben.<sup>21</sup> Die physikmethodische Forschung ist in der relativ kurzen Zeit ihres Bestehens zu einigen gesetzmäßigen Erkenntnissen gekommen. Diese sind erstens aus der analytisch-synthetischen Untersuchung des Unterrichts im Fach Physik und der induktiven Verallgemeinerung der Einzelkenntnisse gewonnen worden; dazu gehören z. B. die Aussagen über den Experimentalunterricht. Zum anderen sind sie das Ergebnis deduktiver Spezifizierungen aus den Erkenntnissen anderer Wissenschaften, wie z. B. der allgemeinen Pädagogik mit ihren didaktischen Unterrichtsmodellen. Sie spiegeln demnach umfassendere Seiten des physikalischen Unterrichtsprozesses wider oder nur einzelne Teile oder Phasen.

Die ersteren werden *allgemeine*, die letzteren *spezielle methodische Grundsätze des Physikunterrichts* genannt.

Es ist aus Raumgründen hier nicht möglich, die Ableitung und Gewinnung der im folgenden aufgeführten Grundsätze im einzelnen darzulegen. Es sei nur soviel gesagt, daß ein Teil der allgemeinen Grundsätze aus dem Drefenstedtschen Unterrichtsmodell (↑ S. 11) entwickelt werden kann insofern, als sie die objektiv notwendigen Anforderungen der Gesellschaft widerspiegeln. Weitere Grundsätze sind deduktive Ableitungen aus den didaktischen Prinzipien<sup>22</sup>, aus grundlegenden schulpolitischen Gesichtspunkten oder Folgerungen aus den Erkenntnissen anderer Wissenschaften. Die speziellen methodischen Grundsätze entstammen zum großen Teil den bisher in

<sup>19</sup> Vgl. Itelson: Mathematische und kybernetische Methoden, S. 30.

<sup>20</sup> Itelson, a. a. O., S. 50.

<sup>21</sup> Vgl. dazu Itelson, a. a. O., S. 45 f.

Zeitschriften und Pädagogischen Lesungen veröffentlichten analytisch-synthetischen Untersuchungen des Physikunterrichts und sind unter Berücksichtigung erkenntnistheoretischer und psychologischer Erkenntnisse gewonnen (z. B. die Aussagen über den Experimentalunterricht oder über den Einsatz besonderer Anschauungsmittel) oder von kybernetischen Aspekten formiert (z. B. von der Algorithmen- und Systemtheorie). Zu den *allgemeinen methodischen Grundsätzen* des Physikunterrichts zählen unter anderem:

- Bei der *Auswahl* des Lehrstoffes gelten die Grundsätze von der Beachtung der führenden Rolle des Inhalts der Wissenschaft Physik und der Berücksichtigung der schulpolitischen Forderungen.
- Per logische Aufbau und die Struktur der Wissenschaft Physik bilden das Leitprinzip bei der methodischen *Anordnung des* Lehrstoffes, die durch Leitlinien (↑ Abschnitt 3.2.2.) charakterisiert wird.
- Die Methodologie der Wissenschaft Physik ist ein wesentliches Leitprinzip bei der *Erarbeitung* des Lehrstoffes.<sup>23</sup>
- Die Widerspruchsfreiheit zwischen den Fakten der Wissenschaft Physik und dem Inhalt des Schulfaches Physik ist eine notwendige Voraussetzung bei der methodisch didaktischen *Behandlung* physikalischer Fakten.
- Die Einheit des physikalischen Bildungstoffes und der mit ihm organisch verbundenen politisch-ideologischen Potenzen unter Berücksichtigung des sozialistischen Klassenstandpunktes ist im Sinne der Persönlichkeitsentfaltung die Grundlage bei der *Gestaltung des* Unterrichts.
- Die Berücksichtigung didaktischer, psychologischer und soziologischer Erkenntnisse ist entscheidend für die unterschiedliche *Unterrichtsführung* in den verschiedenen Altersstufen.
- Die Technik ist als Anwendungsgebiet physikalischer Erkenntnisse und als Widerspiegelung des didaktischen Prinzips der Einheit von Theorie und Praxis, von physikalischer und polytechnischer Bildung, von Schule und Leben zu behandeln.
- Die stete Berücksichtigung der Entwicklungstendenz der Physik, der Entdeckung neuer physikalischer Tatsachen und ihrer Anwendung in der Produktion ist Ausdruck der Verbindung der Schule mit dem Leben und wesentlich im Hinblick auf die berufsvorbereitende Komponente des Physikunterrichts.

Als *spezielle Grundsätze* des Physikunterrichts kann man beispielsweise folgende bezeichnen:

- Der Experimentalunterricht ist eine grundlegende Methode; die Verwendung von Schülerexperimenten und das Anregen von Hausexperimenten sind spezielle Methoden zur Steigerung der Effektivität des Physikunterrichts.
- Das im Physikunterricht durchgeführte Experiment ist als Prozeß der Durchdringung von konkreten Fakten und theoretischen Überlegungen, von objektiven und subjektiven Gegebenheiten zu verstehen.
- Das Verwenden für den Physikunterricht charakteristischer Methoden, wie z. B. das Bilden von Abstraktions- und Konkretionsreihen mit Hilfe spezieller Anschauungsmittel, fördert in besonderem Maße die gerade für dieses Fach notwendige Abstraktion und das Bilden von Begriffen.
- Die Anwendung von logisch determinierten Methoden, von Elementen der Erkenntnistheorie und der formalen und dialektischen Logik verbindet die abstrakten und konkreten Elemente des Unterrichtsprozesses im Fach Physik.
- Die mathematische Interpretation physikalischer Sachverhalte ist zu ihrer theoretischen Durchdringung notwendig.

<sup>22</sup> Klein, H.: Didaktische Prinzipien und Regeln.

<sup>23</sup> Hierauf hat bereits Poske hingewiesen (Didaktik des physikalischen Unterrichts, S. 2).

- Das Bilden und Anwenden von Algorithmen und programmierten Stoffeinheiten ist wesentlich für die Rationalisierung des Physikunterrichts.

Unter Methode soll ein im Unterrichtsprozeß angewendetes Verfahren bzw. ein System von Regeln verstanden sein, mit dem die Grundsätze des Physikunterrichts realisiert werden sollen (↑ Abschnitt 5.1.3)<sup>7</sup>

Die aufgeführten allgemeinen und die speziellen Grundsätze stehen zueinander in derselben Beziehung wie die didaktischen Prinzipien zu den didaktischen Regeln, sie verhalten sich wie das Besondere zu dem Einzelnen. Beide zusammen stellen wiederum das Besondere zu dem Allgemeinen der didaktischen Prinzipien dar, sind jedoch nicht in allen Einzelheiten aus letzteren direkt ableitbar, insofern, als sie spezifische Eigenheiten des Unterrichts im Fach Physik darstellen, die nur diesem eigentümlich sind.

## 1.5. Die Forschungsmethoden in der Physikmethodik

Die Erforschung der methodischen Gesetzmäßigkeiten erfordert natürlich wie in jeder Wissenschaft die Anwendung bestimmter Forschungsmethoden. Physikalische und methodische Forschungsmethoden unterscheiden sich wie die Wissenschaften Physik und Methodik selber voneinander. Bei methodischen Experimenten müssen Untersuchungen an einer größeren Zahl von Objekten durchgeführt werden, um mit statistischen Verfahren die Anzahl der störenden Parameter reduzieren und die Sicherheit der in Form von Wahrscheinlichkeitsaussagen auftretenden pädagogischen Gesetze erhöhen zu können. Aus dem gleichen Grunde bedient sich die methodische Forschung weniger der in der Physik gebräuchlichen exakten Induktion als vielmehr der generalisierenden Induktion<sup>24</sup>, d. h. der Abstraktion einer methodischen Erkenntnis aus dem Vergleich und der Verallgemeinerung möglichst vieler gleichgearteter Fälle. Material hierzu liefert z. B. das Stadium der Erfahrung zahlreicher Lehrer, oder Erkenntnisse, wie sie z. B. in pädagogischen Lesungen niedergelegt sind. Ebenso verwendet die Methodik auch die sonstigen Forschungsmethoden der Didaktik, der Psychologie und anderer Gesellschaftswissenschaften, auf die hier nur hingewiesen werden kann.<sup>25, 26</sup>

## 1.6. Entwicklungstendenzen der Physikmethodik

Bei der Entwicklung der Methodik müssen in erster Linie das progressive Wachstum der physikalischen Fakten und die stete Veränderung der physikalischen Methodologie in Betracht gezogen werden. Das erfordert nicht nur eine Umgestaltung des physikalischen Bildungsgutes, die z. Z. mit den neuen Lehrplänen einen gewissen Abschluß gefunden hat, sondern auch die Entwicklung neuer Methoden der Vermittlung und der Speicherung des Wissens durch audio-visuelle und andere pädotechnische Hilfsmittel und die Ableitung eines wissenschaftlich gesicherten Systems von Methoden zur An-erziehung bestimmter Fähigkeiten im Fach Physik. Diese neuen Methoden und Mittel, zu deren Entwicklung auch die pädagogischen Neuerer in hohem Maße durch das analytisch-synthetische Studium der Praxis beitragen können, müssen dem Lehrenden gestatten, den sprunghaft steigenden Anforderungen an die Bildung ohne fortwährende Änderung der Lehrpläne gerecht werden zu können. Die Methodik wird ihr Augenmerk zum anderen auch auf die Beantwortung der Frage

<sup>24</sup> Näheres hierzu in: Hartmann, M.: Die philosophischen Grundlagen der Naturwissenschaften — Erkenntnistheorie und Methodologie. Verlag Fischer, Jena 1948, S. 128. <sup>25</sup> Näheres z. B. in Grundlagen der Methodik, S. 167 oder bei [26]. <sup>26</sup> Itelson, a. a. O., S. 63 ff.

nach dem Verhältnis des physikalischen Bildungsgutes zum gesamten Bildungsanliegen der sozialistischen Bildung, die ja die sozialistische Persönlichkeit, nicht aber den Physiker zum Ziel hat, richten müssen. Mit solchen Fragestellungen spiegelt die Methodik die Tatsache wider, daß sich die Erziehungswissenschaften immer mehr zu Leitungs- und Organisationswissenschaften entwickeln<sup>27</sup>, daß sie weit über die Schule hinaus bis in die Erwachsenenbildung reichen und einen schöpferischen Beitrag für die Entwicklung des Sozialismus zu leisten haben (↑ Abschnitt 2.1.).

Deshalb werden solche Disziplinen wie Soziologie, Operationsforschung mit der Teildisziplin Netzwerkplanung und in zunehmendem Maße die Kybernetik<sup>28</sup> mit ihren Teilgebieten — vor allem der Systemtheorie, der Steuer- und Regelungstheorie, der Informations- und Kommunikationstheorie, der Algorithmentheorie — Einfluß auf die Entwicklung auch der Methodik nehmen.<sup>29</sup> Erste Ansätze hierzu werden in den verschiedenen Kapiteln des Buches dargestellt.

Besonders die Operationsforschung wird von großer Bedeutung sein, weil ihr Gegenstand „die wissenschaftliche Analyse und die Optimierung zielgerichteter Handlungen, die in Systemen mit meist außerordentlich komplizierter Struktur ablaufen,“ ist<sup>30</sup>. Solche Handlungsabläufe sind aber gerade das typische Kennzeichen pädagogischer Prozesse (↑ S. 89). Über das Verhältnis von Operationsforschung und Kybernetik macht eine Arbeit von Wintgen Ausführungen.<sup>31</sup> Die Netzwerkplanung, die mit der „Methode des kritischen Weges“ ein Teilgebiet der Operationsforschung ist, beschäftigt sich mit dem Problem, ein großes Projekt mit vielfacher Verflechtung einzelner Teilaufgaben, wie z. B. (pädagogischer) Tätigkeiten, mit mathematischen Mitteln in eine solche zeitliche Reihenfolge zu bringen, daß das angestrebte Ziel optimal erreicht wird.<sup>32</sup> Ein Beispiel wäre die Aufgabe, in einem Unterrichtsprozeß mit vorgegebener zeitlicher Dauer die zahlreichen Lehrer- und Schülertätigkeiten mit ihren bildenden und erzieherischen Aktivitäten in ihren Dauer und zeitlichen Aufeinanderfolge so anzugeben, daß das Ergebnis der pädagogischen Einwirkung hinsichtlich der bildenden und erziehenden Zielsetzung optimal ist. Die Lösung dieser Aufgabe wird gegenwärtig zum größten Teil erst empirisch-praktisch durch die Unterrichtsvorbereitung des Lehrers (thematische Planung, Unterrichtsentwurf) mit mehr oder weniger Erfolg versucht.

Die angedeuteten Entwicklungstendenzen sind z. T. in ihren Anfängen erkennbar, es wird jedoch an ihrer Verwirklichung auf vielen Teilgebieten intensiv gearbeitet.<sup>33, 34</sup> Die Durchsetzung eines hocheffektiven Unterrichts fordert neben der Erforschung der Gesetzmäßigkeiten des herkömmlichen (↑ S. 197) vor allem auch die des objektivierten (↑ S. 197) Unterrichtsprozesses, vor allem des programmierten Unterrichts und die Gestaltung entsprechenden Lehrmaterials.

Ein weiteres Forschungsgebiet hoher Aktualität ist die Durchdringung der Methodik mit Fragen der formalen Logik, die als Teil einer allgemeinen Wissenschaftsmethodologie schon seit längerem in die methodische Gestaltung des Unterrichtsprozesses Eingang gefunden hat, in Verbindung mit Elementen der dialektischen Logik, die zur Zeit nur vereinzelt und unorganisch im Unterricht angewendet werden. Im Zusammenhang damit steht die Untersuchung der Möglichkeiten, Fragen der Erkenntnistheorie in den Unterrichtsprozeß, vor allem bei seiner Planung, zu integrieren. Auch die Berücksichtigung spezieller Teile der Erkenntnistheorie, wie die Semiotik

<sup>27</sup> Leitungstätigkeit und Pädagogik, vgl. auch S. 16.

<sup>28</sup> Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem, § 30.

<sup>29</sup> Über das Verhältnis der Pädagogik zur Kybernetik und die Möglichkeiten von Fehlinterpretationen bei einer Absolutierung kybernetischer Erkenntnisse vgl. man: Honecker, M.: Mehr Konkretheit in der Leitungsarbeit. Beilage in „Deutsche Lehrerzeitung“ (1969), Nr. 20.

<sup>30</sup> Hauck, G.: Zur Bewertung der Wirksamkeit zielgerichteter Handlungen. In: Operationsforschung, S. 42.

<sup>31</sup> Wintgen, S.: Zum Verhältnis von Kybernetik und Operationsforschung. In: Operationsforschung, S. 283.

<sup>32</sup> Wörterbuch der Kybernetik, S. 400.

<sup>33</sup> vgl. dazu Itelson, a. a. O., S. 463ff.

<sup>34</sup> Greiner, H.: Die Netzwerktechnik als Instrument zur Planung des Werkunterrichts. In „Polytechnische Bildung und Erziehung“, 10 (1968), H. 6, S. 249.

(als allgemeine Theorie der sprachlichen Zeichen), gewinnt um so mehr an Bedeutung, je mehr der Unterricht Modellvorstellungen und andere symbolische Darstellungen einbezieht. Die Zuordnung von objektiver Realität, Abbild (als Modell) und sprachlichem Zeichen (womit sich die Teilgebiete der Semiotik: die Semantik, Sigmantik und Pragmatik befassen) ist ein komplizierter Prozeß, dessen Erforschung für die Umwandlung eines formalen Wissens beim Schüler von großer Wichtigkeit ist.<sup>35, 36</sup> Diese neuen Aufgaben und Fragestellungen können nur gelöst werden, wenn sich auch die Methodik neuer Forschungsmethoden in stärkerem Maße bedient. Untersuchungen in der Praxis mit größerer Population sind notwendig, die wiederum die Anwendung statistischer Verfahren und der Geräte der Datenverarbeitung erfordern. Die Koordinierung der einzelnen Fachmethodiken und ihre Zusammenarbeit mit anderen Wissenschaften erweist sich hierbei von zunehmender Bedeutung.

<sup>35</sup> Haspas, K.: Zu einigen aktuellen Fragen der Erkenntnistheorie im Physikunterricht. In: Rationaler und effektiver Physikunterricht, S. 22 f.

<sup>36</sup> Klaus, G.: Spezielle Erkenntnistheorie, S. 26 f.

## 2. Ziele und Aufgaben des Physikunterrichts in der sozialistischen Schule

### 2.1. Zur Stellung und Funktion der physikalischen Bildung und des Physikunterrichts im einheitlichen sozialistischen Bildungssystem

Man kann die Stellung und Funktion physikalischer Bildung und des Physikunterrichts in unserer sozialistischen Schule nicht behandeln ohne eine grundsätzliche Betrachtung über die Rolle des Menschen in der sozialistischen Gesellschaft, seiner wichtigsten Eigenschaften und seiner aktiven und schöpferischen Funktion. Nur von hier aus ist das Problem der allseitigen Bildung und die Stellung physikalischer Bildung im sozialistischen Bildungssystem wissenschaftlich zu lösen.

Auf dem VII. Parteitag wurde die gesellschaftliche Grundaufgabe formuliert, das entwickelte gesellschaftliche System des Sozialismus zu gestalten und sichtbar gemacht, daß diese Aufgabe in dem Maße gelöst wird, wie die Werktätigen die komplexen und vielfältigen Verflechtungen aller Seiten dieses tiefgreifenden gesellschaftlichen Entwicklungsprozesses erkennen und beherrschen lernen.

Auf der Session zum 150. Geburtstag von Karl Marx sagte Walter Ulbricht: „Der Sozialismus ist ständiges Schöpferium der Volksmassen. Deshalb betrachten wir es als erstrangige Aufgabe unserer Gesellschaft, ihre Mitglieder zur aktiven Mitwirkung bei der Gestaltung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus zu befähigen, d. h. die Aufgaben mit hohem politischen Bewußtsein und großer Sachkenntnis zu verwirklichen.“<sup>1</sup>

Damit ist entsprechend unseren heutigen gesellschaftlichen Entwicklungsbedingungen und zukünftigen Entwicklungsaufgaben die marxistisch-leninistische Grundposition über die Stellung und Rolle des Menschen in der sozialistischen Gesellschaft formuliert.

Die Entwicklung des Menschen wird durch die gesellschaftlichen Verhältnisse bewirkt. Zugleich verändert der Mensch durch seine aktive Tätigkeit die gesellschaftlichen Verhältnisse und entwickelt sie weiter. Auf dem Weg zur entwickelten sozialistischen Gesellschaft ist es daher eine der vorrangigen gesellschaftlichen Aufgaben, die sozialistischen Staatsbürger allseitig zu erziehen, mit hoher Bildung und dem Klassenstandpunkt der Arbeiterklasse auszustatten, weil das die entscheidenden Voraussetzungen für die Befähigung der Menschen sind, aktiv das gesellschaftliche System des Sozialismus zu gestalten. Diesem Ziel dient das einheitliche sozialistische Bildungssystem, von dem es in unserer neuen sozialistischen Verfassung heißt:

Mit dem einheitlichen sozialistischen Bildungssystem sichert die Deutsche Demokratische Republik allen Bürgern eine den ständig steigenden gesellschaftlichen Erfordernissen entsprechende hohe Bildung. Sie befähigt die Bürger, die sozialistische Gesellschaft zu gestalten und an der Entwicklung der sozialistischen Demokratie schöpferisch mitzuwirken.<sup>2</sup>

Die Gestaltung des entwickelten gesellschaftlichen Systems des Sozialismus erfordert also den allseitig entwickelten sozialistischen Staatsbürger. Unsere sozialistische Schule hat diesen Staatsbürger vorzubereiten, indem sie ihm

<sup>1</sup> Walter Ulbricht: Rede auf der Session 150 Jahre Karl Marx „Die Bedeutung und die Lebenskraft der Lehren von Karl Marx für unsere Zeit“, Dietz Verlag, Berlin 1968, S. 44. <sup>2</sup> Verfassung der Deutschen Demokratischen Republik, Staatsverlag der DDR, 1968, S. 17.

- eine hohe, moderne sozialistische Allgemeinbildung vermittelt, als Voraussetzung für schöpferisches Handeln in der Produktion und allen anderen gesellschaftlichen Bereichen; als Voraussetzung für die Meisterung der wissenschaftlich-technischen Revolution durch den Menschen;
- die Ideologie der Arbeiterklasse vermittelt als Voraussetzung für sozialistisch bewußtes Handeln für die Interessen der Arbeiterklasse und aller Werktätigen in der DDR, d. h. Identifikation des jungen Menschen mit den Ideen des Sozialismus;
- mit solchen politisch-moralischen Eigenschaften und Verhaltensweisen ausgestattet, die den revolutionären Kämpfer der Arbeiterklasse auszeichnen.

Auf dem VII. Parteitag sagte Walter Ulbricht dazu:

„Die wissenschaftlich-technischen Leistungen unserer Republik, die Gestaltung der sozialistischen Perspektiven unserer Ordnung hängen sehr wesentlich von der Qualität des Wissens und Könnens und von der klassenmäßigen Einstellung ab, welche sich die Jugend heute in den verschiedenen Stufen des Bildungssystems erwirbt.“<sup>3</sup> Was die weitere Konzeption der allseitigen Bildung des sozialistischen Menschen betrifft, so forderte der VII. Parteitag, folgende Probleme weiter und tiefer auszuarbeiten:

- die Vermittlung eines festen Grundlagenwissens in den entscheidenden Bereichen von Natur und Gesellschaft;
- die Herausbildung einer breiten geistigen Befähigung, insbesondere der Fähigkeit, sich selbst neue Kenntnisse anzueignen, die Hilfsmittel der geistigen Arbeit zu gebrauchen, sowie die Fähigkeit, wissenschaftliche Erkenntnisse in der praktischen Tätigkeit bewußt anzuwenden;
- die Entwicklung von körperlichen Fähigkeiten durch Körperkultur und Sport und vormilitärische Ausbildung;
- die Vermittlung musisch-ästhetischer Kenntnisse und Fähigkeiten und die Formung der Bedürfnisse, sich selbst geistig-kulturell zu betätigen;
- die Bildung von Spezialkenntnissen und speziellen Fähigkeiten auf einem Gebiet des Lebens, in einem Beruf, die erweiterungs- und ergänzungsfähig sein müssen.
- Schließlich sind auch solche Fähigkeiten und die Bereitschaft zu entwickeln, sich an der Planung und Leitung der Gesellschaft sowohl in der Produktion als auch in den anderen Bereichen zu beteiligen.<sup>4</sup>

Diese marxistisch-leninistische Bildungskonzeption liegt auch dem neuen Lehrplanwerk zugrunde, dessen Ausarbeitung und Einführung im Jahre 1971 abgeschlossen wird. Mit seiner Hilfe wurde ein tiefer innerer, geradezu revolutionärer Umgestaltungsprozeß unserer sozialistischen Schule ausgelöst, denn die Einführung eines neuen Bildungs- und Erziehungsinhalts, das ist die entscheidende Weiterentwicklung unserer sozialistischen Schule. Seine Verwirklichung durch alle Lehrer und Schüler, d. h. die Aneignung des in den Lehrplänen enthaltenen Bildungsgutes, bringt auch die Lösung der Aufgabe, der Jugend tatsächlich 10-Klassen-Bildung zu vermitteln. Und genau so, wie wir heute in der sozialistischen Gesellschaft von der Gestaltung des gesellschaftlichen Systems des Sozialismus sprechen und jedem Bürger deutlich machen, daß dieses System nur als Ganzes vervollkommen werden kann, müssen wir auch den Inhalt der sozialistischen Bildung und Erziehung in unserer Schule als ein komplexes System betrachten, dessen einzelne Teile, d. h. sowohl die verschiedenen Fächer als auch die verschiedenen Seiten der allseitig entwickelten sozialistischen Persönlichkeit, eine Einheit bilden. Es ist demzufolge für jeden Fachlehrer einer Fachdisziplin objektiv erforderlich, wenn er unsere sozialistische Bildungskonzeption verwirklichen will, seine fachspezifische Arbeit stets aus der Sicht des Ganzen zu gestalten, stets das

<sup>3</sup> Walter Ulbricht: Die gesellschaftliche Entwicklung in der DDR bis zur Vollendung des Sozialismus. Dietz-Verlag, Berlin 1967, S. 240.

<sup>4</sup> Walter Ulbricht: Die gesellschaftliche Entwicklung in der DDR bis zur Vollendung des Sozialismus. Dietz-Verlag, Berlin 1967, S. 241/242.

Bild des sozialistischen Staatsbürgers vor Augen zu haben, das in einem großen Gemeinschaftswerk aller Pädagogen an der Schule gestaltet werden muß.

Diese Sicht des Ganzen ist im Lehrplanwerk als Ganzes, wie auch in den Plänen für die einzelnen Unterrichtsdisziplinen, konzipiert, in den Vorworten der Lehrpläne und in den Plänen selbst ausgewiesen. Aber realisiert werden muß diese Gesamtkonzeption durch jeden Lehrer selbst. Deshalb muß sich jeder Fachlehrer in seinem Fachunterricht stets folgende Fragen stellen und in seiner Vorbereitung auf den Unterricht berücksichtigen:

- Wie trage ich zur Vermittlung einer hohen Allgemeinbildung bei, als Voraussetzung für Einsichten in das System der Wissenschaften, für die Entwicklung hoher geistiger Fähigkeiten, als Voraussetzung für spätere spezielle Bildung und als Voraussetzung für die Entwicklung der Weltanschauung der Arbeiterklasse ?
- Wie trage ich bei zur Vermittlung der Ideologie der Arbeiterklasse als Voraussetzung für *einen* festen sozialistischen Klassenstandpunkt und klassenmäßiges Verhalten der sozialistischen Persönlichkeit in allen Lebenslagen, d. h. als Voraussetzung für bewußtes und schöpferisches Mitwirken an der Planung und Leitung der sozialistischen Ordnung ?
- Wie trage ich durch meinen Fachunterricht bei zur Entwicklung solcher politisch-moralischer Verhaltensweisen, die den jungen revolutionären Kämpfer der Arbeiterklasse charakterisieren ?

Erst unter dieser komplexen Sicht der Bildungs- und Erziehungsaufgaben sind dann die spezifischen Fragen über Rolle und Funktion der physikalischen Bildung abzuleiten, die sich aus der bedeutsamen Stellung der Physik als Wissenschaft für die Entwicklung der Produktivkraft Wissenschaft und die Weiterentwicklung des Systems der Wissenschaften überhaupt ergeben.

In den methodischen Hinweisen für den Physikunterricht der Klassen 11 finden wir zu dieser Frage folgenden wichtigen Ansatzpunkt:

Die Physik ist eine grundlegende Wissenschaft für alle Bereiche der Naturwissenschaften und der Technik. Mit ihrer Hilfe erschließt sich die Menschheit ständig neue Möglichkeiten zum Beherrschen der Natur und neue Quellen zur Steigerung der Produktivkraft gesellschaftlicher Arbeit durch rasche Überführung neuer physikalischer Erkenntnisse in die Praxis. Ihre grundlegenden Ziele, das Auffinden und quantitative Formulieren physikalischer Gesetze mit mathematischen Methoden, das theoretische Interpretieren und das Bereitstellen ihrer Kenntnisse für die Weiterentwicklung und Verbesserung der materiellen Produktion machen diese Wissenschaft zu einem wichtigen Mittel der sozialistischen Gesellschaft. Die Anwendung physikalischer Erkenntnisse in der Praxis trägt entscheidend dazu bei, daß die wissenschaftlich-technische Revolution sich unmittelbar in ökonomischen Ergebnissen zum Nutzen unserer sozialistischen Gesellschaft verändert.<sup>5</sup>

Die detaillierte Darstellung der Grundprobleme unserer Bildungspolitik und der Aufgaben bei der allseitigen Bildung und Erziehung unserer Jugend war deshalb so wichtig, weil sich der Physikunterricht, wie schon gesagt, in die Gesamtlösung dieser gesellschaftlichen Aufgabenstellung in richtiger Weise einordnen muß und weil der Physikunterricht über ausgezeichnete Möglichkeiten zur Lösung dieser Bildungsaufgaben verfügt:

*Der Physikunterricht gibt vielfältige Möglichkeiten, festes Grundlagenwissen in einem wesentlichen Bereich der Natur und Technik zu vermitteln, geistige Fähigkeiten zu entwickeln, Spezialkenntnisse vorzubereiten und Fähigkeiten zur schöpferischen Teilnahme an der Planung und Leitung der sozialistischen Gesellschaft herauszubilden.* Physikalisches Bildungsgut gehört deshalb zum grundlegenden Bildungsgut, weil ohne Kenntnis der Grundlagen der Physik, ihres klassischen Bereiches und Einsichten in die

<sup>5</sup> Methodische Hinweise für den Physikunterricht, Klasse 11, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969 S. 5.

modernen physikalischen Theorien, heute niemand mehr in der Lage ist, die neuesten wissenschaftlichen Erkenntnisse und die Entwicklung der modernen sozialistischen Produktivkräfte zu erfassen.

Man trifft manchmal Auffassungen, die Zweifel an der großen gesellschaftlichen Bedeutung naturwissenschaftlich-technischer Bildung enthalten. Gelegentlich werden sogar naturwissenschaftlich-technische und polytechnische Bildung direkt der humanistisch-literarischen und musischen Bildung gegenübergestellt und die Frage aufgeworfen, ob nicht durch die besondere Betonung der Mathematik und der Naturwissenschaften bzw. durch die Einführung der polytechnischen Bildung und Erziehung, die Bereiche der Technik und Naturwissenschaften in unserer sozialistischen Allgemeinbildung zu einseitig hervorgehoben wurden. Die geäußerten Bedenken sind nicht richtig. Gerade im Bereich der Mathematik und der naturwissenschaftlichen Bildung und auf dem Gebiet der polytechnischen Bildung und Erziehung zeigen sich wichtige neue Züge unserer sozialistischen Bildungs- und Schulpolitik.

Das entscheidende Kriterium für die Arbeit des Bildungswesens ist es doch, wie sich die Jugend sowohl im späteren beruflichen, im gesellschaftlichen und auch in ihrem persönlichen Leben bewährt. Deshalb wird durch die zehnklassige allgemeinbildende polytechnische Oberschule eine solche Allgemeinbildung vermittelt, wie sie die künftige Tätigkeit unserer Kinder und Jugendlichen in allen Bereichen des gesellschaftlichen Lebens erfordert. Das verlangt eine intensive Entwicklung des sozialistischen Bewußtseins der Schüler und eine hohe wissenschaftliche, insbesondere naturwissenschaftliche Bildung. Es muß in diesem Zusammenhang eindeutig festgestellt werden, daß eine Allgemeinbildung etwa im Sinne des klassisch-humanistischen und des neuhumanistischen Bildungsideals dazu nicht mehr ausreicht. Die zehnklassige allgemeinbildende polytechnische Oberschule mit ihrer wissenschaftlichen Allgemeinbildung und ihrem hohen Anteil mathematisch-naturwissenschaftlicher und polytechnischer Bildung ist heute das Fundament jeder speziellen und weiterführenden höheren Bildung. Übrigens heißt es dazu im Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem:

"Im naturwissenschaftlichen Unterricht muß ein Einblick in die perspektivischen Aufgaben der Naturwissenschaften und in ihre Rolle als unmittelbare Produktivkraft vermittelt werden. Die Schüler sind vor allem zu tieferen theoretischen Ansichten in die gesetzmäßigen Ursachen der Erscheinungen und Prozesse in der Natur zu führen. Das Beobachten von Naturvorgängen, das Vorbereiten, Durchführen und Auswerten naturwissenschaftlicher Experimente erfolgt im engen Zusammenhang mit theoretischen Überlegungen und Verallgemeinerungen. Die Schüler müssen in diesen Fächern ein wissenschaftliches Bild von der belebten und unbelebten Natur erhalten."

*Der Physikunterricht und physikalisches Bildungsgut tragen wesentlich zur Ausbildung geistiger Fähigkeiten bei.*

Das ergibt sich aus der logischen Struktur physikalischer Erkenntnisse, aus den schon als klassisch zu bezeichnenden Methoden physikalischer Erkenntnisgewinnung, aus der vielfältigen Verflechtung der Physik mit anderen wissenschaftlichen Disziplinen, insbesondere mit der Mathematik, und schließlich auch aus der breiten Skala naturwissenschaftlicher und technischer Anwendungsmöglichkeiten. Da der Physikunterricht weitgehend dem Weg der Gewinnung physikalischer Erkenntnisse, d. h. den Verfahren und Methoden der Gewinnung neuer physikalischer Erkenntnisse, nachgeht, und demzufolge methodologische Erkenntnisse vermittelt, trägt er wesentlich zum Erwerb und zum Beherrschen wichtiger geistiger Operationen bei, wie der Analyse und Synthese, dem Vergleichen, dem Abstrahieren, Verallgemeinern und Klassifizieren, dem induktiven und deduktiven Schließen. Wobei zu beachten ist, daß diese geistigen Fähigkeiten im Physikunterricht nicht automatisch vermittelt werden, sondern eine entsprechende Gestaltung des Unterrichts verlangen. Mehr darüber wird im Abschnitt 5.2. berichtet. Die Schüler werden zu geistiger Disziplin, zu logischem Arbeiten, zur wissenschaftlichen Arbeitsweise erzogen. Im Experimentalunterricht lernen sie, gezielte Fragen und Pro-

bleme zu stellen, physikalische Sachverhalte zu analysieren, Bedingungen zu erforschen und zu verändern; sie lernen auch Verfahren und Techniken des Lernens, Verarbeitens, Speicherns und Weitergebens wissenschaftlicher Informationen und den Umgang mit den Hilfsmitteln geistiger Arbeit kennen. Ohne Tabellen, Nachschlagewerke, Rechenschieber und Lehrbücher ist keine Physik zu betreiben. Zugleich verlangt physikalisches Arbeiten auch viele Fertigkeiten schriftlicher Art, wie z. B. das Anfertigen von Protokollen, Berichten, Zeichnungen usw.

Besonders wichtig ist auch die Entwicklung der Fähigkeit, physikalisches Grundwissen auf die Lösung technischer Probleme anzuwenden. Darin besteht eine wichtige gesellschaftliche Zielstellung des Physikunterrichts. Aufgaben dieser Art, die besonders den polytechnischen Aspekt des Physikunterrichts ausmachen, gehören zu den untrennbaren Bestandteilen eines modernen Physikunterrichts.

*Die Aneignung von physikalischem Bildungsgut schafft wichtige Voraussetzungen für den Erwerb von Spezialbildung, d. h. einer beruflichen Qualifikation.*

Es gibt heute praktisch keine Tätigkeit mehr in der Industrie und Landwirtschaft und in anderen gesellschaftlichen Bereichen, für die nicht grundlegende physikalische Bildung wesentliche Voraussetzung wäre. Das geht auch aus den Grundsätzen für die Weiterentwicklung der Berufsausbildung als „Bestandteil des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems“ hervor.

Dort ist beispielsweise festgelegt, schrittweise in der Berufsausbildung berufliche Grundlagenfächer einzuführen, die sich mit grundlegenden Problemen der Elektronik, der elektronischen Datenverarbeitung, der BMSR-Technik und anderen naturwissenschaftlichen Grundlagengebieten befassen. Es ist klar, daß diese Fächer einen hohen Anteil an physikalischen Grundlagen voraussetzen, der durch die allgemeinbildende Schule vermittelt werden muß. Der eben charakterisierte Zusammenhang weist uns auf ein weiteres Problem hin, auf das wir noch eingehen müssen.

*Wichtig für die Stellung der physikalischen Bildung im System der Allgemeinbildung ist die Stellung der Physik im System der Wissenschaften und ihre Bedeutung für die Entwicklung der modernen Produktivkräfte im Sozialismus.*

Die Physik nimmt innerhalb der Naturwissenschaften eine zentrale Stellung ein. Das ist durch eine Vielzahl von Faktoren bedingt und wird deutlich, wenn wir von den beiden Grundaufgaben der Naturwissenschaften ausgehen,

1. zur immer tieferen Erkenntnis der Natur beizutragen, ihre vielfältigen Erscheinungen auf ihr Wesen hin zu untersuchen, Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten aufzudecken; und
2. diese Erkenntnisse für die Entwicklung und Qualifizierung der sozialistischen Produktivkräfte, insbesondere für die Bildung und Befähigung des Menschen und für die planmäßige Verbesserung der Arbeits- und Lebensbedingungen der Menschen im Sozialismus zu nutzen.

Eng verbunden mit den Ergebnissen der physikalischen Grundlagenforschung und ihrer theoretischen Zusammenfassung und Verallgemeinerung ist die stürmische Entwicklung der technischen Anwendung dieser neuen Erkenntnisse.

Das, was wir heute als den Prozeß der wissenschaftlich-technischen Revolution bezeichnen, basiert in hohem Maße auf physikalischen Forschungen und Erkenntnissen. Die Physik ist zu einer wichtigen Produktivkraft geworden. Walter Ulbricht hat in seiner richtungweisenden Rede auf der Session zum 150. Geburtstag von Karl Marx auf grundlegende Entwicklungen in der Naturwissenschaft und Technik hingewiesen, die für unseren Zusammenhang besonders wichtig sind, weshalb wir sie hier noch einmal zitieren wollen:

„Analysiert man die Hauptrichtungen in der Wissenschaftsentwicklung, so treten in Naturwissenschaft und Technik vor allem hervor: Die Chemisierung, Festkörperphysik, Atomphysik, Mikrobiologie, Mathematik u. a. sowie die zwischen den sogenannten

klassischen Fachgebieten und aus den Impulsen und Methoden mehrerer Disziplinen sich entwickelnden Wissenschaften, wie Biochemie, physikalische Chemie, Kybernetik, Es sind jene Wissenschaftsgebiete, die nicht nur ein breites und interessantes Betätigungsfeld geistig-schöpferischer Forschungsarbeit darstellen, sondern die heute bereits auf derart umfangreiche Anwendungsmöglichkeiten hinweisen, daß man sie mit Recht als die grundlegenden naturwissenschaftlichen-technischen Disziplinen der wissenschaftlich-technischen Revolution bezeichnen kann.

Auf Grund der Erkenntnisse der Sowjetwissenschaftler und anderer fortschrittlicher Wissenschaftler ist in den nächsten 3 bis 4 Jahrzehnten mit der Entdeckung, der wissenschaftlichen Beherrschung und praktischen Anwendung neuer Erkenntnisse auf folgenden Gebieten zu rechnen:

Der raschen Entwicklung der Elektronik und Datenverarbeitung, subatomare Struktur, kontrollierte Kernfusion, Atomkraftantrieb für Raketenfahrzeuge, selbstlernende Ma-

schinen, Superakkumulatoren, Übersetzungsmaschinen, Nutzung des Meerwassers und des Weltraumes, Flug zum Mond und Weltraumlaboratorien, Manipulierung der Verarbeitungsvorgänge, Gravitationswellen, Energiesender, gewaltige Fortschritte in der Medizin bei der Verlängerung des Lebens, Verwendung künstlicher Organe zur Einpflanzung in den menschlichen Körper, Entwicklung von Mitteln zur vollständigen Heilung von Krebskranken, Synthetische Nahrungsmittel usw. Das sind nur wenige Gebiete, die ich hervorheben will, dabei zeichnet sich immer mehr die Tendenz ab, daß der Schwerpunkt der zu erwartenden wissenschaftlichen Forschungsergebnisse sich von einzelnen Produktionsinstrumenten, Geräten und anderen Teillösungen immer mehr auf Ideen, Verfahren und Systeme verlagert. Es geht um eine Vielzahl neuer wissenschaftlicher Entdeckungen, aber gleichermaßen um die rasche und breite Anwendung im Rahmen der Volkswirtschaft und Gesellschaft."<sup>6</sup>

*Die Hauptfaktoren, welche die Stellung der Physik im System der Wissenschaften zeigen, sind folgende:*

- Die Physik untersucht grundlegende Probleme der Realität, die von zentraler Bedeutung für die Erkenntnis der Welt sind.
- Die Physik wendet dabei ein umfassendes modernes Instrumentarium der Erkenntnisgewinnung an. In ihm sind die Erkenntnisse anderer Wissenschaften, insbesondere der Mathematik, erfaßt. Zugleich werden durch die Physik die materiellen Möglichkeiten der modernen Technik umfassend genutzt.
- Die Physik ist wesentliche Grundlagenwissenschaft für weite Bereiche der Technik, insbesondere für den gesamten Maschinenbau, die Automatisierung, die maschinelle Rechentechnik, die Elektronik, die Energieversorgung, den wissenschaftlich-technischen Gerätebau, also für Hauptbereiche der wissenschaftlich-technischen Revolution, für wichtige strukturbestimmende Zweige unserer Volkswirtschaft.

*Aus der Charakteristik der Physik als wichtiger Grundlagenwissenschaft wird zugleich auch ihre Bedeutung für die Bewußtseinsentwicklung der Menschen sichtbar.* Diese ergibt sich vor allem für die Entwicklung eines wissenschaftlichen Weltbildes und der wissenschaftlichen Weltanschauung der Jugend. Mit Hilfe der physikalischen Erkenntnisse über die Struktur der Materie, die Bewegungs- und Entwicklungsgesetze im Weltall, die Energieumwandlungen usw. werden grundlegende Erscheinungen der Natur für den jungen Menschen wissenschaftlich erklärbar und durchschaubar. Damit wird ein wichtiger Beitrag zur weltanschaulichen Erziehung der Jugend, zur Vermittlung grundlegender Erkenntnisse der Weltanschauung der Arbeiterklasse geleistet. Wir müssen aber gerade an dieser Stelle auf folgende grundsätzliche Probleme der weltanschaulichen Erziehung aufmerksam machen. Prof. Kurt Hager forderte in seiner Rede auf dem 10. Plenum des ZK der SED:

<sup>6</sup> Walter Ulbricht: Rede auf der Session 150 Jahre Karl Marx „Die Bedeutung und die Lebenskraft der Lehren von Karl Marx für unsere Zeit“, Dietz Verlag, Berlin 1968, S. 19.

„Im Bildungswesen kommt der Entwicklung der Fähigkeiten zum schöpferischen, dialektischen und logisch-analytischen Denken und der entsprechenden Fertigkeiten größte Bedeutung zu, wobei die Vermittlung des Grundwissens in untrennbarer Einheit mit der weltanschaulichen Bildung und Erziehung erfolgen muß.“<sup>7</sup> „Die Vermittlung physikalischen Wissens bildet nicht automatisch sozialistisches Bewußtsein, ist nicht identisch mit der Vermittlung der Weltanschauung der Arbeiterklasse. Erst in Verbindung mit der bewußten und systematischen Vermittlung weltanschaulicher Erkenntnisse, der weltanschaulichen Verallgemeinerung physikalischer Grundkenntnisse, verbunden mit den politischen Erfahrungen der Arbeiterklasse wird physikalisches Grundwissen bewußtseinsbildend wirksam.“<sup>8</sup>

„Die technisch-ökonomische Anwendung physikalischer Grundlagen und ihre bewußte Nutzung für die planmäßige Weiterentwicklung der sozialistischen Produktivkräfte, die nur auf der Grundlage sozialistischer Produktionsverhältnisse erfolgen kann, muß durch den Lehrer als ein entscheidendes weltanschauliches Problem bewußt gestaltet werden. Das Problem der weltanschaulichen Effektivität des Physikunterrichtes besteht offensichtlich darin, wie es der Lehrer versteht, die volle Übereinstimmung von Weltanschauung und Methoden des dialektischen Materialismus mit den Grundkenntnissen und Forschungsmethoden der Physik sichtbar zu machen und zu zeigen, daß nur dialektisch-materialistisches Denken die bewußte Anwendung physikalischer Erkenntnisse in Übereinstimmung und auf der Grundlage der sozialistischen Produktivkräfte die Meisterung der wissenschaftlich-technischen Revolution ermöglicht.“ „Gleichzeitig ist die marxistisch-leninistische Weltanschauung notwendige geistige Voraussetzung der universal gebildeten sozialistischen Persönlichkeit, die fähig ist, die Einheit der Wissenschaften und der Welt geistig zu verarbeiten, sich ins Ganze der sozialistischen Gesellschaft harmonisch einzuordnen, in Übereinstimmung mit den Interessen und Zielen der Gesellschaft zu leben.“<sup>9</sup>

Es muß noch auf einen wichtigen weiteren Aspekt aufmerksam gemacht werden, der für die Stellung der Physik und ihre gesellschaftliche Rolle von Bedeutung ist: Es geht um die Einordnung der Physik in die beiden grundlegenden Entwicklungstendenzen der Wissenschaft überhaupt, in den Prozeß der *Differenzierung* und *Integration*. Die *Differenzierungstendenz in der Wissenschaftsentwicklung* kommt darin zum Ausdruck, daß die Wissenschaftler immer tiefer in den Gegenstand der einzelnen Wissenschaften eindringen, neue Seiten aufdecken, zu umfassenderen und tieferen Erkenntnissen gelangen. Äußerer Ausdruck dieser Differenzierungstendenzen ist das Aufspalten der Grundwissenschaften in Teildisziplinen und schließlich das Entstehen neuer Wissenschaften. Dieser Prozeß wird in der Physik beispielsweise durch das Entstehen neuer Teildisziplinen, etwa der Plasmaphysik und der Festkörperphysik, ausreichend charakterisiert.

Die *Integrationstendenz in der Wissenschaftsentwicklung* kommt vor allem in der Tatsache zum Ausdruck, daß die Wissenschaftler auf Grund der tieferen Einzelerkenntnis auch zu immer allgemeineren Gesetzmäßigkeiten und Zusammenhängen vorstoßen. Äußeres Merkmal dieser Entwicklung ist das Entstehen großer theoretischer Gedankengebäude, verallgemeinernder Theorien sowie das Entstehen von Grenzwissenschaften. Daneben entwickelten sich neue integrierende Wissenschaftsdisziplinen, die die Erkenntnisse verschiedener Einzelwissenschaften in sich aufnehmen und zu neuen Zusammenhängen verarbeiten. Ein typisches Beispiel dafür ist die Kybernetik. Bedeutsam für die Stellung der Physik ist nun, daß sie einen bedeutenden Einfluß auf die Integrationstendenz ausübt, und zwar vor allem durch ihre Grundlagenuntersuchungen über die Struktur der Materie und deren grundlegende Bewegungs- und Entwicklungs-

<sup>7</sup> Hager, K.: „Grundlagen des geistigen Lebens im Sozialismus“, Dietz Verlag, Berlin 1969 S. 41.

<sup>8</sup> Hager, K.: a. a. O., S. 42.

<sup>9</sup> Hager, K.: a. a. O., S. 53.

gesetze und durch ihre umfassende Theorienbildung, in die Erkenntnisse der verschiedensten Einzeldisziplinen einfließen.

*Aus dieser zentralen Stellung der Wissenschaft Physik innerhalb der Naturwissenschaften ergibt sich auch die große Bedeutung physikalischer Bildung als Teil der naturwissenschaftlichen Bildung und damit wiederum als Teil der sozialistischen Allgemeinbildung, wobei wir in den Gegenstand der Allgemeinbildung auch die polytechnische Bildung einbeziehen.*

Im Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem wird das Wesen unserer modernen sozialistischen Allgemeinbildung ausführlich charakterisiert. • Physikalische Bildung ist als Kern der naturwissenschaftlichen Bildung zugleich auch Wesensbestandteil der Allgemeinbildung des sozialistischen Staatsbürgers. Als Voraussetzung für das Beherrschen technischer und technologischer Prozesse leistet die physikalische Bildung natürlich auch einen wichtigen Beitrag zur polytechnischen Bildung. Von einer sicheren und umfassenden physikalischen Bildung hängt die disponible wissenschaftliche Vorbereitung der zukünftigen Facharbeiter und Ingenieure in unserer Republik wesentlich ab. Die Funktion der physikalischen Bildung beschränkt sich aber nicht nur auf diese Art naturwissenschaftlicher Grundlagenbildung in der allgemeinbildenden Schule. Sie ist im System der Berufsausbildung grundlegende Voraussetzung und Bestandteil der neuen wissenschaftlich-technischen Grundausbildung der zukünftigen Facharbeiter und ihrer Ausbildung in breiten disponiblen Grundberufen.

Schließlich ist physikalische Bildung auch Wesensbestandteil der wissenschaftlichen Grundausbildung der mittleren und höheren wissenschaftlich-technischen Fachkader, d. h. der Fach- und Hochschulingenieure der verschiedensten Fachrichtungen, des mittleren und höheren medizinischen Fachpersonals und einer ganzen Reihe anderer Fachrichtungen. Aus dieser Charakteristik der Bedeutung physikalischer Bildung wird schon deutlich, daß es notwendig ist, in der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule ein hohes Niveau physikalischer Bildung zu erreichen. Das verlangt eine gute pädagogisch-methodische und ideologische Arbeit der Fachlehrer, um unseren Jungen und besonders den Mädchen die Bedeutung der Physik deutlich zu machen; denn nicht wenige Schwächen in der physikalischen Bildung mancher junger Menschen sind auf Unklarheiten über die Notwendigkeit und gesellschaftliche Bedeutung physikalischer Bildung zurückzuführen. Das macht sich gegenwärtig häufig bei Mädchen bemerkbar. Deshalb ist es eine wichtige Aufgabe jedes Physiklehrers und gehört zu seinen grundlegenden Erziehungsverpflichtungen, diese gesellschaftliche Bedeutung der Physik und physikalischer Bildung seinen Schülern begrifflich zu machen und sie davon zu überzeugen, sich eine gründliche physikalische Bildung anzueignen und auch später Berufe im naturwissenschaftlich-technischen Bereich zu ergreifen.

*Klarheit über die gesellschaftliche Bedeutung der Physik und der physikalischen Bildung ist daher nicht so sehr und auch nicht alleine eine pädagogisch-methodische als vielmehr eine grundlegende politische Frage.*

## **2.2. Die Aufgaben des Physikunterrichts**

Wie schon erörtert, hat der Physikunterricht einen wesentlichen Beitrag zur Vermittlung einer modernen wissenschaftlichen Allgemeinbildung im Sinne der Aufgabenstellung des Gesetzes über das einheitliche sozialistische Bildungssystem zu vermitteln. Entsprechend den Besonderheiten der Physik als Wissenschaft und ihrer Bedeutung als zentraler Naturwissenschaft bestehen die Hauptaufgaben des Physikunterrichtes darin,

- allen Schülern grundlegende Einsichten in die Gesetzmäßigkeiten der Physik, d. h. physikalische Grundlagenbildung zu vermitteln;
- an Hand der Darstellung und der praktischen Anwendung der Methoden physikalischer Erkenntnisgewinnung (Experimentalunterricht, Theorienbildung, Modellvorstellungen usw.) einen bedeutsamen Beitrag zur Entwicklung der geistigen Fähigkeiten zu leisten;
- durch die ständige Anwendung physikalischer Grunderkenntnisse auf die Lösung technischer Probleme, durch die Analyse technischer Entwicklungen auf ihre physikalischen Grundelemente hin und schließlich durch die systematische Vermittlung physikalischer Grundlagen der modernen technischen Entwicklung eine breite allgemeintechnische Grundlagenbildung anzubahnen;
- durch politisch-ideologische Verallgemeinerungen der physikalischen Grunderkenntnisse sowie durch die Darstellung der politischen Konsequenzen der Meisterung der wissenschaftlich-technischen Revolution mit Hilfe physikalischer Bildung einen wichtigen Beitrag zur sozialistischen Bewußtseinsbildung der Jugend zu leisten und zu ihrer klassenmäßigen Erziehung beizutragen.

Im Physikunterricht sind also stets zwei grundlegende Aufgaben zu leisten:

1. die Vermittlung und Aneignung der Grundlagen der Wissenschaft Physik. *Das ist der facheigene Aspekt des Physikunterrichts (das Spezielle).*
2. Mit Hilfe der wissenschaftlichen Grundlagen der Physik und ihrer gesellschaftlichen Anwendung auf die allseitige Entwicklung der Persönlichkeit Einfluß zu nehmen, sozialistisches Bewußtsein, Verhalten und Charakter zu formen. *Das ist der fachübergreifende Aspekt des Physikunterrichts (das Allgemeine, das den Physikunterricht mit allen anderen Fächern vereint, ihn in das System der Allgemeinbildung integriert.)*

Beide Aspekte durchdringen sich gegenseitig. Keiner kann ohne den anderen existieren. Sie machen auch deutlich, daß das physikalische Bildungsgut, mit dessen Hilfe die physikalische Grundlagenbildung entsteht und auch alle anderen Hauptaufgaben des Physikunterrichtes gelöst werden sollen, nicht nur unter rein fachlogischen Gesichtspunkten angeordnet und vermittelt werden kann. Damit physikalischer Lehrstoff tatsächlich bei den Schülern zu physikalischer Bildung wird, ist eine Strukturierung des Lehrstoffes, seine Vermittlung und Aneignung sowohl unter facheigenen als auch unter fachübergreifenden Aspekten, die Beachtung der Gesetzmäßigkeiten des Unterrichtsprozesses (Didaktik, Methodik) und der Altersbesonderheiten der Schüler nötig. Die fachübergreifenden Beziehungen des Physikunterrichtes zu anderen Fächern sind für die Allgemeinbildung von hoher Wichtigkeit, sie sind sehr vielschichtig und außerordentlich komplex. Deshalb sind sie im Abschnitt 2.3. gesondert und ausführlich dargestellt.

Beziehungen besonderer Art existieren zu den sprachlichen und gesellschaftswissenschaftlichen Disziplinen. Hier geht es vor allem um die bewußtseins- und persönlichkeitsbildenden Elemente. Ohne die exakte Beherrschung der deutschen Sprache, insbesondere zur einwandfreien Formulierung physikalischer Sachverhalte, Zusammenhänge und Gesetzmäßigkeiten, kann kein Physikunterricht erfolgreich betrieben werden. Man vergleiche die näheren Ausführungen im Abschnitt 5.1. Eine andere Gruppe von Beziehungen wird deutlich, wenn wir daran denken, daß nicht wenige Wissenschaftsdisziplinen sich physikalischer Methoden auch zu ihrer Erkenntnisgewinnung bedienen und wesentliche technische Anwendungen dieser wissenschaftlichen Erkenntnisse nur in Einheit mit physikalischen Erkenntnissen erfolgen können. In Kapitel 3 wird der Inhalt des Physikunterrichtes ausführlich behandelt. Hier soll im Zusammenhang mit der Aufgabenstellung des Physikunterrichtes auf einige Probleme der Inhaltsbestimmung generell eingegangen werden, die für methodisches Denken wichtig sind: Im Mittelpunkt einer umfassenden Inhaltsbestimmung müssen die wesentlichsten

wissenschaftlichen und ideologischen Fakten, die philosophischen weltanschaulichen und politischen Aufgaben und Erkenntnisse, die wesentlichen Denk- und Arbeitsmethoden stehen, die für das systematische Eindringen in die physikalische Theorie, für die weltanschauliche Verallgemeinerung und für das Verständnis der technischen Anwendungen grundlegend sind. Als Schwerpunkte der bildenden Aspekte des Physikunterrichtes sind nach dem in Abschnitt 2.1. Gesagten jene Lehrstoffe aus der Physik, ihren angrenzenden Disziplinen und dem Anwendungsbereich zu betrachten, die notwendig sind,

- um Einblick und Überblick über das System der physikalischen Wissenschaft zu vermitteln und die Zusammenhänge mit anderen Disziplinen zu zeigen; insbesondere die grundlegenden Erscheinungen der mechanischen, thermischen, elektrodynamischen und inneratomaren Vorgänge,
- um alle Schüler mit den wesentlichsten Gesetzmäßigkeiten der Physik, insbesondere in den o. g. grundlegenden Bereichen vertraut zu machen,
- um in die spezifischen Methoden einzudringen, mit denen die Physik neue Erkenntnisse gewinnt und um zu begreifen, wie diese Erkenntnisse auf die Lösung wissenschaftlich-technischer Entwicklungsprobleme angewandt werden können,
- um die bewußtseinsbildenden Elemente der Physik als Wissenschaft, insbesondere ihre weltanschaulichen Potenzen wirksam werden zu lassen,
- um die Methoden technisch-technologischer Umsetzungen und Anwendungen der Physik allen Schülern zu demonstrieren.

Nicht selten wird unter Physikmethodikern und Physiklehrern über das Verhältnis von klassischer Physik und moderner Physik in den Schullehrplänen diskutiert. Das ist eine Fragestellung, die offensichtlich aus der historischen Entwicklung der Physik als Wissenschaft selbst erwachsen ist. In dem Maße, wie die Physik ihre Untersuchung derjenigen Systeme, die aus einer Vielzahl von Atomen bestehen, ausdehnte auf die Untersuchung des Atombaus, der Wechselwirkung von Elementarteilchen ganz allgemein, ging sie den Schritt von der klassischen Betrachtungsweise zur modernen quantentheoretischen Untersuchung und zum Aufdecken der inneren Struktur der Materie. Diese immer weiter voranschreitenden Erkenntnisse der Physik erforderten neue moderne Bildungsmittel in den Gegenstand des Physikunterrichts und auch neuartige Betrachtungen aufzunehmen. Damit existiert die Frage — klassische oder moderne Physik? — nicht mehr. Beides ist notwendig, wenn auch in kluger Begrenzung und Auswahl.

Deshalb muß der Physiklehrgang die klassischen Teildisziplinen weitgehend behandeln, zugleich aber auch moderne Betrachtungsweisen und die inneratomaren Gegenstandsbereiche der Physik. Wichtige physikalische Grunderkenntnisse aus beiden Teilgebieten müssen zusammengefaßt und interpretiert werden. Zu diesem Zweck wurde der Gedanke entwickelt, den Physiklehrplan auf der Grundlage wichtiger Leitlinien zusätzlich zu strukturieren (↑ Abschnitt 3.2. und die folgenden).

## **2.3. Die fachübergreifenden Linien der Persönlichkeitsentwicklung im Physikunterricht**

### *2.3.1. Das Bedingungsgefüge facheigener und fachübergreifender Linien der allseitigen Entwicklung der Persönlichkeit*

Zu den geschilderten Wesenszügen sozialistischer Allgemeinbildung und damit zu den aus seiner Stellung und Funktion in der sozialistischen Schule resultierenden Hauptaufgaben des Physikunterrichts gehört sein spezifischer Beitrag zur sozialistischen Bewußtseinsentwicklung der Schüler. Sie steht „im Zentrum der Heranbildung allseitig

entwickelter sozialistischer Persönlichkeiten"<sup>10,11</sup>. Diese Aufgabe ist nicht als eine zusätzliche oder dem Fachunterricht an sich fremde zu verstehen, sondern sie stellt eine notwendige Seite des nach Inhalt und Gestaltung wissenschaftlichen und parteilichen Fachunterrichts dar; sie ist objektiv ein Teil des Gegenstandes des Physikunterrichts (/ Abschnitt 2.2.). Die Realisierung dieser Aufgabe setzt beim Lehrer Klarheit über ihren Inhalt und Charakter voraus und auch darüber, wie sie bei der Unterrichtsplanung und -führung prinzipiell zu erfassen ist.

*Der Physikunterricht kann nur dann ein Hauptfeld zielstrebigter Bildung und Erziehung<sup>12</sup> sein, wenn sich die Schüler in ihm ein System physikalischen Wissens und Könnens sicher aneignen* (facheigene Linie). Sein Erfolg hängt aber ab von einer wirksamen Erziehung der Schüler zum sozialistischen Bewußtsein und Verhalten, zu politischen Grundüberzeugungen<sup>11</sup> (fachübergreifende Linie) (↑ Abschnitt 2.2.). Die Realisierung der sich aus beiden Linien ergebenden Zielstellung vollzieht sich also in einer Einheit von Aneignung physikalischen Wissens und Könnens und Entwicklung der Schülerpersönlichkeit (Einheit von Bildung und Erziehung im Prozeß und im Ergebnis) und führt zu Persönlichkeitsqualitäten, die sich in Form soliden fachlichen Wissens und Könnens, weltanschaulicher und politisch-moralischer Überzeugungen sowie in bestimmten Einstellungen, Gewohnheiten und Verhaltensweisen ausdrücken. Zu den wichtigsten übergreifenden Zielstellungen bei der allseitigen Entwicklung der Persönlichkeit werden in der gegenwärtigen Etappe des Aufbaus des sozialistischen Bildungssystems die ideologische, die geistige und die polytechnische Bildung und Erziehung gerechnet.

Diese den Gesamtbereich pädagogischer Einwirkungen gliedernden Zielstellungen liegen nicht auf der gleichen logischen Ebene. Mader schlägt vor, die Gliederung pädagogischer Zielstellungen nach vier Aspekten vorzunehmen<sup>13,14</sup>,

- „. . . nach den wesentlichen Gebieten der verallgemeinerten und systematisierten gesellschaftlichen Erfahrung . . . (Sachaspekt; Wissenschaften, Künste, praktisch-technische Disziplinen . . .),
- . . . nach den hauptsächlichen Bereichen der gesellschaftlichen Tätigkeit des Menschen . . . (Zweckaspekt: Gesellschaft zu Individuum; Produktion, Reproduktion, Konsumtion . . .),
- . . . nach den hauptsächlichen . . . , das Verhältnis des einzelnen zur Umwelt bestimmenden Zügen der Persönlichkeit. . . (Zweckaspekt: Individuum zu Gesellschaft; Weltanschauung, Moral . . .),
- . . . nach den grundlegenden Seiten der menschlichen Persönlichkeit. . . (Persönlichkeitsaspekt; Intellekt, Charakter, Gefühl, Wille . . .).“

Mader unterscheidet demzufolge als übergreifende Aspekte<sup>14</sup>:

- „den sachinhaltlich übergreifenden Aspekt,
- die übergreifenden Aspekte der Zwecksetzung,
- den übergreifenden Aspekt der Persönlichkeitsstruktur“.

Eine Kennzeichnung der Ziele und Aufgaben des Unterrichts in dieser Weise ist in der pädagogischen Literatur kaum und auch in den Lehrplänen noch nicht erfolgt, dürfte aber für die Unterrichtsplanung und die Realisierung der Ziele von Bedeutung sein, da durch sie der Sachaspekt in Form des Unterrichtsstoffes in Einheit mit der Persönlichkeitsentwicklung erfaßt wird.

<sup>10</sup> Neuner, G.: Schulpolitische und theoretische Probleme bei der weiteren Bestimmung des Inhalts der Bildung und Erziehung in der allgemeinbildenden Schule. In „Pädagogische Forschung“, 7 (1966), Nr. 6.

<sup>11</sup> Neuner, G.: Schulpolitische und pädagogische Aspekte der Einheit von Bildung und Erziehung. In „Pädagogik“ 23 (1968), H. 8/9.

<sup>12</sup> Neuner, G.; und Stöhr, G.: Der Unterricht — Hauptfeld der Bildung und Erziehung sozialistischer Persönlichkeiten. In „Deutsche Lehrerzeitung“, 51/1966.

<sup>13</sup> Mader, O.: Zur logischen Gliederung der Bildungs- und Erziehungsziele. In „Pädagogik“, 21 (1966), Heft 3.

<sup>14</sup> Mader, O.: Gedanken zum Problem der übergreifenden Ziel- und Aufgabenstellung eines Unterrichtsfaches in der Oberschule. In „Jahrbuch des DPZI“, I/1968. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

Die übergreifenden Zielstellungen durchziehen den Unterricht aller Fächer und aller Klassenstufen und sind in ihren Teilaspekten und Einzelzielen netzwerkartig mit den strukturellen Elementen jedes Faches verbunden. Das optimale (nicht gleichmäßige) Zuordnen der Elemente beider Mengen ergäbe die Grundlage für das Erschließen der Bildungs- und Erziehungspotenzen des Bildungsgutes eines betreffenden Faches und würde das Bedingungsgefüge facheigener und fachübergreifender Aspekte bei der Persönlichkeitsentwicklung erhellen. Entsprechende Untersuchungen werden zur Zeit durchgeführt.<sup>15</sup>

Für den Physikunterricht ist ein Zusammenhang zwischen facheigenen und übergreifenden Linien durch ein System von Leitlinien des Faches Physik gegeben (↑ Abschnitte 3.2.2.1. bis 3.2.2.5.). Damit sind diese Leitlinien nicht nur auf das Fach Physik beschränkt, sondern die mit ihnen systematisierten Ziele physikalischer Bildung stehen in enger Verbindung zu den Zielen aller anderen Fächer, insbesondere des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts.

Der komplexe Charakter einheitlicher sozialistischer Bildung und Erziehung reicht aber aus dem Unterricht heraus bis in den gesamtgesellschaftlichen Prozeß der Formung sozialistischer Staatsbürger. Die enge Verbindung der am fachspezifischen Gegenstand der Physik mit fachspezifischen Mitteln und Verfahren zu vollziehenden Bildung und Erziehung mit dem Leben, mit der außerschulischen Tätigkeit der Schüler (↑ Abschnitt 4.5.) und mit ihren Vorhaben in der Jugendorganisation ist deshalb eine Grundbedingung, wenn das Ziel — Vorbereitung der jungen Menschen auf Bewahrungs- und Entscheidungssituationen des Lebens — allseitig verwirklicht werden soll. Zu dem komplexen Bedingungsgefüge der sozialistischen Persönlichkeitsbildung gehören schließlich auch die methodisch-didaktische Gestaltung des Unterrichts und die Persönlichkeit des Fachlehrers. Dieser muß sich stets dessen bewußt sein, daß modern gestalteter Unterricht und wissenschaftlich einwandfrei gelehrter Inhalt unerläßlich sind, aber allein nicht genügen. Diese Komponenten müssen verbunden sein mit einer parteilichen Haltung des Lehrers selbst zum Bildungsgut und zu den damit in Verbindung stehenden aktuellen gesellschaftlichen Problemen. Seine Parteinahme für die wissenschaftliche Wahrheit und für die Nutzung dieser Wahrheit im Interesse des Friedens und des gesellschaftlichen Fortschritts ist ein wesentliches Fundament fester Überzeugungen und sozialistischer Verhaltensweisen der Schüler.

### *2.3.2. Über die Beiträge des Physikunterrichts zu den fachübergreifenden Linien der Persönlichkeitsentwicklung*

#### *2.3.2.1. Linie der ideologischen Bildung und Erziehung*

Die systematische Vermittlung der sozialistischen Ideologie als Einheit von Weltanschauung, Politik und Moral ist orientiert auf Grundüberzeugungen des sozialistischen Staatsbürgers. Seine Überzeugungen basieren auf Kenntnissen und Erkenntnissen von Zusammenhängen und Gesetzmäßigkeiten über Natur und Gesellschaft, sind Motive seines Denkens und Handelns, seiner persönlichen Wertung und seines sittlichen Verhaltens in der sozialistischen Gesellschaft.<sup>16</sup>

Die „Aufgabenstellung zur weiteren Entwicklung der staatsbürgerlichen Erziehung der Schuljugend“<sup>17</sup> gibt in einzelnen Richtlinien für die politisch-ideologische Überzeu-

<sup>15</sup> Kompaß, J. u. a.: Zur Bilanzierung der erzieherischen Möglichkeiten des Unterrichtsstoffs in den Klassen 5 bis 10. In „Jahrbuch des DPZI“, 1/1968. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

<sup>16</sup> Pädagogische Enzyklopadie. Band II, VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.

<sup>17</sup> Aufgabenstellung des Ministeriums für Volksbildung und des Zentralrates der FDJ zur weiteren Entwicklung der staatsbürgerlichen Erziehung der Schuljugend der DDR. Vom 9. April 1969. Beilage zur „Deutschen Lehrerzeitung“ Nr. 19/1969 oder in „Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung“ Nr. 10/1969.

gungsarbeit unter der Schuljugend im Zeitraum der Realisierung des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems. Sie umfaßt das Ganze und Allgemeine, auf das das Besondere und Einzelne im Beitrag jedes Unterrichtsfachs zu beziehen ist. Neuner versteht unter ideologischer Bildung und Erziehung eine Einheit von weltanschaulich-philosophischer, politischer und moralischer Erziehung und hebt ihren komplexen Charakter hervor, der sich auf der Einheit der Bewußtseinsformen (politisch, philosophisch, moralisch u. a.) in einer Persönlichkeit gründet.<sup>18</sup> Die ideologische Bildung und Erziehung im Physikunterricht zielt — bedingt durch den Gegenstand des Fachs — weitgehend auf die *Entwicklung philosophisch-weltanschaulicher Überzeugungen ab*. Weltanschauung ist einmal als Lehre vom Wesen der Welt und als ein System von Auffassungen und Überzeugungen des Menschen zu verstehen.<sup>19</sup> Die Weltanschauung als Merkmal der Persönlichkeit besteht daher aus ihrem Weltbild, in dem sich Vorstellungen, Kenntnisse und Einsichten über die Natur und Gesellschaft widerspiegeln, und aus den Positionen, von denen aus die Welt betrachtet wird; es sind das Einstellungen, Verhaltensweisen, Gewohnheiten im Handeln und bestimmte Fähigkeiten. In der weltanschaulichen Bildung und Erziehung an der Schule zeigen sich diese beiden Komponenten in entsprechender Weise in den Zielstellungen für den Unterricht.<sup>20, 21</sup> An spezifischen Gegenständen des Physikunterrichts werden die Schüler durch verallgemeinernde Aussagen vorbereitet auf philosophische Einsichten über die Natur und die Beziehungen der Gesellschaft zur Natur. Diese Gegenstände sind besonders die Gesetzmäßigkeiten und Erscheinungen über die Struktur der Materie und ihrer Bewegung, die Methoden und Verfahren der Erkenntnisfindung und -Sicherung in der Physik und die Bedeutung physikalischer Erkenntnisse in der Produktion und in anderen Wissenschaftsdisziplinen. Es sollen besonders folgende Einsichten angestrebt werden:

- Die Welt ist ihrer Natur nach materiell.
- Die Naturgesetze tragen objektiven Charakter.
- Der Mensch kann die Natur erkennen und verändern.
- Die naturwissenschaftliche Erkenntnis hat zweckgerichteten Charakter.

Die weltanschauliche Bildung und Erziehung erfordert vorwiegend intellektuelle Kräfte der Schüler und steht daher mit der Linie der geistigen Bildung und Erziehung in engem Zusammenhang (↑ Abschnitt 2.3.2.3.). Das Anforderungsniveau, das in den einzelnen Klassenstufen angestrebt wird, muß daher dem Abstraktionsniveau der Schüler angemessen sein, das heißt, die zu verwendenden Begriffe und Aussagen, die auf die genannten Einsichten abzielen, müssen für die Schüler zugänglich, verständlich, unter Umständen vereinfacht formuliert werden, ohne dabei aber in ihrer Vereinfachung unwissenschaftlich zu sein.

Ein System bzw. eine Niveaustufung derartiger Aussagen liegt zur Zeit noch nicht vor. Entsprechende Untersuchungen werden zur Zeit durchgeführt.<sup>15</sup> Im Abschnitt 3.4. werden in Verbindung mit inhaltlichen Problemen der Stoffvermittlung in den Klassen 6 bis 12 einige Hinweise dieser Art gegeben. An einigen Beispielen soll hier gezeigt werden, wie im Physikunterricht die Entwicklung der oben geforderten Einsichten gefördert werden kann. Weitere zahlreiche Beispiele sind in der Literatur<sup>22</sup> zu finden. In Klasse 6 werden Eigenschaften von Körpern und Stoffen behandelt, indem zum Bei-

<sup>18</sup> Neuner, G.: Schulpolitische und pädagogische Aspekte der Einheit von Bildung und Erziehung. In „Pädagogik“ 23 (1968), Heft 8/9, Seite 707 ff.

<sup>19</sup> Klaus, G. und Buhr, M.: Philosophisches Wörterbuch, VEB Bibliographisches Institut, Leipzig 1964.

<sup>20</sup> Vgl. dazu: Weltanschauliche Probleme des Mathematik- und Physikunterrichts, Konferenz am Pädagogischen Institut in Güstrow, Konferenzmaterialien. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 7/8, S. 309 ff.

<sup>21</sup> Stuehmer, H.: Mein Beitrag zur Entwicklung sozialistischer Persönlichkeiten durch weltanschauliche Bildung im Physikunterricht, Pädagogische Lesung 1966.

<sup>15</sup> s. Fußnote S. 30

<sup>22</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, Seiten 88 bis 108.

spiel die Aggregatzustände untersucht werden. Die Umwandlungen eines bestimmten Stoffes, so beobachtet der Schüler, erfolgen bei einer festen Temperatur unter gleichbleibenden äußeren Bedingungen (Druck). Daraus muß er begreifen, daß das Verhalten der Körper und Stoffe beim Erwärmen und Abkühlen nicht etwas Übernatürliches ist, sondern daß es nach notwendigen, in den Körpern und Stoffen ablaufenden Veränderungen verläuft, daß die beobachteten Wirkungen auf bestimmten Ursachen beruhen, die der Mensch entdecken, erforschen und praktisch nutzen kann. Daran ändert auch die Tatsache nichts, daß die Teilchen, aus denen die Körper und Stoffe bestehen, den Sinnesempfindungen nicht zugänglich sind. Das gilt auch für physikalische Vorgänge, die statistischer Natur sind und bei denen Aussagen über das Verhalten der Einzelobjekte nicht möglich und oft auch nicht notwendig sind (z. B. radioaktiver Zerfall). Ein weiteres Beispiel ist die Behandlung physikalischer Größen, Gesetze und Modellvorstellungen. Diese sind bekanntlich abstrakte Widerspiegelungen der Wirklichkeit; sie vertreten das reale Objekt in einer Annäherung an die Wirklichkeit. Der Mensch erkennt durch seine wissenschaftliche Arbeit die Natur immer tiefer und besser, spiegelt in Form wissenschaftlicher Aussagen die Natur immer genauer wider. Der Lehrer sollte deshalb beim Einführen solcher Begriffe wie ideales Gas, freier Fall, Lichtstrahl, Punktmasse usw. auf diese Seite der Erkennbarkeit und des Charakters der Abstraktion stets hinweisen. Damit wird den zwangsläufig eintretenden Fehlern begegnet, daß die Schüler Begriff und Sachverhalt identifizieren und daran scheitern, wenn sie feststellen, daß durch ein bestimmtes Gesetz nicht in allen Einzelheiten der wahre Vorgang erfaßt wird (↑ Abschnitt 3.2.1.).

Es ist nicht die Aufgabe des Unterrichts in der allgemeinbildenden Schule, philosophische Verallgemeinerungen zu lehren oder die Schüler mit philosophischen Spezialproblemen vertraut zu machen. Sie sollen vielmehr in Verbindung mit dem fachspezifischen Inhalt des Physikunterrichts ein in seinen Proportionen richtiges System von Vorstellungen, Kenntnissen, Einsichten und schließlich Überzeugungen vom Wesen der Welt sich aneignen. Vom Schüler sollen wesentliche einzelwissenschaftliche und einige allgemeine Zusammenhänge so weit erfaßt werden, daß nach Abschluß der allgemeinbildenden Schule die Möglichkeit besteht, dieses Bild von der Natur, der Gesellschaft und dem Denken zu einem umfassenden wissenschaftlichen Weltbild auszubauen. „Niveau und theoretische Tiefe der weltanschaulich-philosophischen Erziehung werden also durch die stofflichen Möglichkeiten der allgemeinbildenden Unterrichtsfächer auf der jeweiligen Stufe und durch die Notwendigkeit bestimmt und begrenzt, die gesamte philosophisch-weltanschauliche Erziehung in untrennbarem Zusammenhang mit der politisch-ideologischen und schließlich auch der moralischen zu konzipieren und zu realisieren.“<sup>18</sup>

Die weitere Aufgabe im Prozeß der weltanschaulichen Bildung und Erziehung ist es, die Schüler zu befähigen, den Erscheinungen der Natur gegenüber eine bewußt-materialistische Einstellung einzunehmen und in dieser Richtung ihre geistigen Fähigkeiten und Gewohnheiten zu entwickeln. Auch diese Seite der Zielstellung einer weltanschaulichen Bildung und Erziehung im allgemeinbildenden Unterricht hat den Charakter einer Vorbereitung auf einen zu entwickelnden festen dialektisch-materialistischen Standpunkt des jungen Menschen, den er sich durch Erfahrungen im Leben und durch wissenschaftliche Studien aneignet. Dabei ist aber als besonderes Problem zu beachten, daß sich die weltanschauliche Bildung und Erziehung der sozialistischen Schule in einem historischen Zeitraum vollzieht, in dem gleichzeitig reaktionäre Ideologien bzw. Reste bürgerlicher Ideologie wirken. Das rechtzeitige und richtige Erkennen unwissenschaftlicher Auffassungen und die Auseinandersetzung mit ihnen sind wesentlich für eine erfolgreiche weltanschauliche Bildung und Erziehung, die damit ihre politische Bedeutung gewinnt.

<sup>18</sup> s. Fußnote S. 31

Durch planmäßige in den Unterricht einbezogene historisierende und aktualisierende Betrachtungen werden die Zusammenhänge zwischen Fortschritten in naturwissenschaftlicher Erkenntnis, den jeweils bestehenden sozial-ökonomischen Verhältnissen und der Leistung und dem Leben wissenschaftlicher Persönlichkeiten erhellt (↑ Abschnitt 5.2.2.4.). Damit soll den Schülern deutlich werden, daß wissenschaftlicher Fortschritt in enger Wechselbeziehung mit der Entwicklung der Produktivkräfte und der Produktionsverhältnisse steht und daß nur eine optimistische, eine marxistische Einstellung zur Erkennbarkeit der Natur und zur Nutzung ihrer Gesetze dem gesellschaftlichen Fortschritt diene und dienen wird.

#### 2.3.2.2. Linie der polytechnischen Bildung und Erziehung

Die polytechnische Bildung im Physikunterricht erfolgt in erster Linie durch Einführung in wesentliche physikalische Grundlagen der Technik und Produktion und durch Einsichtigmachen des Wechselverhältnisses zwischen Wissenschaft und Technik. Der erste und wesentliche Beitrag des naturwissenschaftlichen Unterrichts zur polytechnischen Bildung und Erziehung besteht „in der Vermittlung tiefer Einsichten und solider Kenntnisse über die naturwissenschaftlichen Prozesse, Begriffe und Gesetzmäßigkeiten“<sup>23</sup>.

Die Schüler sollen „eine hochqualifizierte mathematisch-naturwissenschaftliche Grundlagenbildung erwerben, den Zusammenhang von Naturwissenschaft und Technik begreifen und geübt und gewöhnt werden, mathematisch-naturwissenschaftliche Kenntnisse bei der Lösung technischer Aufgaben anzuwenden“<sup>24</sup>.

Solche Grundlagen, die im Physikunterricht behandelt werden und zum Verstehen technischer Geräte, Anlagen und Prozesse beitragen, sind beispielsweise:

- die Umwandlung und Übertragung von Energie,
- mechanische und elektromagnetische Vorgänge bei Schwingungen und Wellen,
- mechanische, thermische und elektrische Eigenschaften fester, flüssiger und gasförmiger Körper bzw. Stoffe.

Diese physikalischen Zusammenhänge sind zugleich Grundlage moderner Produktion und Technik und bieten eine Vielzahl von Ansatzpunkten, um den Schülern bedeutende volkswirtschaftliche Probleme und Aufgaben in der DDR verständlich zu machen, Als Voraussetzungen, die der Physikunterricht für die Entwicklung technischer Fähigkeiten und Fertigkeiten schafft, sind hervorzuheben:

- Das Vorbereiten (Planen, Organisieren, Aufbauen), Durchführen und Auswerten von physikalischen Versuchen,
- das Messen (nach analogen und digitalen Meßverfahren) einschließlich der Handhabung von Meßgeräten und des Gebrauchs der technisch-physikalischen Einheiten,
- das Anwenden mathematischer Verfahren beim Lösen physikalisch-technischer Aufgaben,
- das Verwenden wissenschaftlicher Literatur (Handbücher, Tabellenwerke u. ä.).

Diese Grundlagen und Vorleistungen werden systematisch in allen Klassenstufen, in denen Physikunterricht erteilt wird, geschaffen.

Der wesentliche Beitrag des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts und damit auch des Physikunterrichts zur polytechnischen Bildung erwächst aus dem Wesenszusammenhang von Naturwissenschaft und Technik, von technischer Anwendung und naturwissenschaftlicher Erkenntnis.<sup>25</sup> Er kann nicht in einer Vielzahl vordergründiger

<sup>23</sup> Dietzel, K.: Die Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den nächsten Jahren beim schrittweisen Aufbau des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), Heft 4.

<sup>24</sup> Frankiewicz, H.: Die neuen Lehrpläne für den polytechnischen Unterricht und Probleme ihrer Realisierung. In „Pädagogik“, 23 (1968), Heft 8/9.

<sup>25</sup> Haspas, K.: Der Experimentalunterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern und seine Beziehungen zur Praxis und zum polytechnischen Unterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 12, S. 521.

technisch-technologischer Einzelbeziehungen zwischen einem physikalischen Gesetz und technischen Geräten und Anlagen bestehen. Diese enge und einseitige „technokratische“ Auffassung von polytechnischer Bildung im Physikunterricht steht der Forderung nach Vermittlung der wissenschaftlichen Grundlagen der modernen Technik und der Vorbereitung auf die Arbeit in der modernen Produktion entgegen. Im Physikunterricht muß dem Schüler einsichtig werden, daß theoretische Kenntnisse, auch wenn sie zur Zeit noch keinen unmittelbar praktischen Bezug zu haben scheinen, bald ihre praktische Bedeutung erlangen, wenn durch ihren bewußten Einsatz bei der Lösung technischer und ökonomischer Probleme optimale Ergebnisse erreicht werden. Damit wird zugleich eine Motivierung für ständiges Lernen gegeben.

Die polytechnische Bildung im Physikunterricht vermittelt einen polytechnischen Gesichtskreis und hat auch eine berufsvorbereitende Funktion (↑ Abschnitt 2.1.). Durch historische Einblendungen in den Unterricht über das Eindringen physikalischer Erkenntnisse in die Produktionsprozesse — besonders im Zusammenhang mit der Mechanisierung, Elektrifizierung und Automatisierung — erkennen die Schüler, daß die moderne Technik aus der gesamten Physik Erkenntnisse nutzt, daß Physik und Technik einander in zunehmendem Maße bedingen. Dem Schüler soll die Einheit von Technik, Ökonomie und Politik auch im Physikunterricht bewußt werden, indem er die Bedeutung wissenschaftlicher Kenntnisse und schöpferischen Denkens und Arbeitens für die Steigerung der Arbeitsproduktivität erkennt und sich in ihm eine bewußte Haltung zum Lernen und Arbeiten herausbildet. Diese Aufgaben der Ausbildung eines polytechnischen Gesichtskreises sind vor allem in den oberen Klassen zu lösen, wenn die Schüler einen bestimmten Umfang physikalischen Wissens und Könnens erworben haben und die Berufsorientierung und -aufklärung erfolgt. Auf Exkursionen (↑ Abschnitt 4.4.) bieten sich günstige Möglichkeiten zur Verwirklichung dieser Aufgaben. Durch die polytechnische Bildung und Erziehung im Physikunterricht erfolgt ein Beitrag zur Erziehung der Schüler zu einer sozialistischen Einstellung zur Arbeit und zu einem aktiven Verhältnis zur Wissenschaft und Technik. Dieses Teilziel kann in enger Verbindung mit der Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten, bei der geistigen Bildung und Erziehung und bei der ideologischen Erziehung und Formung des Charakters realisiert werden.

Insbesondere beim experimentellen Arbeiten sind Sorgfalt, Genauigkeit und Beharrlichkeit Bedingungen, die den Erfolg entscheidend beeinflussen. Auch die Problemfreudigkeit, schöpferische Phantasie, das Streben nach Erkenntnis, die Bereitschaft zum bewußten Einordnen ins Kollektiv und die uneigennütige Hilfe für den anderen Schüler sind Verhaltensweisen, zu denen auch im Physikunterricht erzogen werden kann und muß. Die strenge Sachlichkeit und Exaktheit der Physik in ihren Aussagen und Methoden geben dazu wesentliche Ansatzpunkte. Hierbei ist das schon hervorgehobene Vorbild des Lehrers von entscheidender Bedeutung.

### 2.3.2.3. Linie der geistigen Bildung und Erziehung

Entscheidender Beitrag und Grundlage der intellektuellen Bildung und Erziehung im Physikunterricht sind fundiertes fachliches Wissen und Können der Schüler. Der Prozeß der Aneignung von Kenntnissen und Fähigkeiten muß deshalb so geplant und gesteuert werden, daß sich in ihm die geistige Entwicklung der Schüler vollziehen kann, daß ihre intellektuellen Leistungseigenschaften systematisch gefördert werden.<sup>26</sup> „Die Einheit von Wissenserwerb, geistiger Entwicklung und Erziehung wird in der vom Schüler im Unterricht ausgeübten Tätigkeit realisiert.“<sup>27</sup> Die Bedeutung dieser

<sup>26</sup> Lompscher, J.: Die geistige Entwicklung der Schüler im Unterricht. In: Rationelle Gestaltung der Unterrichtsstunde. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966, Seite 258.

<sup>27</sup> Faust, H. und Wenge, H.: Probleme der Entwicklung geistiger Fähigkeiten der Schüler im Unterricht der Klassen 5 bis 10. In „Pädagogik“, 23 (1968), H. 3, S. 243.

Aufgabe des Unterrichts wird ersichtlich aus der Tatsache des immer breiteren Eindringens wissenschaftlicher Erkenntnisse und Methoden in alle Bereiche des gesellschaftlichen Lebens und der Forderung an jedes Mitglied der sozialistischen Gesellschaft, selbständig weiterzulernen, um schöpferisch mitarbeiten, mitplanen und mitregieren zu können. Im Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem heißt es: „ . . . Die selbständige Aneignung des Bildungsgutes, das logische Denken, die schöpferische Arbeit und das Streben nach ständiger Erweiterung der Bildung und fachlicher Qualifizierung sind systematisch auszubilden . . .“<sup>28</sup>

Damit wird das Denkenlernen und Denkenlehren zu einer zentralen Aufgabe der intellektuellen Bildung und Erziehung.

Welche Formen des Denkens sind im naturwissenschaftlichen Unterricht zu entwickeln (/ Abschnitt 3.2.2.4.) ?

Eine Form ist das *Systemdenken*, das heißt in der Vielfalt der Erscheinungen in der

Natur Ordnungen dadurch zu erkennen, daß Zusammenhänge, Komplexe, Systeme gebildet werden. Die Gestaltung des Unterrichts und der Aufbau des Lehrgangs nach Leitlinien dienen diesem Ziel (↑ Kapitel 3).

Eine andere Form ist das *analytisch-synthetische Denken*. Es zeigt sich in der Entwicklung der Fähigkeit, eine (dem Schüler) neue Erscheinung sachlich zu untersuchen, sie in Beziehung zu bringen mit Bekanntem.

Schließlich kommt es darauf an, das Denken der Schüler stets auch auf die Dynamik in der Entwicklung zu orientieren, die den natürlichen Prozessen eigen ist, die Schüler also auf das Veränderliche und auf das Invariante in Prozessen zu orientieren. Es liegt zur Zeit noch kein geschlossenes System von Zielstellungen der intellektuellen Bildung (einschließlich einer Niveaustufung geistiger Fähigkeiten) für den Unterricht an der allgemeinbildenden Schule vor<sup>27,29</sup>; an seiner Entwicklung arbeitet u.a. eine Forschungsgemeinschaft „Fähigkeitsentwicklung“ an der Karl-Marx-Universität Leipzig. Es kann daher nur ein Überblick über geistige Tätigkeiten gegeben werden, die besonders im Physikunterricht vom Schüler vollzogen werden können, und über Qualitäten, mit denen die Schüler diese Tätigkeiten ausüben sollen.

Der Physikunterricht hat entscheidenden Anteil an der Entwicklung des logischen und dialektischen Denkens der Schüler. Geistige Operationen, die diesem Ziel dienen, sind, beispielsweise:

- Das Vergleichen von physikalischen Erscheinungen und Vorgängen durch Beobachten (Feststellen von Gemeinsamkeiten und Unterschieden),
- das Gliedern von Erscheinungsmerkmalen und das Finden von Beziehungen zwischen ihnen,
- das Abstrahieren des Wesentlichen,
- das Verallgemeinern und Klassifizieren durch Zusammenfassen von Objekten und Prozessen mit gemeinsamen Merkmalen zu Klassen und ihr Bezeichnen durch Begriffe,
- das induktive und deduktive Schließen,
- das Konkretisieren durch Anwenden allgemeiner Aussagen auf neue bzw. konkrete Sachverhalte.

Dabei ist es nicht Aufgabe im Unterricht, einen Exkurs in die Logik und Erkenntnistheorie zu machen; das schließt jedoch nicht aus, den Schülern in geeigneter Weise ihre Tätigkeiten selbst bewußtzumachen, d. h. sie in Methoden wissenschaftlichen Arbeitens einzuführen (↑ Abschnitte 3.1. und 3.2.). Wesentlich für die geistige Bildung ist es aber, auf Grund des untrennbaren Zusammen-

<sup>28</sup> Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem. In „Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik“, Teil I, Nr. 6 vom 25. 2. 1965.

<sup>29</sup> Riehl, W.: Über ein System der geistigen Tätigkeiten und Fähigkeiten im Physikunterricht. In: Rationaler und intensiver Physikunterricht, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 45 ff.

hangs zwischen Sprache und Denken Formen sprachlicher Handlung, den mündlichen und schriftlichen Ausdruck zu üben durch Entwicklung von Fertigkeiten

- im Beschreiben, Schildern, Berichten, Protokollieren und Vortragen,
- im Umgang mit Begriffen, Symbolen, Skizzen und graphischen Darstellungen.

Das, Experimentieren, das Arbeiten mit Büchern, das Anfertigen von Notizen und Protokollen und das Lösen von Aufgaben sind Möglichkeiten, die auch im Physikunterricht dazu dienen sollen, geistige Tätigkeiten der Schüler zu realisieren. Dabei kommt es darauf an, die Sicherheit, Selbständigkeit und Ausdauer der Schüler von Schuljahr zu Schuljahr stetig zu steigern und ihre Einstellung zur geistigen Tätigkeit zu entwickeln.

#### **2.4. Zur Realisierung der Ziele und Aufgaben in der Bildungs- Erziehungsarbeit**

Bei der Realisierung der facheigenen und fachübergreifenden Zielstellungen ist das Wirken pädagogischer Gesetzmäßigkeiten zu beachten. Auf sie wird im einzelnen in den Abschnitten über didaktische Prinzipien (↑ Abschnitt 5.1.2.) und über methodische Grundsätze für den Physikunterricht (↑ Kapitel 1) eingegangen. Weiterhin sei an dieser Stelle besonders auf den Sammelband „Beiträge zur staatsbürgerlichen Erziehung älterer Schüler“<sup>30</sup> hingewiesen, in dem die Aufgaben und Methoden und vor allem Erfahrungen bei der staatsbürgerlichen Erziehung sowohl in der Schule (auch im Physikunterricht) als auch außerhalb der Schule (Jugend- und Kinderorganisation, Familie, Betrieb, Wohngebiet) zusammenfassend dargestellt und auch zum Teil psychologisch interpretiert sind. Als einige Schwerpunkte bei der Realisierung der Ziele und Aufgaben sollen hier hervorgehoben und anschließend erläutert werden (↑ Abschnitt 2.1.):

1. Im Unterricht muß eine Einheit bestehen zwischen wissenschaftlichem Bilden und sozialistischem Erziehen.
2. Der Lehrer muß seine zielstrebige pädagogische Führung bei zunehmend selbständiger Lerntätigkeit der Schüler verwirklichen.
3. Der Lehrer soll optimale Forderungen stellen und die sich entwickelnde Schülerpersönlichkeit achten.
4. Im Physikunterricht muß ein ausgewogenes Verhältnis von Rationalem und Emotionalem angestrebt werden.
5. Die erziehenden und bildenden Maßnahmen sind mit den anderen Unterrichtsfächern zu koordinieren.

*Zu 1.: Im Unterricht muß eine Einheit bestehen zwischen wissenschaftlichem Bilden und sozialistischem Erziehen.*

Der bestehende Zusammenhang zwischen Bildung und Erziehung in Form eines dialektischen Wechselverhältnisses bedeutet nicht, daß sich beide im Selbstlauf vollziehen, daß wissenschaftliches Bildungsgut sozialistische Erziehungswerte unmittelbar nach sich zieht. Das Lehren einer physikalischen Gesetzmäßigkeit, zum Beispiel des radioaktiven Zerfalls, enthält erzieherische Möglichkeiten. Sie müssen in die pädagogische Wirklichkeit überführt werden, indem sie der Lehrer in die Unterrichtsstunde geplant einfügt, so daß sie einem bestimmten Ziel der Persönlichkeitsentwicklung dienen können. Im genannten Beispiel wäre in Klasse 10 auf die Frage der Nutzung radioaktiver Stoffe nur für friedliche Zwecke einzugehen und das Eintreten dafür von Wissenschaftlern, zum Beispiel besonders von Marie Curie, Pierre Curie und Otto Hahn, hervor-

<sup>30</sup> Beiträge zur staatsbürgerlichen Erziehung älterer Schüler. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

zuheben.<sup>31</sup> Diese Bezugnahme würde den Schülern zeigen, daß Entscheidungen über das Verwenden naturwissenschaftlicher Erkenntnisse moralische Entscheidungen sind, die politischen Charakter tragen, daß es also notwendig ist, die eigene politische Haltung dabei zu vertreten und in Handlungen, nicht nur mit Worten, zum Ausdruck zu bringen. Man vergleiche hierzu im Abschnitt 5.2.2. die Ausführungen über die historisierende Methode.

*Zu 2.: Der Lehrer muß seine zielstrebige pädagogische Führung bei zunehmend selbständiger Lerntätigkeit der Schüler verwirklichen.*

„Das Prinzip der führenden Rolle des Lehrers und der Selbsttätigkeit der Schüler zählt zu den grundlegenden Erkenntnissen der marxistischen Pädagogik und ist in hohem Maße für das Wesen des Unterrichts in der sozialistischen Schule charakteristisch.“<sup>32</sup> Die Schüler müssen deshalb bei ihren Handlungen daran gewöhnt werden, selbständig Entscheidungen zu treffen, indem sie Vorschläge hierfür machen, diese erklären und begründen und sich dann danach auch im Handeln richten. Besonders das Experimentieren und das Lösen bestimmter Aufgaben bieten dazu vielfältige Möglichkeiten. „Ohne Selbsttätigkeit der Schüler ist ein echter Lernprozeß nicht möglich.“<sup>33</sup> Der Grad der Selbsttätigkeit erhöht sich von Klassenstufe zu Klassenstufe, wenn der Schüler im Lernprozeß zu einer aktiven Auseinandersetzung mit dem Lehrstoff geführt wird, wenn er sich neue Erkenntnisse an Problemstellungen aneignet, die in angemessener Weise seine geistigen Kräfte fördern. Diese selbständige Tätigkeit ist zugleich auch der beste Weg, ihn zu einer sozialistischen Persönlichkeit zu formen. Der Schüler ist sowohl auf dem Wege des Belehrens und Überzeugens als auch auf dem Wege des Angewöhnens und Übens zum sozialistischen Verhalten und zur Überzeugung von der Richtigkeit seines Handelns zu führen. Sein Verhalten sollte sowohl über seinen Verstand beeinflußt werden als auch durch Schaffen bestimmter emotional-erzieherischer Situationen. Dabei sind das Vorbild des Lehrers und seine parteiliche Haltung mit von Bedeutung.

Entsprechende unterrichtliche Möglichkeiten hängen oft von spezifischen schulischen Bedingungen und aktuellen Ereignissen ab und müssen vom Lehrer selbst erkannt und bewußt genutzt werden. Als Grundbedingung ist die Führung des Lehrers bei der selbständigen Tätigkeit der Schüler anzusehen, nur dann ist sie eine disziplinierte, organisierte, geplante und kontrollierte Tätigkeit.

*Zu 3: Der Lehrer soll optimale Forderungen stellen und die sich entwickelnde Schülerpersönlichkeit achten.*

Die Entwicklung der Persönlichkeit ist ein Prozeß der Überwindung von Widersprüchen zwischen jeweils erreichtem Niveau des Wissens, Könnens und Verhaltens und neuen, höheren Forderungen (↑ Abschnitt 5.1.).<sup>34</sup> Unterforderung kann zur rückläufigen Entwicklung führen; bei Überforderung können die Widersprüche nicht gelöst werden, das Selbstvertrauen beim Schüler sinkt und infolgedessen auch seine Leistung. Optimale Forderungen sind so bemessen, daß der Schüler seine Kräfte voll einsetzen muß. Das setzt voraus, daß der Lehrer das erreichte Niveau kennt, das heißt, es ständig beobachtet und einschätzt, und daß er die Forderungen systematisch erhöht. Unter allen naturwissenschaftlichen Fächern wird der Physikunterricht von Schülern oft als „schwer“ bezeichnet, besonders von Schülerinnen. Dem muß der Lehrer Rechnung tragen. Gerade Physik muß anschaulich und erlebnisbetont, folgerichtig und verständlich unterrichtet werden. Der Gegenstand des Physikunterrichts bietet dafür gute Möglichkeiten, aber es erfordert hohes fachliches und methodisches Wissen und

<sup>31</sup> Vgl. dazu Lehrbuch Klasse 9, Vorbereitungsklassen (1967), S. 112.

<sup>32</sup> Klingberg, L. n. a.: Abriß der Allgemeinen Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 123.

<sup>33</sup> Klingberg, L. u. a., a. a. O. S. 124.

<sup>34</sup> Siehe dazu auch Danilow, M.: Über den Unterrichtsprozeß in der, sowjetischen Schule. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963, S. 48ff.

Können vom Lehrer. Er muß die Leistungen und das Bemühen jedes Schülers entsprechend erkennen und anerkennen, aber auch Schwierigkeiten nicht zu umgehen versuchen und Erfolgserlebnisse schaffen. Eine teilweise Differenzierung des Unterrichts im Interesse der Förderung spezieller Fähigkeiten, Begabungen und Talente ist eine weitere Maßnahme zur allseitigen Entwicklung jedes Schülers<sup>35,36</sup> (↑ Abschnitt 3.4.2.). Jede pädagogische Maßnahme, die auf einen einzelnen Schüler gerichtet ist, wirkt sich auf das Klassenkollektiv aus und umgekehrt. Deshalb ist das Kollektiv als Mittel allseitiger Bildung und Erziehung jedes Schülers zu nutzen.

*Zu 4.: Im Physikunterricht muß ein ausgewogenes Verhältnis von Rationalem und Emotionalem angestrebt werden.*

Im Physikunterricht, wie überhaupt im mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterricht, bestimmen logische Schlüsse und strenge Beweisführung den Charakter dieses Unterrichts. Das birgt die Gefahr der Einseitigkeit in sich, indem lediglich mit rationalen Mitteln gebildet und erzogen wird und nicht alle Anlagen der Schüler gleichermaßen angesprochen werden. Die Entwicklung des Gefühls und Gemüts erfordert, auch die emotionale Seite so zu beachten, daß rationale und emotionale Einwirkungen erfolgen.

Der komplexe Charakter des Unterrichtsprozesses erfordert, daß Verstand, Gedächtnis, Gefühl und Wille des Schülers den Zielen gemäß gefördert und gelenkt werden. Das zunehmend selbständige Lernen des Schülers und seine Ausdauer dabei, das Überwinden von Schwierigkeiten, Genauigkeit, Ordnung und Sauberkeit beim Experimentieren sind Möglichkeiten, um über alle psychischen Bereiche die charakterlichen und sittlichen Qualitäten zu entwickeln. Auch durch das gelegentliche Einblenden von Schilderungen über das Arbeiten und die Lebensschicksale von Physikern kann durch emotionale Momente der Unterricht belebt werden.

*Zu 5.: Die erziehenden und bildenden Maßnahmen sind mit den anderen Unterrichtsfächern zu koordinieren.*

Die Erfolge in der Bildungs- und Erziehungsarbeit im einzelnen Unterrichtsfach hängen vom einheitlichen Vorgehen in allen Unterrichtsfächern ab. Bei der Lehrgangsplanung steht dieses Problem mit im Mittelpunkt; der Lehrer muß durch Einblicknahme in die Lehrpläne der anderen Fächer, durch Austausch seiner Vorbereitungsunterlagen (↑ Kapitel 8) mit denen anderer Lehrer und durch Aussprachen mit diesen auch fachliche und methodische Einzelheiten zu koordinieren versuchen.

Von der gleichen großen Bedeutung ist es auch, die Erziehungsarbeit zu koordinieren. Nur wenn pädagogische Maßnahmen einheitlich vom gesamten Lehrerkollektiv ausgehen und konsequent realisiert werden, führen sie zum optimalen Erfolg. Auf die Verbindungen zu den außerschulischen Einflüßbereichen, die zu beachten sind, wurde bereits verwiesen (↑ Abschnitte 2.3.1. und 4.5.).

<sup>35</sup> Berndt, L.: Begabungsdiagnose im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 2.

<sup>36</sup> Berndt, L.: Die Förderung spezieller Begabungen im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 6 und 7/8.

### 3. Das Bildungsgut des Physikunterrichts

#### 3.1. Zum Inhalt des Unterrichts und zur Bedeutung des Lehrplans

Der Inhalt des Unterrichts, das Bildungsgut, ist für die allgemeinbildende polytechnische Oberschule in einem staatlichen Dokument, dem Lehrplanwerk, fixiert und dient den Zielen, die der Bildungs- und Erziehungsarbeit an der Schule von der Gesellschaft gestellt sind. Der Fachlehrplan Physik des Lehrplanwerks für die Klassenstufen 6 bis 10 und 11 bis 12 enthält die obligatorischen Angaben zur Gliederung, zum Umfang und zur zeitlichen Verteilung des Unterrichtsstoffs auf die einzelnen Klassen und gibt Richtlinien für eine wissenschaftliche und parteiliche Gestaltung und Führung des Unterrichts. Er orientiert den Lehrer insbesondere auf die spezifischen Ziele und Aufgaben des Fachunterrichts in Physik bei der Erziehung allseitig entwickelter Persönlichkeiten. Der Lehrplan ist die gesetzliche Grundlage, die den Lehrer verpflichtet, die in ihm festgelegten Aufgaben qualitativ und quantitativ zu erfüllen. Der Erfolg der Tätigkeit des Lehrers wird daran gemessen, in welchem Grade er mit allen Schülern die Lehrplanziele erreicht hat.

Die hauptsächlichsten Kriterien der Auswahl des Bildungsgutes ergeben sich aus seiner Funktion als Gegenstand der Aneignung durch die Schüler, als sachliche Grundlage und als Mittel der allseitigen Entwicklung der Schülerpersönlichkeit. Prinzipien für die Bestimmung von Inhalt und Systematik des grundlegenden Bildungsgutes des Physikunterrichts hat Plötz versucht anzugeben.<sup>1</sup>

Das Bildungsgut des Physikunterrichts soll in erster Linie dazu dienen, die Schüler systematisch einzuführen

- in wesentliche Teilgebiete der Physik,
- in grundlegende Begriffe, Gesetze und Theorien der Physik,
- in Grundelemente ihrer Anwendung in der Praxis, besonders in der Technik,
- in die historische Entwicklung der Physik und ihre Bedeutung für die anderen Naturwissenschaften.

Unter Bildungsgut wird allgemein das verstanden, was der Schüler im Prozeß seiner Bildung und Erziehung im Unterricht sich aneignet. Es umfaßt im einzelnen neben Kenntnissen auch intellektuelle Fähigkeiten und Komponenten, die das Handeln und Verhalten der Persönlichkeit in wichtigen Lebensbereichen bestimmen. Zum auszuwählenden Bildungsgut gehören daher auch einzelne Methoden und Verfahren des naturwissenschaftlichen Denkens und Arbeitens, Regeln und Techniken theoretischer und praktischer Tätigkeit, die sowohl in der Physik als auch in den anderen Naturwissenschaften angewandt werden (↑ Abschnitt 3.2.2.1.). Nicht zuletzt gehören bestimmte Erkenntnisse und Einsichten zum Bildungsgut, die die Haltung und die Überzeugungen des sozialistischen Staatsbürgers bestimmen (↑ Abschnitte 2.3. und 2.4.). Diese Breite und Tiefe, die bei der Auswahl des Bildungsgutes notwendig ist, kann zur Lehrplanfülle führen. Deshalb ist das Finden einer optimalen Stoff-Zeit-Relation das Grundproblem praktischer Lehrplangestaltung und -realisierung. Die Auswahl des Bildungsgutes, wie es für den Physikunterricht in neuen Lehrplänen

<sup>1</sup> Plötz, R.: Grundlegendes Bildungsgut der Physik — Versuch einer Klärung des Begriffs. In „Pädagogische Forschung“, 6 (1965), Nr. 4/5.

gegenwärtig vorliegt, soll, soweit als möglich den genannten Kriterien folgend, das wissenschaftlich gesicherte Optimum anstreben. In der Auswahl und Darstellung wurde versucht, in den einzelnen Klassenplänen der Funktion des Bildungsgutes entsprechend zwischen Erscheinungen, Größen, Gesetzen und Theorien und den Denk- und Arbeitsverfahren zu unterscheiden und sie in jedem Lehrstoffabschnitt eindeutig anzugeben. Es bleibt aber immer Aufgabe der praktischen, schöpferischen Tätigkeit des Lehrers, diese im Lehrplan fixierte und in ein geschlossenes, logisches Ganzes gebrachte Auswahl pädagogisch-methodisch aufzubereiten. Die dem Bildungsgut innewohnenden Bildungs- und Erziehungswerte sind freizulegen und für die Persönlichkeitsentwicklung nutzbar zu machen.<sup>2</sup> Das kann und muß aber unter den jeweiligen spezifischen Bedingungen der Klasse und Schule erfolgen, unter Beachtung aktueller, der Praxis, dem Leben zu entnehmender Beziehungen, Motivierungen und durch Schaffung von Problemsituationen, die der Schüler auch oftmals selbst in die Unterrichtsstunde bringt.<sup>3</sup> Dadurch kann in bestimmtem Maße die vorgegebene Auswahl an Lehrstoff ergänzt oder abgerundet werden auf Grundlage einer vom Lehrer selbst verantwortungsbewußt vorgenommenen Auswahl (Ergänzungswissen). Sie unterliegt aber dem Zweck, den im Lehrplan fixierten Lehrstoff (das Grundwissen) und damit die Ziele und Aufgaben des Physikunterrichts zu realisieren.

### 3.2. Fragen der Auswahl und Systematisierung des Bildungsgutes

Das Bildungsgut verändert sich mit den Forderungen, die die Gesellschaft an die Bildung und Erziehung stellt. Ein besonders deutlicher Umstrukturierungsprozeß für die sozialistische Schule in der DDR hat in den letzten Jahren mit der Fixierung eines neuen Lehrplanwerks einen vorläufigen Abschluß erhalten. Es zeichnet sich jedoch bereits ab, daß eine weitere Etappe der Neugestaltung des Bildungsgutes zu gegebener Zeit in Angriff genommen werden muß. Um deren Anzeichen verstehen und unterstützen zu können, ist es notwendig, bestimmte Prinzipien zu betrachten. Sie werden vorerst als logische Konsequenzen der in den vorstehenden Abschnitten genannten Grundforderungen erkennbar: Damit das erforderliche Grundwissen und -können herausgearbeitet werden kann, muß das gesamte Bildungsgut zunächst in „Bildungselemente“ aufgelöst werden, d. h. in kleine Informationsgruppen, die sich jeweils unter einem Stichwort zusammenfassen lassen. Dieses Stichwort ist dann ein tragender Begriff, die einzelnen Informationen seine Merkmale. Dabei ist zu prüfen, welche der Informationen zum Erreichen eines bestimmten Bildungs- oder Erziehungszieles notwendig und welche entbehrlich sind. Durch eine derartige Analyse kann und muß das Bildungsgut von „Ballast“ befreit werden; nicht die Mitteilung vielfältiger Einzelheiten, sondern der strenge Zuschnitt auf einen bestimmten, dafür aber lückenlosen Gedankengang ist anzustreben.

Die für die physikalische Schulbildung und für die mit ihr verbundene Herausbildung von Persönlichkeitsqualitäten als wesentlich erkannten Begriffe und ihre Merkmale werden anschließend in zweckmäßigen Zusammenhängen erfaßt und systematisiert. Dieses Verfahren, auf das Fachwissenschaft, sozialistische Pädagogik und Schulpraxis in gleicher Weise Einfluß nehmen, ist allem Anschein nach ein sicheres Mittel, um in Zukunft den optimalen Lehrplan, die gleichmäßige Informationsdichte der Unter-

<sup>2</sup> Drefenstedt, E.: Inhalt und Wesen der neuen Lehrpläne und Grundforderungen an die Unterrichtsgestaltung. In „Pädagogik“, 23 (1968), H. 8/9.

<sup>3</sup> Weck, H.: Selbständiges Problemerkennen und Problemlösen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

richtsstunden, die Funktion der Unterrichtsmittel und daraus folgend ihre Gestaltung und die Wechselbeziehungen zwischen den Unterrichtsfächern eindeutig festzulegen.

### 3.2.1. *Physikalische Begriffe*

*Ein Begriff ist die gedankliche Widerspiegelung des Wesens einer Klasse von Gegenständen oder Prozessen der objektiven Realität. Er läßt sich in einfachen Fällen durch ein Wort, im allgemeinen durch eine Reihe von Aussagen wiedergeben. Diese Aussagen sind die Merkmale des Begriffs.*

Im täglichen Sprachgebrauch wird das Wort „Begriff“ noch vielfach unzutreffend angewandt. Auch in der Physik und ihrer Methodologie wird es mitunter falsch verwendet: Gegenüberstellungen wie „Begriffe und Größen“ u. ä. widersprechen den psychologischen und formallogischen Definitionsbestrebungen, wonach ja gerade die Größen eine besonders wichtige Gruppe physikalischer Begriffe sind. Da Begriff und Begriffsbildung für die Methodik des Physikunterrichts an Bedeutung gewinnen werden, ist hier eine Klarheit unerlässlich.

In Anlehnung an die eingangs gegebene Definition umfaßt das Begriffssystem, das die Schüler durch den Physikunterricht aufnehmen, in seinen wesentlichen Teilen speichern und möglichst vielseitig nutzen sollen, die folgenden Begriffsgruppen:

1. Grundlegende physikalische Erscheinungen und Größen, Gesetze, Prozesse und Zustände, Gegenstände (Unterrichtsmittel) zur Erkenntnisfindung oder -anwendung,
2. spezifische Denk- und Arbeitsverfahren zur Aneignung, Anwendung und Vermehrung physikalischer Kenntnisse, Theorien und Systemdarstellungen als Ergebnisse dieser Arbeitsverfahren,
3. positive Verhaltensweisen und dazu führende Motivationen.

Diese Begriffsgruppen stehen auf unterschiedlichen Abstraktionsstufen. Physikalische Gesetze und Prozesse drücken in erster Linie Relationen zwischen Begriffen (in diesem Fall: Größen oder Erscheinungen) aus. Soweit sie jedoch für den Schüler als Grundwissen wichtig sind, werden sie mit einem Wort oder einer Wortkombination bezeichnet und sind damit selbst zu Begriffen geworden. Dasselbe kann auch zu den anderen Begriffsgruppen festgestellt werden: Alle Begriffe des Grundwissens sind in Stichworten erfaßbar, die für die Schüler verständlich gemacht werden müssen. Lernen ist im wesentlichen ein Aneignen und Anwenden von Begriffen. Während jedes Denkprozesses wird das in Begriffen gespeicherte Wissen in einer kombinierten Analyse und Synthese umstrukturiert.<sup>4,5</sup> Beim Lernprozeß ist mit dieser Umstrukturierung eine Anlagerung neuer Begriffe verbunden. Darum ist für das Lernen sowohl ein zielsicheres analytisch-synthetisches Denkvermögen als auch ein zuverlässiges Gedächtnis zur Aufbewahrung eines Grundbestandes an Begriffen notwendig. Keine dieser beiden Voraussetzungen darf zu kurz kommen: Wenn der Schüler neue Begriffe vor behaltlos speichert, ohne sie hinreichend zu analysieren, d. h. ohne zu denken, dann kann er sie auch nicht in ein System einfügen, das sein Gedächtnis entlasten hilft. Die Menge der zu bewältigenden Begriffe wirkt dann unübersehbar groß, das mechanisch angelernte Wissen ist nur begrenzte Zeit anwendungsbereit.

Es wäre jedoch auf der anderen Seite falsch, dem Schüler zu gestatten, daß er alle Begriffe grundsätzlich den Nachschlagewerken entnimmt. Dann entfielen für ihn der Denkprozeß, durch den er ja das Wesen der Begriffe erst erfassen kann.

<sup>4</sup> Rubinstein, S. L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung.

<sup>5</sup> Probleme der Lerntheorie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

Es ist vielmehr eine Synthese anzustreben: Die erste der drei oben genannten Begriffsgruppen umfaßt die Begriffe, von denen der Schüler eine Auswahl ins Gedächtnis aufnehmen soll. Sein physikalisches Wissen darf sich jedoch nicht darauf beschränken. Er benötigt die Begriffe der zweiten und dritten Gruppe, um mit denen der ersten Gruppe arbeiten zu können. Damit wird dem Wissen das Können zugefügt, und der heranwachsenden Persönlichkeit werden Wege für ihr Handeln gewiesen. In der vergangenen Zeit wurde die Funktion der letzten beiden Begriffsgruppen oft unterschätzt. Man begnügte sich bei der Systematisierung des physikalischen Bildungsgutes mit den Begriffen der ersten Gruppe. Zweifellos muß eine Systembildung an dieser Stelle beginnen. Dazu existieren einige Vorschläge aus der Sicht des Wissenschaftlers (siehe z. B. Wallot<sup>6</sup>, Westphal<sup>7</sup>, Schütte<sup>8</sup>). Allerdings lassen sich die auf einer hohen Abstraktionsstufe getroffenen Vereinbarungen über die Ordnung physikalischer Begriffe erst nach einem verhältnismäßig tiefen Eindringen in die Begriffswelt der Physik erfassen. Selbst dem Schüler der Oberstufe werden sie z. T. unverständlich oder mindestens unnötig kompliziert erscheinen.

Das Einbeziehen der Begriffe der zweiten und dritten Gruppe in das Bildungsgut des Physikunterrichts entspricht den Forderungen Thießens: In Zukunft wird der fachspezifische Wissensstoff immer mehr als Bildungsmittel verwendet werden. Bildungsziel dagegen ist die Methode, Wissen zu erwerben, es anzuwenden und zu mehren. Damit ist zu erwarten, daß „zum Beginn des neuen Jahrtausends dynamisches Können an Stelle statischen Wissens Norm und Regel sein werden“.<sup>9</sup>

Erste Elemente des „dynamischen Könnens“ (im Sinne des Zitats ein Terminus für bestimmte Fähigkeiten des Transferierens) sind bei der Systematisierung physikalischer Begriffe zu üben. Ist eine *physikalische Größe* einzuordnen, dann gewinnt man neue Erkenntnisse durch

- Über- bzw. Unterordnung gegenüber bekannten Begriffen (z. B. Unterordnung der Wärme unter den Oberbegriff Energie),
- Vergleich der Merkmale mit denen anderer Begriffe (begriffliche Analogien, Anwendung von Leitlinien (/ Abschnitt 3.2.2.)),
- Analogiebetrachtungen gegenüber bekannten Zuordnungen (Systemanalogien).

Ist die Aussage eines *physikalischen Gesetzes* zu erarbeiten, dann wird das unterstützt durch

- Analyse des funktionellen Zusammenhangs zwischen den Größen,
- willkürliches Konstanthalten einzelner Größen des Gesetzes,
- Betrachtung mathematischer Analogien,
- Untersuchung der zeitlichen und räumlichen Änderung des zum Gesetz gehörigen Prozesses,
- Bestimmung des Gültigkeitsbereiches des Gesetzes usw.

Bezieht sich der Ausgangsbegriff auf einen *physikalischen Prozeß*, dann wird dieser genauer erfaßt und mit dem System der Grundbegriffe verbunden durch

- Analyse des kausalen Zusammenhangs,
- Zurückführung auf vereinfachte Modellfälle,
- Anwendung der für Modellfälle gültigen Gesetze auf die konkrete Erscheinung usw.

Grundlegende Gesetze und Prozesse zeichnen sich oft dadurch aus, daß sie in den genannten Operationen eine besonders große Variationsbreite bieten. Da an solche Be-

<sup>6</sup> Wallot, J.: Größengleichungen, Einheiten und Dimensionen. J. A. Barth Verlag, Leipzig 1957.

<sup>7</sup> Westphal, W. H.: Die Grundlagen des physikalischen Begriffssystems. Verlag F. Vieweg u. Sohn, Braunschweig 1965.

<sup>8</sup> Schütte, W.: Das Begriffssystem der Physik, Lehrbrief für das Fernstudium der Lehrer. Pädagogische Hochschule Potsdam, 1966.

<sup>9</sup> Thießens, P.-A.: Einige Fragen der Bildung im Zusammenhang mit der Entwicklung von Wissenschaft und Technik. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 5.

griffe fast in jeder Richtung neue Gedankengänge angeschlossen werden können, spricht man von Knotenpunkten in einem Netzwerk des Wissens, bei dem die Verbindungsfäden durch typische Denkverfahren gebildet werden. Die genannten Denkverfahren bilden nur einen kleinen Ausschnitt aus den denkbaren Möglichkeiten. Eine besonders wichtige Gruppe wird im folgenden System der *Leitlinien* vorgestellt werden. Durch zweckmäßige Gestaltung des Physikunterrichts ist zu erreichen, daß die erwähnten Denkoperationen an der entsprechenden Stelle des Lernprozesses vom Schüler bewußt durchgeführt werden. Die Bildung physikalischer Begriffe im Unterricht ist ein sehr wesentliches methodisches Problem. Durch den Anschluß des „physikalischen Begriffs“ an den „Begriff“ der formalen Logik werden auch die logischen Definitionsverfahren an Bedeutung für den Lernprozeß gewinnen. Es ist notwendig und richtig, in geeigneten Stoffgebieten den Schülern vor Augen zu führen, wie ein Begriff geprägt wird:

- Er kann z. B. generalisierend aus Einzelgegenständen gewonnen werden.
- Durch Vergleich und Differenzierung kann ein Begriff anderen Begriffen gegen übergestellt und dadurch abgegrenzt werden.
- Durch Klassifikation kann der Umfang eines Oberbegriffs aufgegliedert werden.
- Mitunter ist es zweckmäßig, für eine bestimmte Erscheinung einen Begriff einfach festzulegen.

Weitere Möglichkeiten der Begriffsdefinition bzw. definitionsähnlicher Verfahren nennt Klaus<sup>10</sup>. Im Grunde führen alle im Abschnitt 5.2. genannten Methoden zur Bildung von Begriffen oder mindestens zur Erkenntnis von Aussagen, die als Merkmale von Begriffen gelten können.

Denkverfahren, die innerhalb einer Unterrichtsstunde einen gewissen Abschluß erhalten, sind am leichtesten zu überschauen und bereits methodisch untersucht. Sie sind jedoch nicht die Regel. Alle wichtigen Begriffsbildungen im Unterricht sind Prozesse, die sich oft über Jahre erstrecken. Dabei werden die Begriffe, wie auch in <sup>11</sup> und <sup>12</sup> erläutert wird, schrittweise erweitert, indem die Merkmale nacheinander „angelagert“ werden. Selbstverständlich darf nicht der Eindruck eines Fragments entstehen; nach jeder Erweiterung des Begriffs muß dem Schüler eine vorläufig abgerundete Begriffserklärung vorliegen, mit der er bereits arbeiten kann. Sind im Laufe der Zeit genügend Aussagen zu einem Begriff gesammelt worden, dann können sie gesichtet und an ihre Stelle eine Definition gesetzt werden.

Diese systematische Anreicherung der Begriffe mit Merkmalen erfordert eine besondere Planung, denn jedes Merkmal muß sich ja an die vorherigen logisch anschließen. Dieser Entwicklungsgang ist im Physikunterricht bisher am deutlichsten für den Begriff „Energie“ verwirklicht: Ausgehend von den Formen der mechanischen Energie werden Umwandelbarkeit und Erhaltung auf die besonderen Formen der Wärme und der elektrischen Energie übertragen. Schließlich rundet die Gegenüberstellung mit dem Begriff „Stoff“ das Bild ab.

Sehr häufig haben solche Entwicklungslinien fachübergreifenden Charakter, besonders wenn die Begriffe aus dem naturwissenschaftlich-technischen Bereich stammen. Dabei können der Werk- oder Schulgartenunterricht (in Zukunft vielleicht auch ein propädeutischer naturwissenschaftlicher Unterricht) den ersten Anstoß zur Begriffsbildung geben. So wird z. B. der Kraftbegriff zunächst anthropomorph vom Schüler erfaßt. Dabei kann jedoch schon festgestellt

<sup>10</sup> Klaus, G.: Einführung in die formale Logik. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1959.

<sup>11</sup> Haspas, K.: Einige erkenntnistheoretische Fragen des naturwissenschaftlichen Experimentalunterrichts. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4.

<sup>12</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

<sup>13</sup> Voigt, H.: Probleme der gemeinsamen Begriffsbildung im Physikunterricht und im polytechnischen Unterricht. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 7/8.

werden, daß Kräfte die Körper deformieren oder ihren Bewegungszustand ändern. Dem Physik Unterricht bleibt es dann vorbehalten, die Größe „Kraft“ von der physischen Tätigkeit zu lösen und allgemein zu erklären.<sup>13</sup>

Die bereits erwähnten Leitlinien des Physikunterrichts begünstigen ein derartiges allseitiges Erfassen wichtiger Begriffe. Darum soll im folgenden auf ihre Struktur näher eingegangen werden.

### 3.2.2. Leitlinien für die Anordnung des Lehrstoffes

#### 3.2.2.1. Das System der Leitlinien

Die Gesamtheit der Kenntnisse in der Wissenschaft Physik wächst ständig und exponentiell. Dieses Wachstum wird vorwiegend durch äußere Einflüsse bestimmt, so daß es schwerfällt, die verschieden weit differenzierten Zweige der Physik in einem einheitlichen System zu sehen. Hinzu kommt, daß oft sehr willkürlich eine Trennlinie zwischen physikalisches und technisches Bildungsgut gelegt wird, die einzelne Teilgebiete der Physik verkümmern läßt. Es ist darum sehr schwer, den Schülern ein System der physikalischen Begriffe zu vermitteln, wenn man sich allein an die traditionelle Gliederung in die Zweige Mechanik, Optik, Elektrik usw. hält.

Auch die vereinfachte Darstellung dieser Teilgebiete der Physik im Unterricht trägt wenig dazu bei, den Schülern den Eindruck eines geschlossenen Systems zu vermitteln. Es ist darum notwendig, nach neuen Systematisierungsprinzipien für den Unterrichtsstoff des Faches Physik zu suchen. Seit einigen Jahren ist es üblich, zu diesem Zweck dem Stoff bestimmte *Leitlinien* zuzuordnen, die eine zweckmäßige Gestaltung des Unterrichts in verschiedenen Ebenen gestatten:

- Die Leitlinien stellen das Motiv für immer wiederkehrende Gedankengänge dar, nach denen physikalische Begriffe analysiert und bewertet werden. Dabei lassen sich die Begriffe des Grundwissens von denen des Ergänzungswissens abtrennen.
- Das Verfahren der Analyse und Bewertung neu gewonnener Begriffe ist ähnlich den Denkverfahren, durch die in der physikalischen Forschung neue Erkenntnisse gewonnen und dem System bekannter Begriffe angefügt werden. Die Schüler werden darum auf die für die Physik als Wissenschaft typischen Denk- und Arbeitsverfahren hingewiesen, die zum Lehrstoff zu rechnen sind (↑ Abschnitt 3.1.).
- Die Lenkung bestimmter Denkvorgänge durch Verwendung von Leitlinien entlastet das Gedächtnis der Schüler. Die Einzelfakten werden durch Analogieschlüsse mit einander zu Teilsystemen verknüpft. Wir haben es hier mit besonders markanten Formen der dynamischen Arbeit mit Begriffen zu tun.

Der für die künftige Unterrichtsgestaltung sicher sehr fruchtbare Begriff der Leitlinie wird zur Zeit noch verschieden verwendet und motiviert. Ein System von vier Leitlinien schlägt Mader vor, durchaus in Übereinstimmung mit dem System der Bildungs- und Erziehungslinien, die in den Abschnitten 2.2. und 2.3. erläutert werden:

- „1. Linie der Erkenntnis der physikalischen Struktur der Materie und ihrer Bewegung (Stoff, Feld, Teilchen, Quant, . . . Energie, Impuls, . . . Schwingung, Welle, . . .)
2. Linie des Eindringens in die Methode der physikalischen Wissenschaft (Beobachtung, Messung, Experiment, . . . Begriffsbildung, Hypothese, Theorie, . . . Modell, . . .)
3. Linie der Entwicklung der geistigen Fähigkeiten durch Erhöhung des intellektuellen Anspruchsniveaus im Unterricht
4. Linie der harmonischen Ausbildung der Persönlichkeitsqualitäten durch Ansprechen und Aktivieren der Gesamtpersönlichkeit des Schülers.“<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Mader, O.: Zu einigen Fragen der Weiterentwicklung des Physikunterrichts in der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 9.

Diese Gedankengänge haben eine dreifache Funktion: Sie dienen in erster Linie der Gliederung und Akzentuierung des Bildungsgutes im Lehrplan und in den damit zusammenhängenden Folgematerialien (Lehrbücher, Unterrichtshilfen, Erläuterungen in der Fachliteratur). Dabei nimmt die fachübergreifende Bedeutung von oben nach unten zu. Die Leitlinien müssen jedoch vom Lehrer erkannt, verstanden und im Unterricht selbst realisiert werden. Damit werden sie zu methodischen Richtlinien für den Lehrer.

Die Gestaltungstätigkeit des Lehrers ist aber nur dann sinnvoll, wenn sie entsprechende bewußte Gedankengänge beim Schüler auslöst. Insofern bildet das von Mader angegebene System den Rahmen für Grundsätze des Lernens und der selbständigen Persönlichkeitsentwicklung.

Wir schließen uns in den folgenden Bemerkungen der Gliederung Maders an, die auch in den Lehrplänen berücksichtigt wurde. Die Nummerierung verdeutlicht die Systematik.

### 3.2.2.2. Leitlinien zur Erkenntnis der Struktur der Materie und ihrer Bewegung (1)

Eine erste Gruppe von Leitlinien soll zu einer tieferen Erkenntnis der Struktur der Materie führen, d. h. zur Erkenntnis dessen, was früher im engeren Sinne als Stoff des Physikunterrichts angesehen wurde. Dazu gehören die Leitlinien:

- 1.1. Interpretation physikalischer Erscheinungen durch Betrachtung der Teilchenstruktur,
- 1.2. energetische Betrachtung physikalischer Vorgänge,
- 1.3. Verwendung des Feldbegriffs.<sup>15</sup>

(Ähnliche Leitlinien gelten auch für andere Unterrichtsfächer, um die Struktur der Materie und ihrer Bewegung zu erkennen.)

Die Leitlinien setzen im Unterricht nacheinander ein, jeweils nachdem der zur Leitlinie gehörende Grundbegriff als „Knotenpunkt des Wissens“ eingeführt worden ist. Den Zeitplan dafür gibt Bild 1 wieder.

Klasse	6	7	8	9	10
Struktur					
Energie					
Feld					

Bild 1 Zeitliches Einsetzen der Leitlinien

Eine dieser Leitlinien auf ein Unterrichtsthema anwenden, heißt zu untersuchen, ob Merkmale des Leitlinienbegriffs als Merkmale der jeweils betrachteten Begriffe aufzutreten. Dazu ist zunächst notwendig, die Aussagen des Leitlinienbegriffs zusammenzustellen, die ja im Unterricht erst erarbeitet werden müssen, ehe man auf sie zurückgreifen kann. Für die Leitlinie der Strukturbetrachtung der Körper (1.1.) sind dies:

- Die Teilchen sind so klein, daß man sie nicht mit dem Mikroskop erkennen kann.
- Um sich das Verhalten der Teilchen vorstellen zu können, muß man Gedankenmodelle verwenden.
- Nach dem einfachsten Modell stellt man sich die Teilchen sehr klein und kugelförmig vor.
- Die Teilchen aller Körper befinden sich in ständiger Eigenbewegung.
- Die Bewegungen der Teilchen werden mit wachsender Temperatur schneller.

<sup>4</sup> Wehner, R.: Über den Einsatz von Leitlinien beim Unterricht nach den präzisierten Lehrplänen. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 6.

- Die Teilchen üben Anziehungs- und Abstoßungskräfte aufeinander aus.
- Bei einem mittleren, temperaturabhängigen Abstand der Teilchen voneinander sind die Kräfte im Gleichgewicht.
- Die Teilchen sind häufig Träger der elektrischen Ladung.
- Zu den Teilchen zählen Elektronen, Atome, Moleküle, Ionen.

Zur Interpretation physikalischer Vorgänge wird der Teilchenbegriff verwendet, wenn eine der genannten Aussagen zur Erklärung besonders geeignet erscheint. Dabei wird gleichzeitig der Strukturbegriff ständig erweitert und vertieft: Bei der Behandlung der Zustandsgrößen der Gase werden Druck und Temperatur auf das Teilchenverhalten zurückgeführt; bei den Leitungsvorgängen werden die elektrischen Eigenschaften der Teilchen genauer erfaßt usw.

Bereits in Klasse 6 führt die Leitlinie der Strukturbetrachtung zu einer veränderten Stoffsystematik. Nach dem früheren Lehrplan wurden einige Anfangstatsachen aus verschiedenen Teilgebieten der Physik behandelt, soweit sie in qualitativer Form faßlich waren. Da die klare und eindeutige quantitative Formulierung in allen Teilgebieten erst später nachgeholt werden mußte, erhielt der Physikunterricht in Klasse 6 einen propädeutischen Charakter.

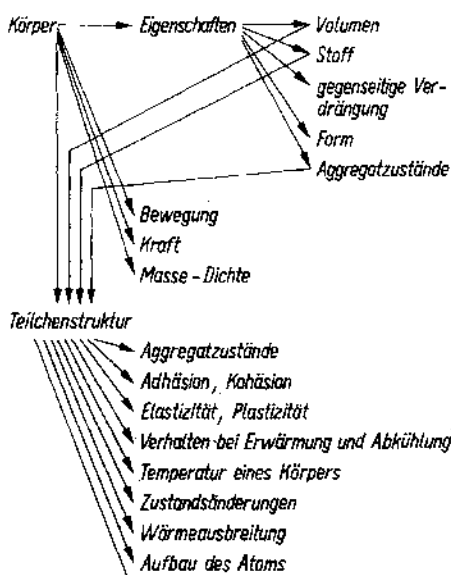


Bild 2 Ableitung der Grundbegriffe für die Teilchenvorstellung

Wenn z. B. das Verhalten der Teilchen erwähnt wurde, dann waren das Randbemerkungen. Nach dem neuen Lehrplan wird das Verhalten der Teilchen beim Aufbau fester, flüssiger und gasförmiger Körper in den Mittelpunkt gestellt. Das ist dem Schema der Schlüsselbegriffe in Bild 2 zu entnehmen. Es werden vom konkreten Begriff „Körper“ alle Grundbegriffe abgeleitet, die für die Teilchenvorstellung wertvoll sind. Ist diese Vorstellung gebildet, dann wird jeder neue Begriff mit ihrer Hilfe untermauert und gefestigt.

Um den Teilchenbegriff von vornherein hinreichend vollständig zur Verfügung zu stellen und in der erwähnten Weise mit Merkmalen anreichern zu können (↑ Abschnitt 3.2.1.), wurde bereits in Klasse 6 der Aufbau des Atoms behandelt.

Auch die Chemie baut auf Vorstellungen vom Atom auf. Angesichts dieser Tatsachen ist es unumgänglich, daß der Atomaufbau in Klasse 6 in präziserer Weise als bisher behandelt wird.<sup>16</sup> In Klasse 7 soll dem Schüler die Anwendung der Leitlinie (1.2.) gezeigt werden.

Darum wird z. B. nach einer Wiederholung des

Kraftbegriffs sofort die mechanische Arbeit behandelt und an den einfachen kraftumformenden Einrichtungen demonstriert. Daraus entwickelt sich der Begriff „Energie“. Er ist mit den folgenden Merkmalen versehen:

- Energie ist das Vermögen der Körper, Arbeit (zunächst mechanisch, später allgemein) zu verrichten.

<sup>16</sup> Voigt, H.: Zum Abschnitt „Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladung“ im präzisierten Lehrplan für Physik, Klasse 6. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 3.

- Arbeit ist stets ein Prozeß der Energieumwandlung.
- In einem abgeschlossenen System ist die Summe der Energiebeträge konstant.
- Alle Energieformen sind ineinander umwandelbar. Dabei wird Wärme niemals vollständig in andere Energieformen überführt.
- Das Energiereservoir des Weltalls ist unendlich.

Eine Energiebilanz könnte entsprechend diesen Aussagen überall da durchgeführt werden, wo eine physikalische Größe ihren Betrag mit der Zeit ändert, also bei physikalischen Prozessen. Doch ist diese Leitlinie nur dort anzusetzen, wo sie einen Sachverhalt besser beleuchtet, in ein System eingliedert oder das Gedächtnis entlasten hilft. Unter Umständen verkürzt eine Energiebilanz einen Ableitungsweg und ist damit nur eine Zwischenstufe, die nicht in das Grundwissen eingeht.

Man führt die Energiebilanz anschaulich im Unterricht, indem man der abgegebenen Energie nachspürt und sie an anderen Stellen als nutzbringende oder als nicht verwertbare Energie wiederfindet. Das gilt z. B. auch für den ersten Hauptsatz der Wärmelehre, da von der einem Gas zugeführten Wärme nur die äußere Arbeit interessiert, während der Zuwachs an innerer Energie im allgemeinen nicht genutzt wird.<sup>17</sup> Neu für den Physikunterricht der Oberschule ist die stärkere Beachtung der Leitlinie (1.3.). Da die mathematischen Grundlagen für die exakte Beschreibung der Felder fehlen und auch in den Klassen 11 und 12 nur angedeutet werden, muß sich der Unterricht auf wenige Merkmale beschränken:

- Unter Feld verstehen wir einen zeitlich veränderlichen Zustand des Raums.
- Das Feld einer physikalischen Größe ist dann bekannt, wenn man für jeden Ort des Raumes angeben kann, welchen Zahlenwert die Größe hat (bei Vektorgrößen zusätzlich: und in welcher Richtung sie wirkt).
- Im Physikunterricht stehen Kraftfelder im Vordergrund.
- Trägt man an ausgewählten Punkten die Kräfte ihrer Richtung nach an, so entstehen als Hüllkurven Kraftlinien, auf denen sich Teilchen entlangbewegen, wenn die Feldkräfte an ihnen angreifen können.
- Je größer die Kraftwirkung ist, desto dichter zeichnet man die Kraftlinien.
- Nach dem Feldlinienbild unterscheidet man zwei Feldformen: Quellenfelder, in denen die Feldlinien von Kraftzentren ausgehen (elektrisches Feld, Gravitationsfeld), und Wirbelfelder, in denen die Feldlinien in sich geschlossene Linien bilden (magnetisches Feld).
- Stoff und Feld sind die beiden Existenzformen der Materie. Felder werden stets von stoffgefüllten Körpern hervorgerufen.

Es liegt nahe, das elektrische, magnetische und Gravitationsfeld in einem Analogieschema zu vereinigen. Das stößt jedoch wegen des vorletzten Merkmals auf Schwierigkeiten. So sind die elektrische Feldstärke  $E$  und die magnetische Feldstärke  $H$  nicht gleichwertig, weder in ihrer physikalischen Bedeutung noch in ihrer Verwendung im Physikunterricht. Auf diese Problematik hat u. a. Plötz<sup>18</sup> hingewiesen. Die in der Schulpraxis hauptsächlich interessierende Größe des Magnetfeldes ist die magnetische Induktion  $B$ . Sie läßt sich jedoch nur schwer zur elektrischen Feldstärke  $E$  in Analogiebeziehungen setzen. Beschränkt man dagegen die Aussagen auf Erscheinungen außerhalb der Körper, so daß man für  $B$  die magnetische Feldstärke  $H$  als feldbeschreibend setzen kann, so erhält man zwar ein dem Denken der Schüler angepaßtes einfaches Analogieschema, das das Gravitationsfeld einschließt<sup>19</sup>, nimmt dafür aber zur Beschrei-

<sup>17</sup> Voigt, H.: Energiebetrachtungen im Physikunterricht. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 9 (1962), H. 6.

<sup>18</sup> Plötz, R.: Vorschläge für die Einführung der Grundbegriffe des elektrischen und des elektromagnetischen Feldes. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), Hefte 7/8 und 9.

<sup>19</sup> Voigt, H.: Gedanken zur Einbeziehung der modernen Physik in den neuen Lehrplan. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 10.

bung des Magnetfeldes zusätzlich die Polstärke  $\Phi$  in Kauf, die allerdings mit dem bereits bekannten Magnetfluß  $\square$  identifiziert werden kann. Hier steht eine optimale Lösung noch aus.

### 3.2.2.3. Leitlinien des Eindringens in die Methode der physikalischen Wissenschaft (2)

Diese zweite Gruppe der Leitlinien ist von der ersten schwer abzugrenzen, da das Arbeiten mit Leitprinzipien bereits eine Arbeitsmethode in diesem Sinne ist. Außerdem sind viele der Denk- und Arbeitsverfahren, die für die Physik wesentlich sind, auch für andere naturwissenschaftliche Bildungsbereiche bedeutsam. Eine vollständige Aufgliederung derartiger Leitlinien und ihre Aufnahme in ein umfassendes Erziehungs- und Bildungsprogramm muß unter Beteiligung aller naturwissenschaftlichen Fächer vorgenommen werden. Nach den bisherigen Untersuchungen erscheinen für den Physikunterricht bedeutungsvoll

- 2.1. Die Hervorhebung des Funktionalen und Kausalen,
- 2.2. die Beobachtung und Auswertung physikalischer Vorgänge,
- 2.3. die Beobachtung der Grundsätze aktiver und rationeller experimenteller Arbeit,
- 2.4. die Überführung des physikalischen Bildungsgutes in den Bereich der technischen Anwendung.

Das aktive Herangehen an wissenschaftliche oder technische Probleme mit der Zuversicht, diese mit den Mitteln des Denkens und der Erfahrung lösen zu können, ist eine Eigenschaft, die die junge Generation dringend zur Lösung ihrer künftigen Aufgaben benötigt. Das ist einer der Gründe, weswegen die für den Physikunterricht typischen Denk- und Arbeitsverfahren zum Bildungsgut gerechnet und in Zukunft explizit in der sozialistischen Schule gelehrt werden<sup>20</sup> (↑ Abschnitte 2.1., 2.2. und 3.1.). Die Leitlinie (2.1.) setzt voraus, daß für die physikalischen Vorgänge mathematische Beschreibungen gesucht und formuliert werden. Physikalische Gedankengänge sind erst dann relativ abgeschlossen, wenn dies erreicht ist. Hier stehen wir ebenfalls einem ersten methodischen Problem gegenüber, denn die Schüler sind häufig nicht in der Lage, hinter der mathematischen Formulierung den physikalischen Sachverhalt, zu erkennen. Der Lehrer sollte es sich darum zum Prinzip machen, Gleichungen in sinnvoller Weise auch wörtlich wiedergeben zu lassen.

Im Mathematikunterricht werden die Funktionen in den Klassen 8 und 9 abgehandelt. Es ist jedoch nicht zu vermeiden, daß im Physikunterricht etwa zur gleichen Zeit oder etwas früher funktionelle Abhängigkeiten betrachtet werden müssen. In Übereinkunft mit dem Mathematiklehrer kann für eine geeignete Koordinierung gesorgt werden. Für den Physikunterricht ist wichtig, daß sich von Anfang an mit der Aussage

„ $y$  ist eine Funktion von  $x$ “ die

Auslegung verbindet:

„ $x$  kann (im Definitionsbereich) willkürlich vorgegeben werden,  $y$  ist dann von  $x$  abhängig. Änderungen von  $x$  ergeben Änderungen von  $y$ .“

Für die Fälle der funktionalen Abhängigkeit zweier Größen kann man die Schüler auf das „Arbeitsverfahren“ hinweisen: Variiere (in Gedanken oder experimentell) willkürlich eine Größe und beobachte die anderen, um in das Wesen der physikalischen Erscheinung einzudringen.

Das etwa gleiche Denk- und Arbeitsverfahren (das bewußte Auslösen eines experimentellen oder gedachten Vorgangs, um die Wirkungen zu ermitteln) klärt auch die kausale Abhängigkeit physikalischer Größen. Hierzu sei auf die Ausführungen über den Weg vom bewußt ausgelösten Experiment zum Gesetz (↑ Abschnitt 5.3.) hingewiesen.

<sup>20</sup> Stuehmer, Helmar: Ein Beitrag zur weltanschaulichen Erziehung durch Entwicklung fachspezifischer Denk- und Arbeitsweisen im Physikunterricht. Pädagogische Lesung 1967.

Aus der Übereinstimmung der Arbeitsverfahren darf nicht auf eine Übereinstimmung der funktionalen und kausalen Abhängigkeit geschlossen werden. Dieser Eindruck könnte entstehen, weil im Physikunterricht oft eine funktionale Abhängigkeit durch die experimentell durchgeführte oder im Sinne eines Experiments gedachte Änderung einer Größe veranschaulicht wird. Dabei ergeben sich die Änderungen der abhängigen variablen Größe aus einer kausalen Beziehung.

Eine besondere Form der kausalen Abhängigkeit ist die Wechselwirkung zweier Vorgänge in Form der Rückkopplung. Wir haben es dabei mit einem Naturprinzip zu tun, das in der Regelungstechnik vom Menschen nachgebildet wird. Darum schlägt Lechner<sup>21</sup> vor, die Schüler auf systemtheoretische Gedankengänge, besonders auf das Erkennen und Konstruieren von Regelkreisen, systematisch vorzubereiten. Da sich dabei Naturgesetze und apparative Besonderheiten eng berühren, ist diese Aufgabe am besten von Fall zu Fall im Einvernehmen mit den polytechnischen Fächern zu lösen. Eine weitere spezielle Form der funktionalen Abhängigkeit ist die von der Zeit. Der Physikunterricht bietet viele Möglichkeiten, zum philosophischen Begriff der Bewegung vorzustoßen, der sich aus der Aussage ergibt, daß alle Erscheinungen im Universum einer zeitlichen Änderung unterworfen sind.

Die Leitlinien (2.2.) und (2.3.) werden von jeher im Physikunterricht beachtet. Darum sind sie auch in diesem Buch in den Abschnitten 5.2. und 5.3. ausführlich behandelt. Neu ist lediglich, daß sie nicht mehr nur als vereinzelt Erziehungsaufgaben genannt, sondern einem umfassenden System der Leitlinien zugeordnet werden. Auf Einzelheiten kann an dieser Stelle verzichtet werden.

Auch die Leitlinie (2.4.) erhält in diesem Buch einen gesonderten Platz, weil die polytechnische Bildung, die diesem Prinzip gerecht werden muß, sowohl in einem Unterrichtsfach als auch als allgemeingültiger Aspekt der Unterrichtsgestaltung realisiert wird. In den Abschnitten 2.3.2.2. und 3.5. wird darauf ausführlich eingegangen.

#### 3.2.2.4. Leitlinien der Entwicklung geistiger Fähigkeiten (3)

Diese Gruppe von Leitlinien ist künftig als Bestandteil eines umfassenden Erziehungsprogramms zu betrachten (↑ Abschnitte 2.2. und 2.3.).

Unter Fähigkeiten verstehen wir nach Berndt<sup>22</sup> „relativ verfestigte psychische Eigenschaften der Persönlichkeit, die sich aus der anatomisch-physiologischen Struktur des Individuums im Prozeß seiner Entwicklung bei der Auseinandersetzung mit der Umwelt formen und ihr ermöglichen, bestimmte entwicklungsgeschichtlich entstandene Arten der Tätigkeit auszuüben“.

Rubinstein<sup>23</sup> weist auf den engen Zusammenhang von Fähigkeit und geistiger Tätigkeit hin:

„Jede Fähigkeit ist eine Fähigkeit zu etwas, zu irgendeiner Tätigkeit. Das Vorhandensein einer bestimmten Fähigkeit beim Menschen bedeutet seine Tauglichkeit für eine bestimmte Tätigkeit. Jede spezifische Tätigkeit erfordert von der Persönlichkeit spezifische Voraussetzungen. Wir sprechen von diesen als von den Fähigkeiten der Menschen. Die Fähigkeit muß in sich verschiedene psychische Eigenschaften und Gegebenheiten vereinigen, die durch den Charakter dieser Tätigkeit und die Anforderungen, die von ihr ausgehen, bedingt sind.“

Da die Fähigkeiten also stets auf bestimmte Tätigkeitsgruppen ausgerichtet sind, ist in erster Linie zu untersuchen, welche Tätigkeitsabläufe in der Auseinandersetzung des einzelnen mit der gesellschaftlichen Umwelt immer wiederkehren. Das ist im Augen-

<sup>21</sup> Lechner, H.-J.: Das kybernetische Prinzip im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 12 und 4 (1966), H. 2.

<sup>22</sup> Berndt, L.: Die Förderung spezieller Talente im Fach Physik in der polytechnischen Oberschule. Dissertation 1960, Technische Hochschule „Otto v. Guericke“, Magdeburg.

<sup>23</sup> Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959, S. 788.

blick besonders wichtig, da die junge Generation vor der Aufgabe steht, sich der nach objektiven Gesetzen ablaufenden Strukturwandlung aller Produktionsbereiche aktiv anzupassen. Disponibel sein heißt dabei, Fähigkeiten zu besitzen, die eine große Variationsbreite der notwendigen Tätigkeiten ermöglichen. Darum sind im Bildungsprozeß diejenigen Fähigkeiten zu betonen, die den Anpassungsprozeß begünstigen. Es sind im wesentlichen Fähigkeiten, die auch schon für die Lerntätigkeit benötigt werden. Zur Untersuchung bieten sich zwei Ansatzpunkte: Entweder man katalogisiert die konkret zu fordernden Tätigkeiten und hebt dabei diejenigen heraus, die im schulischen Lernprozeß und im späteren Leben das Anpassen an variable Situationen ermöglichen. Einen derartigen Katalog stellt z. B. Plötz<sup>24</sup> für den Physikunterricht auf. Man kann aber auch von den Wechselbeziehungen im Kommunikationsprozeß ausgehen und versuchen, daraus konkrete Folgerungen abzuleiten. Dabei lassen sich verschiedene Tätigkeitsgruppen unterscheiden, je nachdem, ob der Prozeß der Informationsaufnahme, der -Verarbeitung oder der -anwendung vorwiegt.<sup>25</sup>

Bei beiden Ansätzen erhält man eine große Zahl verschiedener Tätigkeiten, zu deren Beherrschung die Schüler befähigt werden sollen. Es ist anzustreben, die Ergebnisse beider Ansätze zu vereinigen und die Menge der geforderten Operationen zu reduzieren. Dieser Gedankengang soll im folgenden kurz skizziert werden.

Der Informant, in unserem Fall der Schüler, tritt durch seine Sinnesorgane in Wechselbeziehungen zu den verschiedenen Informationsquellen. Er muß diese Informationen analysieren. Damit geht die Informationsaufnahme bereits in eine Informationsverarbeitung über. Anfangs werden dem Schüler die Kriterien, nach denen die Analyse erfolgen soll, eindeutig gegeben. Im Verlaufe des Bildungsprozesses sind die Anforderungen zu steigern, bis er sich geeignete Kriterien selbst auswählen kann. Der Analyse der Information folgt eine Erfassung des Wesentlichen, eine Abstraktion, die insgesamt als analytisch-synthetischer Denkvorgang anzusehen ist. Bei der Gestaltung des Unterrichts ist darauf hinzuwirken, daß jede *Wesentliche* Information, die der Schüler erhält, mit einer Motivation oder einer Bewertung verbunden wird. Auf dieser Stufe einfachster *analytisch-synthetischer Denkvorgänge* ist im Physikunterricht das zielgerichtete Zuhören, Betrachten, Beobachten, Vergleichen und Beschreiben zu üben, wobei die Reihenfolge nur bedingt dem Anwachsen der Anforderungen an die Informationsverarbeitung entspricht (↑ Abschnitt 2.3.2.3.). Beim Lernprozeß müssen die als wesentlich erkannten Merkmale neuer Begriffe dem bereits gespeicherten Wissen gegenübergestellt werden. Dieser erneute analytisch-synthetische Denkvorgang soll zur bewußten Entscheidung für weitere grundlegende Tätigkeiten führen. So kann das Neue als zu speicherndes Wissen anerkannt und im Gedächtnis oder in schriftlichen Speichern festgehalten werden. Führt dagegen der Denkvorgang zu dem Ergebnis, daß das Neue sich nicht widerspruchsfrei anlagern läßt, dann muß auf die Informationsquelle zurückgewirkt werden, entweder durch Rückfragen, Nachschlagen in Büchern oder praktische Untersuchungen usw. Diese Operationen sind zwar in bezug auf die neu zu erwerbenden Begriffsinhalte einfach, enthalten aber in sich ganze Komplexe analytisch-synthetischer Gedankengänge, die z. T. als Fertigkeiten automatisiert oder durch Algorithmen festgelegt werden können. Soll die neue Erkenntnis zur Durchführung einer manuellen Tätigkeit verwendet werden, dann kann die Zielsetzung auf verschiedenen Ebenen liegen: Entweder ist die neue Erkenntnis eine Aussage zu dem manuellen Tätigkeitsablauf selbst, zu dessen gesamter Struktur oder zu einzelnen Elementen. Dann bildet sich im Bewußtsein des Schülers ein Modell des Tätigkeitsablaufs im voraus ab, das mit den physischen und

<sup>24</sup> Plötz, R.: Prinzipien für die Neubestimmung des grundlegenden Bildungsgutes des Physikunterrichts. In „Pädagogische Forschung“, 8 (1967), H. 4/5.

<sup>25</sup> Faust, H./Wenge, H.: Probleme der Entwicklung geistiger Fähigkeiten der Schüler im Unterricht der Klassen 5 bis 10. In „Pädagogik“, 23 (1963), H. 3.

apparativen Möglichkeiten verglichen werden muß, die zur Verfügung stehen. Auch hier folgen also umfangreiche Denkabläufe dem Ziel, eine neue Erkenntnis in eine körperliche Bewegung umzusetzen und dadurch auch in einem gewissen Sinne zu speichern.

Es kann jedoch auf einer höheren Ebene die neue Erkenntnis zu einem Tätigkeitsablauf führen, bei dem das Ergebnis interessiert, während die manuellen Vorgänge in ihrer Gesamtheit als Fertigkeiten fast unbewußt übernommen oder in einem getrennten Gedankengang aufbereitet werden.

In beiden Fällen kommt es darauf an, die Bereitschaft zu einer ungehemmten Umsetzung anzuerziehen. Es darf nicht sein, daß bei manchen Schülern zwei getrennte Verhaltensweisen bestehen: ein geistiger Tätigkeitsbereich, der „gestört“ wird, wenn manuelle Tätigkeiten gefordert werden, und ein körperlicher Tätigkeitsbereich, der sich fast ausschließlich auf automatisierte Fertigkeiten beschränkt. Die Brücke zwischen beiden wird durch bewußte Erziehung gebildet. Die ständige geistige Durchdringung sowohl der Produktionsarbeit der Schüler als auch der experimentellen Laborarbeit im Physikunterricht ist auch aus diesen Gründen wichtig.

Auf dieser Ebene des Denkens hat das *Urteilen* und *Schließen* zum Zwecke der Weiterführung einer Diskussion oder des Aufstellens einer Hypothese Bedeutung. Im Physikunterricht bietet sich an, die Hypothesen experimentell zu überprüfen, also dem vorausgenommenen Modell der Tätigkeitsabläufe die reale Handlung folgen zu lassen. Es ist offensichtlich, daß auch zwischen Informationsverarbeitung und -anwendung in unserer Betrachtung keine scharfe Grenze gezogen werden kann. Jede aktive Denkopoperation mit einem neuen Begriff ist eigentlich bereits eine Anwendung des Gelernten, eine aktive Umstrukturierung der Begriffe in geistigen Operationen. Hierzu gehören neben dem *Urteilen* und *Definieren* das *Schließen* (*Deduzieren*, *Reduzieren*, *Induzieren*) und *Beweisen*, und zwar auf dem Gebiet der Philosophie wie auf dem Gebiet der Naturwissenschaften oder der Technik. Das Denken in diesen Bereichen unterscheidet sich dabei in erster Linie durch die Art der Begriffe, auf die die Denkopoperationen angewendet werden. Selbstverständlich gibt es auf jedem Gebiet spezielle Gedankengänge, die immer wiederkehren und darum für einen Bereich als typisch gelten, so daß äußerlich der Eindruck unterschiedlicher Denkformen entsteht. Es ist jedoch nicht zweckmäßig, dem Schüler gegenüber diese Besonderheiten zu betonen, indem man etwa von einem spezifisch „physikalischen Denken“ spricht. Abgesehen von der unglücklichen Wortkombination (man müßte besser vom „Denken in physikalischen Begriffen“ sprechen) erscheint es wichtiger, den Schüler zu befähigen, daß er sein Denken in jedem Bereich richtig ansetzen kann.

Die genannten Denkopoperationen lassen sich rückschauend zu Leitlinien der Fähigkeitsentwicklung konzentrieren:

- 3.1. Leitlinie der Erziehung zur bewußten und aktiven Erfassung und Bewertung aller Umwelteinflüsse,
- 3.2. Leitlinie der Erziehung zur zielbewußten Überführung neuer Erkenntnisse in anwendungsbereite Systeme, entweder durch zweckmäßige Speicherung oder durch Entwicklung manueller Tätigkeiten,
- 3.3. Leitlinie der Erziehung zur ständigen Bestätigung der Kenntnisse und Fertigkeiten durch gesellschaftlich nützliche Anwendung.

Es wurde bei der Betrachtung deutlich, daß die durch diese Leitlinien zu entwickelnden Fähigkeiten untrennbar verbunden sind mit den Verhaltensnormen, die der Schülerpersönlichkeit gegenwärtig sein müssen.

#### 3.2.2.5. Leitlinien der allseitigen Ausbildung der sozialistischen Persönlichkeit (4)

Es ist charakteristisch für das bisher noch inhomogene Begriffsgefüge der pädagogischen Wissenschaften, daß sich die Prinzipien der Erziehung in verschiedener Weise ein-

ordnen lassen. Es gibt hier keine Gedankengänge, die den Physikunterricht allein betreffen, nicht einmal Besonderheiten für die naturwissenschaftliche Bildung, sondern nur spezifische Anknüpfungspunkte für zentral zu stellende erzieherische Aufgaben. Solche ausgesprochen fachübergreifenden Prinzipien lassen sich jedoch nicht allein vom Unterrichtsfach Physik aus bestimmen. Es sei dazu auf den Abschnitt 2.3. verwiesen, in dem die Maßnahmen für die Herausbildung eines gesellschaftlich wertvollen Verhaltens gekennzeichnet werden.

Besonders bemerkenswert in diesem Zusammenhang ist der Gedanke, daß alle erzieherischen Einflüsse, die in erster Linie auf die Ausbildung von Persönlichkeitsmerkmalen abzielen, zur Bildung von Grundüberzeugungen führen müssen, die dann das Verhalten der sozialistischen Persönlichkeit stimulieren. Solche Grundüberzeugungen können durchaus den Charakter von Leitlinien erhalten. In diesem Sinne hebt Neuner<sup>26</sup> hervor: Weltanschaulich-philosophische Grundüberzeugungen:

- Objektiver Charakter der Gesetzmäßigkeit in Natur und Gesellschaft; materialistische Dialektik usw.
- Historische Mission der Arbeiterklasse; Parteinahme für die Arbeiterklasse.
- Sieghaftigkeit des Sozialismus als Charakter dieser Epoche; Sozialismus als humanistische Alternative zum menschenfeindlichen Imperialismus.

Moralische Grundüberzeugungen:

- DDR als Vaterland; Entwicklung des gesellschaftlichen Systems des Sozialismus; Patriotismus.
- Einheit der Kräfte des Sozialismus und des Friedens; führende Rolle der Sowjetunion; Internationalismus.
- Pflicht und Verantwortung; zwischenmenschliche Beziehungen; Arbeit, Lernen; Verteidigung; Sinn des Lebens.

Auf eine Darstellung der Beziehungen zwischen diesen Leitlinien muß hier verzichtet werden.

### 3.3. Zum Aufbau des Lehrgangs und des Lehrplans

Nach der Auswahl und Systematisierung des Inhalts kommt der zeitlichen Planung, das heißt der Anordnung des Unterrichtsstoffs zu einem Lehrgang große Bedeutung zu. Die Stoffanordnung ist von folgenden Faktoren bestimmt:

1. von der fachwissenschaftlichen Systematik der Physik (↑ Abschnitt 3.2.),
2. von einer pädagogischen Systematik, bei der die Ziele und Gesetze der Persönlichkeitsentwicklung zugrunde gelegt werden, und die die Relation zwischen Möglichkeit und Notwendigkeit im Umfang und in der Tiefe der Stoffanordnung bestimmt (↑ Abschnitt 2.3.),
3. von den dem Physikunterricht als Teil des gesamten naturwissenschaftlichen Unterrichts zukommenden Aufgaben (↑ Abschnitte 2.1. und 2.2.),
4. von fachspezifischen Aufgaben bei der weltanschaulichen, polytechnischen und geistigen Bildung und Erziehung (↑ Abschnitt 2.3.).

Schließlich muß bei der Stoffanordnung die Wechselbeziehung zu den anderen Fächern beachtet werden, das heißt die Koordinierung von Lehrgängen mehrerer Fächer

<sup>26</sup> Neuner, G.: Schulpolitische und pädagogische Aspekte der Einheit von Bildung und Erziehung. In „Pädagogik“ 23 (1968), H. 8/9.

(↑ Abschnitt 3.5.). Systematik in der Stoffanordnung bedeutet weder Vollständigkeit noch rigorose Beschränkung nach Art des exemplarischen Verfahrens. Die Stoffanordnung ist dann optimal, wenn sich in ihr eine Einheit zwischen den Zielaspekten (facheigener und fachübergreifender Aspekt) (↑ Abschnitt 2.3.) widerspiegelt und wenn sich die Aneignung des Unterrichtsstoffs auf der jeweiligen Stufe der physischen und psychischen Entwicklung des Schülers vollziehen kann und seine Aktivität fordert. Damit wird das Problem des Anforderungsniveaus oder der Niveaustufung gekennzeichnet. Eine optimale inhaltlich-zeitliche Stoffanordnung anzustreben bedeutet daher auch eine dem jeweiligen Alter und der jeweils erreichten geistigen Entwicklung des Schülers entsprechende und ihn fördernde Niveaustufe zu finden. Unterrichtssystematik ist also in erster Linie eine pädagogische Systematik.

Beim Aufbau des Lehrgangs für den Physikunterricht müssen also sowohl psychologische und didaktische als auch logische und fachsystematische Gesichtspunkte gleichermaßen beachtet werden. Ein Aufbau, der nur der Fachsystematik und Logik folgte, ergäbe einen sogenannten linear aufgebauten Lehrgang. Das Gesamtgebiet der Physik würde einmal durchlaufen, jedes Teilgebiet würde einmal behandelt. Ein solcher Aufbau verbietet sich, weil jedes der Teilgebiete unterschiedlich hohe Abstraktionsleistungen von den Schülern verlangt, bei ihnen Vorkenntnisse voraussetzt, die erst in einem anderen Gebiet oder Unterrichtsfach gewonnen werden und schließlich, weil Kenntnisse und Erkenntnisse, die über vier bis fünf Schuljahre zurückliegen, ohne in irgendeiner Weise aufgegriffen und gefestigt worden zu sein, vom Schüler fast vergessen sind. Demgegenüber stände ein konzentrisch aufgebauter Lehrgang, in dem bestimmte Themen und Gebiete mehrmals im Verlauf der Schuljahre erscheinen und dem jeweiligen geistigen Entwicklungsstand und Erfahrungskreis der Schüler gemäß betrachtet werden.

Keine dieser Formen ist in der Lehrgangsgestaltung praktisch allein zu verwirklichen. Die Lehrgänge wurden im wesentlichen konzentrisch aufgebaut, dabei treten aber auch lineare Lehrgangsteile auf, so daß sich insgesamt ein stufenförmiger Aufbau ergibt. So werden im Lehrgang Physik nach den präzisierten Lehrplänen in den Klassen 6 bis 8 nacheinander Unterrichtsstoffe aus der Mechanik, Strahlenoptik, Mechanik, Wärmelehre und Elektrizitätslehre behandelt, in den Klassen 9 und 10 und 11 bis 12 tauchen diese Gebiete ebenfalls wieder auf (↑ Anhang). Aus dieser Systematik wird aber nicht ersichtlich, worin das jeweilige Niveau in der Unterrichtsgestaltung liegt. Deshalb stehen über der traditionellen Systematik, wie sie in den meisten Lehrbüchern der Experimentalphysik zu finden ist, Leitgedanken, die in der pädagogischen Literatur als Leitlinien oder Leitprinzipien bezeichnet werden.<sup>14, 15</sup> Mit diesem lehrplan-theoretischen Begriff werden didaktisch-pädagogische Strukturen moderner Unterrichtsplanung erfaßt (↑ Abschnitt 3.2.2.).

Schließlich kann die grundlagenschaffende Aufgabe des Physikunterrichts, das heißt fundiertes physikalisches Wissen und Können für jede berufliche Tätigkeit in verschiedensten Bereichen des gesellschaftlichen Lebens zu vermitteln, nur durch einen Lehrgang verwirklicht werden, in dem ein System physikalischer Zusammenhänge, das Wesen der physikalischen Prozesse und Gesetzmäßigkeiten im Mittelpunkt stehen. Den erläuterten Grundsätzen folgend, wurden, ausgehend von den Lehrplänen für den Physikunterricht der Klassen 6 bis 10 aus dem Jahre 1959 bzw. der Klassen 9 bis 12 aus dem Jahre 1961, hinsichtlich der Auswahl und Verteilung des Unterrichtsstoffs und im Aufbau des Lehrgangs neue Lehrpläne erarbeitet. Sie entsprechen den neuen, höheren Anforderungen an die Schule, die sich in Weiterentwicklung der Zielstellung und des Inhalts der sozialistischen Allgemeinbildung entsprechend dem „Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem“ ergeben.

Die jahrgangswise Einführung dieser neuen Lehrpläne erfolgte seit dem Jahre 1967 beginnend mit Klasse 6 bzw. 1969 beginnend mit Klasse 11 der Erweiterten Ober-

schule. Diese Maßnahme führt insgesamt zu einem neuen Lehrplanwerk, das im Jahre 1971 geschlossen vorliegen wird.<sup>27</sup>

Der Lehrer hat die verantwortungsvolle Aufgabe, die im Lehrplan mit der Stoffauswahl und -anordnung vorgegebenen pädagogischen Möglichkeiten in seinem Unterricht zu verwirklichen. Es steht dem Lehrer aber frei, über die Reihenfolge einzelner Stoffeinheiten zu entscheiden. Es würde jedoch zu Schwierigkeiten führen, wenn er den zeitlichen Umfang und die Reihenfolge von Stoffgebieten in den Klassenplänen in großem Maße verändern würde, weil er dadurch das oben skizzierte Gefüge der Stoffanordnung verletzen würde. Es ist deshalb notwendig, vor jeder Veränderung von den Grundgedanken der Stoffanordnung des Lehrplans auszugehen und eingehend zu prüfen, ob durch die beabsichtigte Veränderung alle der gekennzeichneten Wechselbeziehungen beachtet sind und das erstrebte Unterrichtsergebnis nicht negativ beeinflusst würde.

Unter Berücksichtigung der im Abschnitt 3.1. genannten Grundsätze und in Hinsicht auf die Funktion der Oberschule für alle weiterführenden Bildungseinrichtungen bzw. der Erweiterten Oberschule für die Hochschule wird im Lehrplan grundlegender Lehrstoff von ergänzenden Überblicken unterschieden (Grund- und Ergänzungswissen), es wurde der Umfang des grundlegenden Lehrstoffs beschränkt und nach gesicherten pädagogisch-methodischen Erkenntnissen eine rationelle Verteilung vorgenommen. Durch Angaben über erzieherische Schwerpunkte, Schülertätigkeiten, von Experimenten und von besonderen Abschnitten der Wiederholung und Systematisierung werden die didaktischen und pädagogischen Gesichtspunkte der Stoffverteilung hervorgehoben.

Im Abschnitt „Ziele und Aufgaben“ jedes Klassenlehrplans werden die Besonderheiten des Lehrstoffs und spezielle methodische Probleme der betreffenden Klasse erläutert. Es wird festgelegt, welches Niveau im Wissen und bei der Entwicklung des Könnens, der Überzeugungen und Verhaltensweisen erreicht werden soll. Weiterhin werden Beziehungen zum Unterricht in anderen Fächern dieser Klasse und Verbindungen zur außerunterrichtlichen Tätigkeit der Schüler dargelegt.

Nach einer thematischen Übersicht (↑ Anhang) wird der „Inhalt des Unterrichts“ dargelegt. Er ist in Stoffgebiete und einzelne Stoffeinheiten aufgegliedert. In jeder Einheit werden das Wissen, das Können und spezifische Erziehungsaufgaben angegeben und durch Bemerkungen abgegrenzt. Durch Angaben über wesentliche Schülertätigkeiten in jeder Stoffeinheit erhält der Lehrer eine Orientierungsgrundlage zur systematischen Entwicklung der Fähigkeiten und zur Sicherung des Wissens und Könnens der Schüler. Obligatorische Schüler- und Lehrerexperimente heben die Bedeutung des Experimentalunterrichts hervor. Die genannten Stundenzahlen sind für die Stoffgebiete verbindlich, für die Stoffeinheiten nur empfohlen, sollten hier aber nicht wesentlich über- oder unterschritten werden.

Der Lehrplan gibt wesentliche didaktische Hinweise, erfaßt aber nicht alle didaktisch-methodischen Formen und pädagogischen Maßnahmen, die notwendig sind, um hohe Bildungs- und Erziehungsergebnisse zu erreichen (z. B. außerunterrichtliche Veranstaltungen, Förderung leistungsschwacher und begabter Schüler). Der Lehrer sollte für seine Vorbereitungsarbeit neben einem sorgfältigen Studium aller Teile des Lehrplans auch Erfahrungen, Hinweise und Arbeitsanleitungen heranziehen, die in der pädagogischen Literatur ständig erscheinen, z. B. methodische Zeitschriften, Unterrichtshilfen (↑ Kapitel 8).

<sup>27</sup> Honecker, M.: Ergebnisse der Einführung neuer Lehrpläne und Methoden an den zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen. 9. Sitzung der Volkskammer. In „Neues Deutschland“ vom 12. 6. 68.

### 3.4. Hinweise auf inhaltliche Probleme des Unterrichts der Klassen 6 bis 12

Bei der Realisierung der im Lehrplan geforderten Ziele und Aufgaben tauchen Probleme auf, deren Lösung besondere methodische Maßnahmen und Beachtung erfordert. Auf einige solcher Probleme soll im folgenden hingewiesen werden. Die Darlegungen beziehen sich auf die im Anhang dieses Buches gegebene thematische Übersicht für die Klassen 6 bis 12. Detaillierte Ausführungen zu speziellen methodisch-pädagogischen Fragen in den einzelnen Klassenstufen sind in Erfahrungsberichten und Ergebnissen von Einzeluntersuchungen (z. T. veröffentlicht in den Zeitschriften „Physik in der Schule“ und „Pädagogik“), in pädagogischen Lesungen (in der Pädagogischen Zentralbibliothek Berlin auszuleihen) sowie in den Unterrichtshilfen (erschieden für die einzelnen Klassenstufen) zu finden.

Besondere Probleme ergeben sich bekanntlich aus dem Zusammenhang zwischen physikalischen Erscheinungen und ihrer Darstellung in mathematischer Form. Darüber sind ausführliche Veröffentlichungen erschienen<sup>28, 29</sup> (↑ Abschnitt 3.5.2.). Für einen wissenschaftlich gestalteten Unterricht ist es unerlässlich, sich nach den in der Wissenschaft und Technik gebräuchlichen und verbindlichen Regeln, Normen und Standards zu richten, von denen einige in Auszügen in der Zeitschrift „Physik in der Schule“ veröffentlicht bzw. den TGL-Blättern zu entnehmen sind.<sup>30</sup> Das betrifft auch in gleicher Weise den Umgang mit Größen, Größengleichungen und Einheiten.<sup>31, 32</sup> Bei der Durchführung des Experimentalunterrichts ist es unerlässlich, die „Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht“ zu beachten (↑ Abschnitt 5.4.).

#### 3.4.1. Zum Unterricht in den Klassen 6 bis 10

##### *Klasse 6*

Die Schüler werden in grundlegende Erscheinungen und Eigenschaften von Körpern und Stoffen in den drei Aggregatzuständen eingeführt und lernen einige Ausbreitungserscheinungen der Lichtstrahlen kennen und bei optischen Geräten zu erklären. Dabei steht zunächst das Beobachten, Beschreiben und Untersuchen von solchen Ursachen und Wirkungen im Mittelpunkt, die dem Bereich der Makrophysik angehören. Für das Erklären einiger thermischer Erscheinungen und Vorgänge sollen Modellvorstellungen entwickelt werden, die an den Bereich der Mikrophysik heranzuführen, so daß die Ursachen makrophysikalischer Erscheinungen, zum Beispiel beim Erwärmen und Abkühlen von Körpern mit mikrophysikalischen Modellvorstellungen erklärt werden können. Es sollen auch einige elektrostatische Erscheinungen demonstriert und mit Hilfe eines einfachen Atommodells (Kern und Hülle) erklärt werden.

Ein Ziel dieser Lehrstoffauswahl und -anordnung ist es, den Schüler vom sinnlichanschaulichen Bereich physikalischer Erscheinungen aus bis an einfache, seinem Auffassungsvermögen noch zugängliche Vorstellungs- und Denkformen heranzuführen und ihn damit vorzubereiten auf die immer stärker abstrakt und theoretisch werdenden

<sup>28</sup> Bauer, R.: Zur Rolle der Mathematik im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 3 (Beilage).

<sup>29</sup> Lange, W.: Größen in der Mathematik. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 4.

<sup>30</sup> Siehe dazu „Physik in der Schule“ 3 (1965), H. 1 und 2 (TGL-Blatt 0-1304 „Allgemeine Formelzeichen“, TGL-Blatt 0-1313 „Schreibweise physikalischer Gleichungen“) und 4 (1966), H. 2 (Auszug aus dem TGL-Blatt 16006 „Schaltzeichen: Kennzeichen für Spannungs-, Strom- und Schaltarten“, Auszug aus dem TGL-Blatt 16007 „Schaltzeichen: Leitungen und Leitungsverbindungen“).

<sup>31</sup> Anordnung über die Tafel der gesetzlichen Einheit vom 26. November 1968. In „Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik“ Sonderdruck Nr. 605, Berlin 1. März 1969

<sup>32</sup> Padelt, E.; und H. Laporte: Einheiten und Größenarten der Naturwissenschaften. VEB Fachbuchverlag, Leipzig 1964.

Lehrstoffe der folgenden Klassen. Das Arbeiten mit Modellen und Modellvorstellungen im Physikunterricht trägt der Forderung Rechnung, neben der unmittelbar sinnlichen Erkenntnis physikalischer Prozesse, Erscheinungen und Relationen die Schüler auch an Methoden der Erkenntnisgewinnung heranzuführen, durch die das Verständnis von Zusammenhängen zwischen Vorgängen und Erscheinungen ermöglicht wird (↑ Abschnitt 3.2.2.).

Die Modellvorstellung zum Aufbau der Stoffe aus sich bewegenden Teilchen wird in Klasse 6 mit dem Ziel entwickelt, einen ersten Einblick in die Natur der Stoffeigenschaften zu geben und zu zeigen, wie man mit solchen Modellen in der Physik arbeitet (↑ Abschnitt 3.2.2.2.). Im Lehrgang folgt die Entwicklung der Begriffe in der Reihe: Körper, Stoff, Teilchen, Modell des Teilchencharakters, Modell des Atoms.<sup>33</sup> Diese Systematik von sinnlich wahrnehmbaren Eigenschaften des Körpers bis zu Vorstellungen, die zur Erklärung dieser Eigenschaften dienen, ist zu beachten. Der Schüler lernt Verfahren zum Messen von Volumina, Zeiten, Kräften, Massen, Geschwindigkeiten, Dichten und Temperaturen kennen und wird damit an das quantitative Erfassen der Wirklichkeit herangeführt. Dazu gehören auch das Anlegen von Meßwerttabellen, das Erfassen von Meßwerten in Form graphischer Darstellungen und das Berechnen von Geschwindigkeiten und Dichten — soweit es die mathematischen Kenntnisse der Schüler zulassen. Eine Möglichkeit, Berechnungen mit Dezimalbrüchen zu umgehen, bietet das Arbeiten mit Nomogrammen.<sup>34</sup>

Obwohl der Begriff physikalische Größe noch nicht explizit verwendet zu werden braucht, ist aber dem Rechnen mit Einheiten schon besondere Beachtung zu widmen. Die Schüler kennen es bereits im Prinzip aus dem Mathematikunterricht. Ursache für fehlerhafte Angaben bei Berechnungen sind oftmals mangelnde Vorstellungen der Schüler über die verwendeten Einheiten. Deshalb werden das Schätzen und das damit verbundene Kontrollieren seiner Rechnungen vom Schüler gefordert. Der Schüler wird an Grundlagen des Experimentierens im Fach Physik herangeführt, das heißt, er lernt, mit Geräten umzugehen, erfährt, daß zum zweckgerichteten Experimentieren eine sorgfältige Vorbereitung und eine kritische Auswertung gehören. Durch Tätigkeiten, die sowohl aus geistigen als auch praktisch-manuellen Elementen bestehen, beginnt der Schüler, sich Fähigkeiten anzueignen und mit seinen Kenntnissen über bestimmte physikalische Vorgänge und Erscheinungen zu verbinden (↑ Abschnitt 5.3.2.). Auch das Benutzenlernen des Buches, von anderen schriftlichen Lehrmaterialien und das Beginnen des Schülers, selbst einen physikalischen Sachverhalt mit Worten schriftlich oder mündlich darzulegen, sind spezifische Aufgaben des beginnenden Physikunterrichts.

Im Hinblick auf die geistige Bildung entwickelt der Schüler seine Fähigkeit, physikalische Vorgänge und Erscheinungen aufmerksam zu beobachten, dabei Wesentliches von Unwesentlichem zu unterscheiden, an einfachen Beispielen Kausalitäten zu erkennen. Auf weltanschaulichem Gebiet wird die Erkenntnis angebahnt, daß Naturvorgänge immer in bestimmter Weise ablaufen, was die Begriffe Gesetz und Gesetzmäßigkeit vorbereitet.<sup>35</sup>

### *Klasse 7*

Die inhaltlichen Schwerpunkte im Physikunterricht der Klasse 7 sind grundlegende

<sup>33</sup> Voigt, H.: Zum Abschnitt „Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladung“ im präzisierten Lehrplan für Physik Klasse 6. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), II. 3.

<sup>34</sup> Göbel, R.: Nomogramme als Hilfsmittel zur Ermittlung von Geschwindigkeit und Dichte im Physikunterricht der Klasse 6. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 11.

Göbel, R.: Hinweise zur Vorbereitung der Arbeit mit Nomogrammen im Physikunterricht der Klasse 8. In „Physik in der Schule“, 7 (1969), H. 7/8.

<sup>35</sup> Mertsching, G.: Zum Problem der Herausbildung des Gesetzesbegriffs. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 7/8.

Begriffe aus der Mechanik der starren Körper, der Flüssigkeiten und Gase. Es sind das insbesondere die physikalischen Größen Kraft, Gewicht, mechanische Arbeit, mechanische Energie, mechanische Leistung und Druck, der Erhaltungssatz der mechanischen Energie und der Begriff Wirkungsgrad einer mechanischen Anlage. Die Erarbeitung der Begriffe mechanische Arbeit und mechanische Energie steht im Mittelpunkt des Unterrichts dieser Klasse und schafft Grundlagenkenntnisse für das Verständnis der in allen Bereichen der Naturwissenschaften und in der Technik sich abspielenden Prozesse der Energieumwandlungen und der Energieübertragungen (↑ Abschnitt 3.2.2.2.). Damit legt der Physikunterricht die Grundlage zu der in den folgenden Klassen zu entwickelnden sowohl physikalisch als auch philosophisch bedeutsamen Einsicht vom allgemeinen Prinzip der Energieerhaltung und liefert einen Beitrag zur allgemeinen Einsicht in die Materialität und Einheit der Welt. An Beispielen mechanischer Anlagen und Geräte, deren Entwicklung historisch weit zurückliegt, erhält der Schüler erste Einsichten in die Beziehungen des Menschen zur materiellen Produktion und in den Zusammenhang zwischen Wissenschaft und Technik.

In Weiterführung des in Klasse 6 begonnenen Heranführens der Schüler an Verfahren der Erkenntnisgewinnung rückt das Experimentieren stärker in den Mittelpunkt. Unter Anleitung des Lehrers bzw. des Lehrbuches werden Meßreihen aufgenommen, gegebenenfalls graphisch dargestellt und ausgewertet. Die Ergebnisse werden kritisch betrachtet (Meßfehler), und die Schüler lernen, Aussagen mündlich oder schriftlich unter Verwendung der Begriffe und Symbole der Physik zu machen. Damit werden der Begriff physikalische Größe und das Arbeiten mit Größengleichungen notwendig. Der Umgang mit physikalischen Begriffen wie Kraft, Arbeit, Leistung, Energie usw. in mündlichen und schriftlichen Darstellungen muß der Schüler üben und sie vor allem dem Inhalt ihrer Definition nach verwenden lernen. Es ist ihm der Unterschied zwischen einer zweckmäßig aber nicht willkürlich vom Menschen auf Grundlage der Erfahrung vorgenommenen Definition und einem physikalischen Gesetz bewußtzumachen (Gültigkeitsbereich, Idealisierung der objektiven Realität) (↑ Abschnitt 3.2.1.). Das zielstrebige Üben dieser Verfahren erfolgt durch vielfältige Formen von Aufgaben und Problemstellungen, die in ihren Anforderungen auf den jeweils erreichten geistigen Leistungsstand der einzelnen Schüler abgestimmt sein müssen, die Abstraktionsleistungen kontinuierlich fördern, ohne aber zu Überforderungen zu führen.

#### *Klasse 8*

In Klasse 8 wird im Physikunterricht eine Auswahl von Begriffen, Gesetzen, theoretischen Zusammenhängen und Anwendungen aus, den Gebieten der Wärmelehre und Elektrizitätslehre behandelt. Mit dieser Auswahl werden die in den Klassen 6 und 7 begonnenen Betrachtungsweisen der physikalischen Vorgänge und Erscheinungen (Modell von der Struktur der Körper und Stoffe, Energieprinzip) zu einer ersten Synthese gebracht.<sup>36</sup> Es werden der erste Hauptsatz der Wärmelehre formuliert und der Zusammenhang zwischen Wärmeenergie und elektrischer Energie erläutert. Die Modellvorstellungen von der Wärmeübertragung durch die Bewegung der Teilchen und von der Elektronenbewegung in Stoffen werden mit den Begriffen Energiewandlung und -Übertragung verfeinert.

Ein besonderes Problem stellt die Einführung in die Elektrizitätslehre dar. Im Unterschied zur bisherigen Form der vorwiegend phänomenologischen Einführung wird vom Atomaufbau, von der elektrischen Ladung und vom elektrischen Feld ausgegangen. Unter Verwendung des aus Klasse 7 bekannten Begriffs der mechanischen Arbeit wird die Spannung definiert als Quotient aus Arbeit zwischen zwei Punkten des elektrischen Feldes und der bewegten Ladung. Die Stromstärke wird demzufolge als Quotient aus

<sup>36</sup> Wehner, R.: Zur Behandlung der Wärmelehre nach dem neuen Lehrplan für Physik, Klasse 8. In „Physik in der Schule“, 7 (1969), H. 5.

bewegter Ladung und Zeit definiert. Damit sind physikalische Größen definiert, jedoch nicht die Einheiten Ampere und Volt (siehe dazu auch die Ausführungen zu Klasse 9). Gemäß den getroffenen Definitionen werden aus den Einheiten Wattsekunde (den Schülern aus Klasse 7 bekannt), Coulomb und Sekunde abgeleitete Einheiten gebildet und mitgeteilt, wie diese mit den Einheiten Ampere und Volt in Beziehung stehen und daß die Einheiten Volt und Ampere auf Grundlage anderer elektrophysikalischer Vorgänge international definiert sind.

Damit wird auch in dieser Klasse das Ziel weiterverfolgt, mathematische und exakte naturwissenschaftliche Methoden anzuwenden, Gesetzmäßigkeiten zu erfassen, klare Begriffe zu bilden und diese eindeutig miteinander zu verknüpfen. Dabei kommt es darauf an, den relativ hohen Abstraktionsgrad mit anschaulich-experimentellen Untersuchungen zu verbinden. Der Lehrer muß beachten, daß elektrische Versuche für den Schüler nicht einfach und leicht durchschaubar sind und vom Lehrer besonders sorgfältige Vorbereitung erfordern.

Die in den Klassen 6 und 7 angestrebten Bildungs- und Erziehungsziele (Umgang mit Begriffen, Größen und Einheiten, experimentelles Arbeiten, Denken in Modellvorstellungen) sind in dieser Klasse zielstrebig weiterzuführen; detaillierte Angaben dazu sind sowohl im Lehrplan als auch in den verschiedenen speziellen unterrichtlichen Hilfsmaterialien zu finden.

#### *Klasse 9 (Lehrplan 1970)*

Der in den Klassen 6 bis 8 behandelte Lehrstoff aus den Gebieten Mechanik und Elektrizitätslehre wird entsprechend dem stufenförmigen Aufbau des Lehrgangs (↑ Abschnitt 3.3.) erweitert durch einige grundlegende Begriffe und Gesetzmäßigkeiten aus der Kinematik und Dynamik des Massenpunkts und über Vorgänge in elektrischen und elektromagnetischen Feldern.

Besondere Beachtung verdient in dieser Klasse die Einführung einer Reihe physikalischer Begriffe und Definitionen (↑ Abschnitt 3.2.1.) und insbesondere physikalischer Grundgrößen und abgeleiteter Größen. Als Grundgrößen werden unter anderem die Kraft und die Ladung definiert, als abgeleitete Größen lernt der Schüler Masse, Energie, Stromstärke und Spannung kennen.

Ein Problem scheint dabei zu sein, daß als Grundeinheiten aber entsprechend den auch für die DDR gesetzlich festgelegten SI-Einheiten — Systeme International d'Unités — (siehe Tafel der gesetzlichen Einheiten<sup>31</sup>) das Ampere und das Kilogramm als Grundeinheiten festgelegt sind.

Es ist zu unterscheiden zwischen einem System der Größen, einem System der Einheiten und einem System der Urmaße. Mit einem System der Einheiten werden die mit dem Messen und mit zweckmäßigen Meßverfahren zusammenhängenden Probleme gelöst. Die Wahl der Grundeinheiten erfolgt nach meßtechnischer Zweckmäßigkeit und ist an das System der Urmaße gebunden, die Urmaße sind entsprechend zwischenstaatlicher Vereinbarungen gesetzlich so festgelegt, daß sie als möglichst konstant und reproduzierbar angesehen werden können. Diese beiden Systeme unterliegen internationalen Vereinbarungen entsprechend dem jeweils erreichten Stand der Wissenschaft und Meßtechnik und sind in fast allen Kulturstaaten heute durch den Gesetzgeber festgelegt. Systeme der Größen und der Grundgrößen sind nach Zweckmäßigkeitsgründen frei wählbar und dienen der Interpretation von Naturgesetzen und experimentell erkannter Zusammenhänge zwischen physikalischen Objekten (Erscheinungen, Vorgänge, Zustände usw.).

In Klasse 9 wird in der Mechanik die Proportionalität zwischen Kraft und Beschleunigung als Erfahrungssatz betrachtet. Davon ausgehend wird die Masse als Quotient aus diesen zwei Größen definiert und gezeigt, daß diese Größe Masse die Merkmale der Trägheit und der Schwere zugleich kennzeichnet. Damit erweist es sich als methodisch zweckmäßig, die Kraft als Grundgröße zu definieren.

In gleicher Weise wird im Abschnitt „Das elektrische Feld“ die Ladung als Grundgröße festgelegt, und die elektrische Stromstärke, die elektrische Spannung, die elektrische

Feldstärke und die Kapazität werden in entsprechender Weise als abgeleitete Größen definiert.

Jeweils am Abschluß der Stoffabschnitte Mechanik und Elektrizitätslehre sollen durch Systematisieren und Ordnen der dem Schüler bekannten und neuen Größen einerseits und der Einheiten andererseits Überblicke gegeben werden. Das Lösen von Aufgaben soll dem Üben im Umgang mit Größen und Einheiten dienen. Vor allem ist zu beachten, daß definierte Größen (Grundgrößen, abgeleitete Größen) von gesetzlich festgelegten Einheiten unterschieden werden. Auf Einzelheiten der Maßsysteme wird nicht näher eingegangen.

Im Stoffabschnitt „Elektrische Leitungsvorgänge“ wird die deduktive Methode eingesetzt (↑ Abschnitt 5.2.2.3.). Es werden allgemeine Merkmale des elektrischen Leitungsvorgangs vom Lehrer gegeben, und der Schüler soll diese allgemeinen Eigenschaften des Phänomens Leitungsvorgang auf die Vorgänge in verschiedenen Medien anwenden.<sup>37</sup> Dem Schüler soll damit ein Überblick über die Vielfalt der Vorgänge in den verschiedenen Medien erleichtert werden, er soll im Ergebnis dieses Unterrichts in der Lage sein, das Modell des Leitungsvorgangs beim Erklären der Funktionsweise einiger Anwendungsbeispiele (Elektronenröhre, Halbleiterbauelemente) anzuwenden, und nicht zuletzt soll ihm deutlich werden, wie äußerlich unterschiedliche physikalische Erscheinungen in ihrem Zusammenhang erkannt werden können.

Neben die Demonstrations- und Schülerexperimente tritt als weitere Form experimenteller Schülertätigkeit das Praktikum (↑ Abschnitt 5.3.2.5.). Im Praktikum sollen die Schüler das in Klasse 9 erworbene Wissen festigen und vertiefen und ihr Können im Experimentieren weiterentwickeln. Es sind die Hauptphasen der experimentellen Tätigkeit (↑ Abschnitt 5.3.1.3.) dem Schüler bewußtzumachen.

#### *Klasse 10 (Lehrplan 1971)*

Den Abschluß des Lehrgangs in Physik der zehnklassigen allgemeinbildenden Schule bilden ein Einblick in ein modernes physikalisches Forschungsgebiet, die Kernphysik, und die Untersuchung periodischer Vorgänge an ausgewählten Beispielen mechanischer und elektromagnetischer Schwingungen und Wellen.

Wie in den vorhergehenden Klassen kommt es auch hier darauf an, dem Schüler verständlich zu machen, wie die Vielfalt der Erscheinungen mit relativ wenigen definierten Begriffen und Modellvorstellungen überblickt werden kann. Es wird eine hohe Abstraktionsleistung vom Schüler gefordert, indem er zum Beispiel eine Schwingung bzw. eine Welle als physikalischen Vorgang verstehen muß, ihn in mathematischer Form darstellen und schließlich die so gefundenen Gesetzmäßigkeiten auf die Beschreibung unterschiedlicher physikalischer Sachverhalte anwenden muß (mechanische und elektromagnetische Schwingungen und Wellen). In ähnlicher Weise wie bei den Leitungsvorgängen in Klasse 9 sind zuerst allgemeine, gemeinsame Eigenschaften und dann Besonderheiten und Spezialfälle zu untersuchen. Damit wird in rationeller und zeitlich effektiver Weise ein moderner Unterricht gestaltet. Im Ergebnis soll schließlich die Schwingung als zeitlich-periodische Änderung einer physikalischen Größe und die Welle als zeitlich- und örtlich-periodische Änderung einer physikalischen Größe verstanden werden. Weiterhin ist die Welle als Vorgang der Energieübertragung zu erläutern. Die physikalischen Sachverhalte erfordern in dieser Klasse den Einsatz von gegenständlichen Modellen und von Modellvorstellungen (↑ S. 153). Dabei ist auch auf das Wesen der Idealisierung einzugehen, und den Schülern bereits bekannte Beispiele für Idealisierungen sind zu wiederholen, z. B. ideales Gas, Punktmasse (↑ S. 154). Der Gegenstand des Physikunterrichts in dieser Klasse bietet besonders im Stoffgebiet Kernphysik Möglichkeiten, in geeigneter Form der Entwicklung der Grundüberzeugungen (↑ Abschnitt 2.3.2.) Beachtung zu schenken. Entsprechende Ausführungen sind im Lehrplan hervorgehoben.

<sup>37</sup> Junghähnel, G.: Zur Behandlung der elektrischen Leitfähigkeit. In „Physik in der Schule“, 6 (1908), H. 9.

Den Abschluß des Physiklehrgangs bilden das Praktikum, zwei Experimentalvorträge des Lehrers zu vom Lehrplan aus festgelegten Themen (↑ Anhang) und Stunden, die speziell dem Wiederholen und Systematisieren dienen sollen. Die Form der rezeptiven Aufnahme von Lehrstoff durch die Schüler in den zwei Experimentalvorträgen sollte durch von den Schülern gegebene mündliche Darlegungen über entsprechend begrenzte Themen ergänzt werden (Diskussionen, Vortrag). In diesen Stunden sollte aber auch in geeigneter Form auf Fragen des Zusammenhangs zwischen naturwissenschaftlicher Erkenntnis und ihrer philosophisch-weltanschaulichen Interpretation Bezug genommen werden. Es sollte dem Schüler schließlich beim Abschluß der allgemeinbildenden Schule bewußt worden sein, daß er auch sein physikalisches Wissen und Können ständig weiter vervollständigen und vertiefen muß und er nur ein begrenztes Bild von der sich ständig weiter entwickelnden Physik hat.

### 3.4.2. *Zum Unterricht in den Klassen 11 und 12*

Entsprechend den Grundsätzen und Zielen des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems, „... jedem Bürger“ ist „der Übergang zur jeweils nächsthöheren Stufe bis zu den höchsten Bildungsstätten . . . möglich . . .“<sup>38</sup>, ist als Schultyp der allgemeinbildenden Schulen ab 1. September 1969 die auf der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule aufbauende zweijährige Erweiterte Oberschule eingerichtet worden. Die Maßnahmen zur Umgestaltung der vierjährigen zur zweijährigen Erweiterten Oberschule, die seit dem Schuljahr 1967/68 schrittweise durchgeführt wurden (z. B. Einrichtung der Vorbereitungsklassen, neue Stundentafel und Lehrpläne, Einführung des wahlweise-obligatorischen und fakultativen Unterrichts) und ihre Begründung sind in der sogenannten ersten und zweiten EOS-Instruktion<sup>39</sup> erläutert. Die wesentlichen Ziele und Aufgaben des Physikunterrichts an der Erweiterten Oberschule sind im Lehrplan dargelegt. Im folgenden sollen einige für den Unterricht an der Erweiterten Oberschule spezifische Probleme dargelegt werden. Sie sind nicht ausschließlich spezifisch für den Physikunterricht. Erfahrungen bei der Lösung dieser Probleme liegen noch nicht vor.

Der für alle Schüler gleiche „obligatorische Unterricht“ bildet das Fundament für eine weitgehend einheitliche Hochschulvorbereitung und sichert eine hohe Disponibilität bei der Wahl der Studienrichtungen<sup>40</sup>. Dabei kommt dem naturwissenschaftlichen Unterricht (er umfaßt etwa 35% der gesamten obligatorischen Unterrichtszeit in den Klassen 11 und 12) eine besondere Bedeutung zu. Er soll die naturwissenschaftliche Allgemeinbildung der Schüler fundieren, berufsorientierend auf naturwissenschaftlich-technische und medizinische Studienrichtungen vorbereiten und auch Interessen für den Beruf des mathematisch-naturwissenschaftlichen Lehrers wecken. In Ergänzung zum naturwissenschaftlichen Unterricht stehen der fakultative Unterricht (vor allem in Form von Arbeitsgemeinschaften) und die wissenschaftlich-praktische Arbeit der Schüler in Betrieben und wissenschaftlichen Einrichtungen (wahlweise-obligatorisch). Einige der dafür vorgesehenen Rahmenprogramme (wie Elektrotechnik, Elektronik, Datenverarbeitung, BMSR-Technik usw.) haben engen Bezug zum Physikunterricht.

<sup>38</sup> Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem, § 2 (4). In „Gesetzblatt der Deutschen Demokratischen Republik“, Teil I, Nr. 6 vom 25. Februar 1965.

<sup>39</sup> Instruktion für die Vorbereitung und Durchführung der ersten Schritte der Umgestaltung der Erweiterten Oberschule entsprechend dem Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem — Erste EOS-Instruktion — vom 20. Juni 1966. In „Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung“, Nr. 21, vom 10. Dezember 1968.

Instruktion für den Aufbau der zweijährigen Erweiterten Oberschule — Zweite EOS-Instruktion — vom 13. September 1968. In „Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung“, Nr. 21 vom 10. 12. 1968.

<sup>40</sup> Zweite EOS-Instruktion. In „Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung . . .“ Nr. 21 vom 10. 12. 1968, S. 260.

Die grundlagenschaffende und -vertiefende Funktion des Physikunterrichts bei der naturwissenschaftlichen Bildung (↑ Abschnitte 2.1. und 2.2.) zeigt sich in erster Linie in einem höheren wissenschaftlich-theoretischen Niveau dieses Unterrichts in den Klassen 11 und 12. Das findet seinen Ausdruck darin, daß das bis zur Klasse 10 von den Schülern erworbene Wissen und Können nicht nur durch neues Bildungsgut zu erweitern ist, sondern daß in vielen Fällen den Schülern im Prinzip Bekanntes

- durch Hervorheben von Zusammenhängen zwischen physikalischen Erscheinungen und Gesetzmäßigkeiten einsichtig gemacht wird und
- daß es tiefer mathematisch durchdrungen wird.

So werden in der Klasse 12 die drei Formen" der Felder (Gravitationsfeld, elektrisches und elektromagnetisches Feld) zusammenfassend betrachtet, ihre gemeinsamen und unterscheidenden Merkmale werden hervorgehoben. Eine Erweiterung der bis zur Klasse 10 von den Schülern erworbenen Kenntnisse erfolgt durch Einführung der feldbeschreibenden Größen Magnetfluß dichte und magnetische Feldstärke. Im Abschnitt „Der Energieerhaltungssatz“ werden alle Kenntnisse der Schüler zum Begriff Energie, über Energieformen und -Umwandlung zusammengefaßt, systematisiert und auf aktuelle Probleme der Energiewirtschaft angewandt. Schließlich erfolgt eine Systematisierung der den Schülern bekannten Erhaltungssätze der Physik.

Hinsichtlich der mathematischen Durchdringung des Unterrichtsstoffs werden beispielsweise in Klasse 11 die Mechanik auf Grundlage der Infinitesimalrechnung behandelt, und der Zusammenhang zwischen dem Energieinhalt des idealen Gases und der absoluten Temperatur wird mathematisch hergeleitet. Die Vektorrechnung wird bei der quantitativen Beschreibung des elektromagnetischen Feldes angewandt (Klasse 12). Das den Schülern bereits bekannte Induktionsgesetz wird in differentieller Schreibweise behandelt (Klasse 12). Weiterhin werden im Unterricht

- Ergebnisse der modernen Physik einbezogen (z. B. aus der speziellen Relativitätstheorie; über Quanteneigenschaften des Lichts, spontane und induzierte Emission),
- Denk- und Arbeitsweisen der Physik hervorgehoben (insbesondere zur Arbeit mit Modellen),
- philosophische Verallgemeinerungen bestimmter physikalischer Erkenntnisse für den Staatsbürgerkundeunterricht vorbereitet bzw. philosophische Einsichten bei der Interpretation physikalischer Zusammenhänge genutzt.

Das mit diesen Punkten charakterisierte Niveau stellt an die Schüler und vor allem an den Lehrer, an sein pädagogisch-methodisches Können hohe Anforderungen (↑ Abschnitt 2.4.). Er muß seine unterrichtlichen Maßnahmen darauf orientieren, daß seine Schüler als künftige Studienbewerber einen kontinuierlichen Übergang zu den entsprechenden Studiendisziplinen der Hochschule finden; darüber hat Berndt einige Untersuchungsergebnisse veröffentlicht<sup>41</sup> und auch weitere Literatur zum Problem hochschulgemäßer Lehr- und Lernformen an der allgemeinbildenden Schule angegeben. Grundprobleme der Bildungsvoraussetzungen für das Hochschulstudium scheinen zu sein,

- den Schüler zu befähigen, sein Wissen und Können selbständig zu erhalten, zu festigen und zu erweitern,
- daß er lernt, seine Leistungen selbst einschätzen zu können und um ihre Verbesserung bemüht zu sein,
- daß er in entsprechenden Problemsituationen selbständig denkend Lösungen sucht und sein Wissen und Können anwenden lernt.

<sup>41</sup> Berndt, L.: Zu einigen Problemen eines kontinuierlichen Übergangs von der Oberschule zu naturwissenschaftlichen und technischen Disziplinen der Hochschule. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 9.

Daraus ergibt sich, daß es auf eine zielgerichtete Persönlichkeitsformung ankommt, die - das sei hier betont — sich auf Ergebnisse aus dem Unterricht der Klassen 1 bis 10 stützt und nun stärker die individuellen Besonderheiten jedes Schülers zu berücksichtigen hat. Zu den pädagogisch-psychologischen Aspekten der Persönlichkeitsentwicklung sei auf die Darlegungen in den „Beiträgen zur staatsbürgerlichen Erziehung älterer Schüler“ verwiesen.<sup>42</sup>

Durch die Ergänzung des obligatorischen Unterrichts durch fakultative Lehrveranstaltungen<sup>43</sup> treten die physikalischen Arbeitsgemeinschaften (↑ Abschnitt 4.3.) und die Formen der außerschulischen Tätigkeit der Schüler (↑ Abschnitt 4.5.) stärker als bis zur Klasse 10 in den Vordergrund. Diese die Differenzierung des Unterrichts als auch die Kollektivbildung der Schüler fördernden Organisationsformen sind mit dem obligatorischen Unterricht sinnvoll zu koordinieren. Sie dienen vor allem der Förderung spezieller Begabungen und Talente; detaillierte Ausführungen dazu zum Physikunterricht hat Berndt dargelegt.<sup>44</sup>

Bei der Wahl der didaktisch-methodischen Formen des Unterrichts sollte der Physiklehrer insbesondere dem Wiederholen, Anwenden, Üben und Kontrollieren Beachtung schenken (↑ Abschnitt 5.2.3.). Das Stellen von Lernaufgaben verschiedener Art bzw. von Übungs- und Kontrollaufgaben, experimentelle Schülertätigkeiten und schließlich das Vergeben von kleinen wissenschaftlichen Arbeiten (Jahresarbeiten), die im Thema der gewünschten Studienrichtung entsprechen sollten, sind weitere Möglichkeiten unmittelbarer Hochschulvorbereitung. Gelegentlich kann der Unterricht auch den Charakter einer Vorlesung oder eines Seminars annehmen, und es können auch von den Schülern selbst vorbereitete Ausführungen bzw. Diskussionen einbezogen werden. Ausführungen zu einzelnen inhaltlichen Schwerpunkten des Unterrichts sind zu finden in den „Methodischen Hinweisen Physik für die 11. Klasse“<sup>45</sup>.

### 3.5. Wechselbeziehungen des Faches Physik zu anderen Unterrichtsfächern

#### 3.5.1. Zur Problematik

Seit jeher enthalten die Lehrpläne den Hinweis, daß im Physikunterricht die Wechselbeziehungen zu anderen Unterrichtsfächern zu beachten sind. Solche Beziehungen gewinnen in der modernen Methodik immer mehr an Gewicht. In der Phase der Erarbeitung neuer Lehrpläne der sozialistischen Schule entstanden nach gründlicher Analyse der Wissenschaftsbereiche in sich geschlossene Systeme für die entsprechenden Bildungsbereiche, also auch für die physikalische Bildung. Es kommt nun darauf an, die immer noch zu sehr getrennten Bildungsbereiche zu einem Bildungssystem zu vereinigen, durch das eine Allgemeinbildung, eine allseitige Entwicklung sozialistischer Persönlichkeiten garantiert werden kann. Im Abschnitt 3.2.2. klang an, daß auch fast alle Leitlinien fachübergreifenden Charakter haben, d. h. nur durch gründliche Abstimmung der Unterrichtsfächer aufeinander realisierbar sind. Die vordringlichsten Aufgaben auf dem Gebiet der Wechselbeziehungen werden im folgenden genannt.

<sup>43</sup> Beiträge zur staatsbürgerlichen Erziehung älterer Schüler. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

<sup>44</sup> Resnikow, S. L.: Über die fakultativen Physikkurse. In „Physik in der Schule“, 7 (1969), H. 2.

<sup>45</sup> Veröffentlichungen zum Problem Begabungsdiagnose und -förderung in den Heften 2, 6, 7/8, 10, 11, 12 des Jahrgangs 5 (1967) von „Physik in der Schule“.

<sup>46</sup> Methodische Hinweise Physik 11. Klasse, zum Lehrplan 1969. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969.

### 3.5.2. Formen der Wechselbeziehungen zwischen der physikalischen Bildung und anderen Bildungsbereichen

Man kann zwei Formen der Wechselbeziehungen unterscheiden:

- die gegenseitige Durchdringung,
- die Überschneidung in einzelnen Themenkomplexen.

#### 3.5.2.1. Die gegenseitige Durchdringung

Die eindeutigste Form des Zusammenwirkens mehrerer Bildungsbereiche ist dann gegeben, wenn ein Bereich den anderen durchdringt. Das erfordert, daß die Gedankengänge des einen Bereichs in denen des anderen immanent enthalten sind, daß also eine relativ kleine Zahl von Begriffen des durchdringenden Bereichs als Merkmale vieler Begriffe des durchdrungenen Bereichs fungiert. Das legt den Wunsch nahe, die durchdringenden Begriffe in einem Katalog zusammenzustellen und ihre Einbeziehung in den Unterricht zu planen. In diesem Sinne fordern wir die philosophische, polytechnische und mathematische Durchdringung des Physikunterrichts. In letzter Zeit wurden diese Forderungen verbindlicher fixiert. So stellt Ley<sup>46</sup> einen ausführlichen Katalog der Ansatzbegriffe für die philosophische Durchdringung des naturwissenschaftlichen Unterrichts auf.

In ähnlicher Weise versucht Brüggener<sup>47</sup> Leitprinzipien zu schaffen, in denen „die Aspekte der Philosophie, der Ökonomie, der Geschichte und der Moral vorrangig unter politisch-erzieherischem Blickwinkel herangezogen werden“. Er ordnet dem Physikunterricht die folgenden Aspekte zu:

- politisch-philosophischer Aspekt  
Grundfragen der marxistischen Philosophie  
Grundaussagen der marxistischen Dialektik  
dialektische Entwicklungstheorie  
dialektischer Erkenntnisprozeß
- politisch-ökonomischer Aspekt  
Vermittlung von ökonomischen Tatsachen und einfachen Zusammenhängen  
wissenschaftlich-technische und ökonomische Zielstellungen des Parteiprogramms  
und anderer Dokumente  
Perspektiven der wissenschaftlich-technischen, der wirtschaftlichen und der kulturellen Entwicklung
- politisch-historischer Aspekt
- politisch-moralischer Aspekt
- politische Aktualisierung des Physikunterrichts als Unterrichtsprinzip.

Für die didaktisch-methodische Gestaltung unterscheidet Labitzke<sup>48</sup> fünf Möglichkeiten :

- die philosophische *Grunddarstellung*, die dem Staatsbürgerkundeunterricht vorbehalten ist,
- die philosophische *Betrachtung*, die unter Verwendung der entwickelten fachlichen Begriffe am Ende eines Abschnitts erfolgt,
- die *Behandlung* eines philosophisch-naturwissenschaftlichen Themas, in dem die Durchdringung deutlich erkennbar ist,

<sup>46</sup> Ley, R.: Zur ideologischen Bildung und Erziehung im naturwissenschaftlichen Unterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 7/8.

<sup>47</sup> Brüggener, K.-H.: Didaktisch-methodische Hinweise zur Vorbereitung und Gestaltung der Unterrichtsstunde. Abt. Physik-Methodik des Päd. Instituts „Dr. Theodor Neubauer“, Erfurt 1967.

<sup>48</sup> Labitzke, H.: Zur philosophisch-weltanschaulichen Bildung im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), Beilage zu Heft 12.

- die erzieherische *Einflechtung* eines an sich selbständigen weltanschaulichen Gedankengangs von 5 bis 10 Min. Dauer,
- der erzieherische *Hinweis*, das Aufmerksammachen auf politisch-ideologische Probleme.

Brüggener<sup>49</sup> bezeichnet die beiden zuletzt genannten Formen als die Hauptformen der staatsbürgerlichen Erziehung im Physikunterricht und empfiehlt ihren Einbau in die Unterrichtsstunde

- zu Beginn der Behandlung eines neuen Unterrichtsthemas, bei der Sicherung des Ausgangsniveaus bzw. bei der Entwicklung der Problemstellung,
- während der Erarbeitung des neuen Bildungsgutes,
- bei den verschiedenen Formen der Festigung,
- evtl. auch bei Hausarbeiten.

*Physikalische und polytechnische Bildung* durchdringen sich gegenseitig. Einerseits sind viele Probleme des polytechnischen Unterrichts als Synthese der naturwissenschaftlichen Grundlagen mit den technischen Anwendungsmöglichkeiten zu gestalten. Andererseits ist in Übereinstimmung mit Untersuchungen Engfers<sup>50</sup> zu fordern, daß der Physikunterricht Beiträge zur polytechnischen Bildung liefert<sup>51</sup> durch

- Vermittlung physikalischer Grundlagen von Technik und Produktion,
- Entwicklung solcher Fähigkeiten und Fertigkeiten der wissenschaftlich-technischen Tätigkeit, die für die produktive bzw. wissenschaftlich-praktische Tätigkeit in der modernen Produktion bedeutsam sind,
- Herausbildung und Erweiterung des polytechnischen Gesichtskreises,
- Mitwirkung bei Berufsaufklärung, Berufsorientierung und Berufsvorbereitung der Schüler,
- Erziehung der Schüler zu einer sozialistischen Einstellung zur Arbeit und zu einem aktiven Verhältnis zu Wissenschaft und Technik

(↑ Abschnitt 2.3.).

Das erfordert in nächster Zeit eine Fülle von Detailuntersuchungen, deren Ergebnisse wohl am besten durch die Fachpresse erfaßt und publiziert werden können. Vordringliche Schwerpunkte dabei sind

- die konsequente Verwendung der polytechnischen Terminologie im Physikunterricht,
- die Hervorhebung der für den polytechnischen Unterricht wichtigen Grundlagenbegriffe,
- das Verfolgen physikalischer Gedankengänge bis zur polytechnisch gefaßten Anwendung (evtl. im Sinne einer „Überlappung“, wie Backe<sup>52</sup> empfiehlt),
- die Wahl von Beispielen vorzugsweise aus dem technischen Bereich,
- die Hervorhebung gemeinsamer Aspekte in der physikalischen und technischen Forschungsperspektive.

Auch für polytechnische Gedankengänge ist ein zweckmäßiger Einbau in die Physikstunde notwendig. Im Prinzip wären die von Labitzke für die staatsbürgerliche Erziehung gegebenen Varianten auch hier möglich. Da aber physikalische Stoffe oft unmittelbarer durch ihre technische Anwendung motiviert werden, sind, wie auch Plötz<sup>63</sup>

<sup>49</sup> Brüggener, K.-H.: Didaktisch-methodische Hinweise zur Vorbereitung und Gestaltung der Unterrichtsstunde. Abt. Physik-Methodik des Päd. Instituts „Dr. Theodor Neubauer“, Erfurt 1967.

<sup>50</sup> Engfer, W.: Hinweise und Vorschläge für eine bessere Ausnutzung der Potenzen des Unterrichtsstoffes für die polytechnische Bildung, Diskussionsmaterial der Sektion III des DPZI, 1967.

<sup>51</sup> Vgl. dazu auch die grundsätzlichen Bemerkungen und die Beispiele in: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 72 ff.

<sup>52</sup> Backe, H.: Das physikalische Lehrmittel. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959.

<sup>53</sup> Plötz, R.: Das Verhältnis von physikalischem und technischem Bildungsgut im Physikunterricht der allgemein bildenden Oberschule. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 4.

ausführt, zu Beginn wie am Ende der Unterrichtseinheit die besten Anknüpfungspunkte zu suchen. Wichtig ist dabei, daß der Akzent der Behandlung nicht verschoben wird, daß also das physikalische Problem dominierend bleibt.

Die *mathematische Durchdringung* des Physikunterrichts ist in ungleich stärkerem Maße von den Vorleistungen des Faches Mathematik abhängig als in den beiden anderen Fällen. Ein philosophischer oder polytechnischer Begriff kann im Physikunterricht eingeführt werden, ehe er in Staatsbürgerkunde oder im polytechnischen Unterricht zur Sprache kommt. Ein mathematischer Begriff verlangt dagegen meist eine spezifisch mathematische Einführung, die ein anderes Fach nicht zu geben vermag. Wo dieses Prinzip verletzt wird, wie z. B. bei der Einführung des Vektorbegriff's, entstehen besondere Schwierigkeiten.

Damit der Mathematikunterricht seiner grundlegenden Aufgabe gerecht werden konnte, wurde am 17.12.1962 der Beschluß des Politbüros des ZK der SED und des Ministerrates der DDR „Zur Verbesserung und weiteren Entwicklung des Mathematikunterrichts in der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule der DDR“ als Nahziel des Bildungswesens veröffentlicht.

Die Verbesserung der mathematischen Bildung ist inzwischen spürbar geworden. Es kommt nun im verstärkten Maße darauf an, diese Vorgaben zu nutzen. So führt Dietzel<sup>54</sup> aus: „In vielen Stunden wird die Anwendung mathematischer Methoden und Verfahren völlig unzureichend von den Lehrern beachtet, obwohl besonders in Physik und Chemie ohne sie weder die Vermittlung ausreichend fundierter Einsichten in die Gesetzmäßigkeiten der jeweiligen Wissenschaft möglich ist noch ein sicheres Beherrschen der erworbenen Kenntnisse und deren praktische Anwendbarkeit zu erreichen sind. Für die fachspezifische Nutzung der mathematischen Kenntnisse und Fähigkeiten der Schüler muß bei der Planung des Unterrichtsprozesses sowohl bei der Stoffvermittlung als auch besonders für die Übung und Festigung ausreichend Zeit veranschlagt werden.“ Bauer<sup>55</sup> hebt hervor, daß durch die „mathematische Sprache“ der physikalische Unterrichtsstoff bestimmte charakteristische Merkmale erhält:

- Der Unterrichtsstoff bekommt einen streng quantitativen Charakter.
- Das Wesen der betrachteten physikalischen Erscheinungen wird dabei tiefer und vollständiger wiedergespiegelt.
- Das Unterrichtsergebnis wird in einer äußerst konzentrierten, kurzen Form (in Art einer Stenographie) ausgedrückt.

Er warnt jedoch mit Recht davor, die mathematischen Operationen in den Mittelpunkt des Unterrichtsgeschehens zu stellen. Der Schüler muß stets in der Lage sein, hinter der mathematischen Formulierung den physikalischen Sachverhalt zu erkennen und in klaren Sätzen auszudrücken<sup>56</sup>.

Besondere Ansatzpunkte der mathematischen Durchdringung des Physikunterrichts sind:

- Verwendung von Grundbegriffen der Mengenlehre im Physikunterricht bei der Einordnung von Begriffen,
- Nutzung der logischen Denkoperationen,
- Auswertung grafischer Darstellungen unter Verwendung des Funktionsbegriffs,
- Anwenden von Nomogrammen im Physikunterricht,

<sup>54</sup> Dietzel, K.: Fundiertes naturwissenschaftliches Wissen und Können aller Schüler — unser Beitrag zur Verwirklichung des Gesetzes über das einheitliche sozialistische Bildungssystem. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4.

<sup>55</sup> Bauer, F.: Zur Rolle der Mathematik im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 3 (1965J, Beilage.

<sup>56</sup> Voigt, H.: Die mathematische Beschreibung und die Systematisierung der Naturerscheinungen — wichtige Prinzipien der physikalischen Forschung. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 10 (1963), H. 5.

- Verwendung des Differenzenquotienten bei physikalischen Aussagen über zeitliche und räumliche Abhängigkeit von Größen,
- Anwenden mathematischer Lösungsalgorithmen bei physikalischen Aufgaben.

Im Grunde durchdringen alle im Abschnitt 3.2.2. genannten Leitlinien das Bildungsgut mehrerer Unterrichtsfächer: die philosophische Durchdringung ist zur Bildung der sozialistischen Persönlichkeit zu nutzen und dabei ein Anliegen aller Fächer (↑ Abschnitt 2.3.1.). Auch die Ausführungen über die Entwicklung von Fähigkeiten gelten allgemein; sie klingen bereits besonders in den Lehrplänen für Chemie und Biologie an. Die mathematische Durchdringung eröffnet im Physikunterricht wichtige Wege des Eindringens in die Arbeitsverfahren der Physik, aber auch der Chemieunterricht betont die mathematische Fassung und Interpretation von Gesetzen.

Sogar die Leitlinien zur Erkenntnis der Struktur der Materie, die häufig als spezielles Anliegen der Physik angesehen werden, gelten auch für andere naturwissenschaftliche Fächer: Im Biologieunterricht der Klasse 8 werden in einem Abschnitt „Stoff- und Energiewechsel“ sowohl der im Physikunterricht bereits verallgemeinerte Energiebegriff als auch die speziellen Kenntnisse aus der Wärmelehre aufgegriffen. Im Chemieunterricht der Klasse 7 werden die Aussagen zum Teilchenmodell, die im Physikunterricht der Klasse 6 erarbeitet wurden, sofort verwendet. Die Reaktionsgleichungen erhalten sehr bald eine Angabe zur Energietönung.

Solche Gemeinsamkeiten lassen vermuten, daß man in Zukunft durch Begriffsanalyse, Begriffsbildung und eine allgemeinere Fassung des Systems der Leitlinien zu einer tieferen Darstellung der Wechselbeziehungen zwischen den Unterrichtsfächern kommen kann.

#### 3.5.2.2. *Überschneidungen in bestimmten Themenkomplexen*

Diese Form der Wechselbeziehungen erstreckt sich nur auf bestimmte Stoffgebiete. Im folgenden sollen einige besonders markante Probleme dieser Art betrachtet werden.

##### *Wechselbeziehungen zum Chemieunterricht*

In den letzten Jahrzehnten haben sich Grenzgebiete zwischen Physik und Chemie herausgebildet, die auch in vereinfachter Form in den Unterricht eingehen. An dieser Stelle interessieren besonders Teile der physikalischen Chemie und der chemischen Technologie. In der Oberschule sind die folgenden physikalisch-chemischen Probleme zu behandeln:

- Atom- und Molekülbau, allgemeine Strukturfragen der Stoffe,
- chemische Thermodynamik und Gleichgewichtslehre,
- Elektrochemie.

Das erste Problem ist nach dem neuen Lehrplan gut gelöst: Der Vorlauf der Physik bei der Entwicklung der Atomvorstellung in Klasse 6 wirkt sich für den Chemieunterricht günstig aus, da nunmehr in kürzerer Zeit das Periodensystem der Elemente erarbeitet werden kann. Eine Schwierigkeit muß jedoch bei der Prägung des Teilchenbegriffs vermieden werden: Während die Physik auf eine Systematik der Elementarteilchen vorbereitet und damit Molekül, Atom und Elektron auf verschiedene Stufen stellt, strebt die Chemie eine Systematik der „chemischen Teilchen“ an, wobei Elektron, Ion und Makromolekül in gleicher Weise einbezogen werden. Darum muß der Teilchenbegriff von vornherein so erweiterungsfähig bleiben, daß er beiden Ansprüchen gerecht wird. Dem entsprechen etwa die folgenden in Abschnitt 3.2.2.2. angeführten und nunmehr erweiterten Merkmale:

- Das Atom ist ein Teilchen. Es verkörpert einen besonderen Gleichgewichtszustand, von dem man andere Teilchenstrukturen ableiten kann.
- Elektronen gehören zu den Bestandteilen des Atoms. Sie treten häufig auch einzeln auf und haben dann den Charakter selbständiger Teilchen.

- Die Anziehungskräfte zwischen ungleichnamigen Ladungen können einen Zusammenhalt bewirken.

Für Physik und Chemie ist in gleicher Weise ein geeignetes Atommodell wichtig, das anschauliche Bilder für die elementaren physikalischen wie chemischen Erscheinungen bereitstellt. Vier Modelle stehen dabei zur Diskussion:

- Das Rutherford-Bohrsche Atommodell ordnet die Elektronen als Massenpunkte auf Kugelschalen an, die sich voneinander durch Radius und Energiewerte unterscheiden. Die Bindungsvorgänge werden mit unmotivierten Postulaten verbunden, die für die Schüler unerklärbar bleiben.
- Im Bohr-Sommerfeldschen Atommodell werden die Energieniveaus der Elektronen einer Schale durch Ellipsenbahnen verschiedener Exzentrizität veranschaulicht. Da dem Schüler die Begriffe der Rotationsdynamik fehlen, bleibt ihm dieses Bild fremd. Daß Elektronenpaare bindende Wirkung haben, widerspricht allen Gesetzen, die der Schüler kennt.
- Im wellenmechanischen Orbitalmodell wird eine Aufenthaltswahrscheinlichkeit für jedes Hüllenelektron aus wellenmechanischen Gesetzen abgeleitet. Dem Schüler fehlen die Kenntnisse der Wellenlehre und der Wahrscheinlichkeit; die Hybridisierung muß ihm paradox erscheinen.
- Im Kimballschen Kugelwolkenmodell wird ebenfalls vom Teilchenbild abstrahiert; die Elektronen werden als Kugelwolken abgebildet. Struktur und Bindungserscheinungen werden der geometrischen Anordnung der Kugelwolken entnommen, die für die Schüler verständlich ist. Das Kugelwolkenbild selbst erscheint jedoch zu offensichtlich konstruiert.

Angesichts der Unzulänglichkeit aller Atommodelle, aus denen die methodischen Schwierigkeiten erwachsen, muß den Schülern bewußtgemacht werden, daß ein Modell in jedem Fall nur eine begrenzte Anzahl von Eigenschaften des realen Objekts wiedergeben kann<sup>67</sup>. Es wird zunächst vom Rutherford-Bohrschen Modell ausgegangen, und erst in Klasse 11 und 12 gibt der Chemieunterricht einen Ausblick auf das Orbitalmodell.

Die chemische Technologie wird nach wie vor weitgehend im Chemieunterricht dargeboten. Sie tritt gegenüber den theoretischen Stoffen zurück, verdient aber trotzdem Beachtung in unserem Gedankengang. Die chemischen Reaktionen, die die Hauptphase der chemischen Produktion beherrschen, kann man nach dem Aggregatzustand der beteiligten Stoffkomponenten gliedern. Das bedeutet, daß im Chemieunterricht ständig vom Wissen der Schüler über die Aggregatzustände ausgegangen werden muß. Dieses Wissen ist darum in Klasse 6 sehr ausdrücklich und grundlegend zu entwickeln. Die Vorphase der chemischen Produktionsverfahren wird meist durch mechanische Bearbeitungsverfahren der Ausgangsstoffe gebildet, an die die Schüler z. T. durch den Werkunterricht herangeführt werden. Hier wie dort ist in Zukunft anzustreben, daß die Erscheinungen nach Möglichkeit mit den Aussagen zur Teilchenstruktur verknüpft werden, auf denen der Physikunterricht aufbaut (z. B. Kohäsion als Begründung für Festigkeit und Härte).

#### *Wechselbeziehungen zum polytechnischen Unterricht*

(↑ Abschnitt 2.3.)

Die Tatsache der gegenseitigen Durchdringung der physikalischen und polytechnischen Bildung schließt nicht aus, daß bei bestimmten Stoffkomplexen besondere inhaltliche Überschneidungen zu beachten sind. Augenscheinlich ist dies auf dem Gebiet der Elektrizitätslehre, die durch den elektrotechnischen Modellbau des Werkunterrichts vor-

<sup>67</sup> Man beachte die Hinweise hierzu bereits in Klasse 8 (Physik, Lehrbuch für Klasse 8, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969, S. 56).

bereitet wird und im polytechnischen Unterricht als Elektrotechnik weitergeführt wird, besonders deutlich zu erkennen. Um eine unfruchtbare doppelte Behandlung der Themen zu vermeiden, ist etwa folgendermaßen abzugrenzen:

- Der Werkunterricht betont die anschaulich erfaßbaren Erscheinungen und macht mit der Funktion der grundsätzlichen Schaltelemente bekannt. Die Erfahrungen mit elektrischen Schaltungen werden in einfachen Sätzen festgelegt, durch die die Gesetze vorbereitet werden.
- Der Physikunterricht der Klassen 8 und 9 baut bewußt auf diesen Erfahrungen auf und dringt unter stärkerer Betonung der Denkanforderungen zur mathematischen Formulierung der Gesetze vor. Jede Betrachtung schließt mit einem Ausblick auf technische Anwendungsmöglichkeiten.
- Der Lehrgang Elektrotechnik, der nunmehr die Klasse 10 im Fach ESP betrifft, untersucht unter Verwendung der im Physikunterricht behandelten Gesetze die Funktion technisch wichtiger Schaltelemente und Anlagen.

Auch bei der Ausbildung von Begriffen der Mechanik ist eine Koordination zu sichern. Sie muß gewährleisten, daß in einem Prozeß über die gesamte Schulzeit hinweg bestimmte Grundbegriffe an Inhalt und Umfang stetig erweitert werden. Hierzu sei auf <sup>58</sup> verwiesen.

#### *Wechselbeziehungen zum Mathematikunterricht*

Beziehungen zwischen Physik und Mathematik werden meist prinzipiell dargelegt, d. h. als Ausdruck der Durchdringung physikalischer Gedankengänge durch mathematische Interpretationsmittel. Trotzdem ist es stets interessant und auch wichtig, einzelne Themenkomplexe auf spezifische Anwendungen mathematischer Operationen hin zu untersuchen. An dieser Stelle soll lediglich auf einige besonders mathematisch orientierte Beiträge aus den letzten Jahrgängen der Fachzeitschrift hingewiesen werden:

- Ein besonders dankbares Anwendungsgebiet der Diagramme sind die Arbeitsdiagramme im Physikunterricht der Klasse 7.<sup>59</sup>
- Mit Nomogrammen kann im Physikunterricht auch schon zu einem Zeitpunkt gearbeitet werden, in dem die Rechenfertigkeiten noch nicht zur Verfügung stehen.<sup>60</sup>
- Auf dem Gebiet der Vektoren sind Vereinbarungen notwendig, um die unterschiedlichen Aspekte der Behandlung in beiden Fächern zusammenzuführen.<sup>61</sup>
- Bei der Einführung der Begriffe Arbeit und Energie in Klasse 7 sind erstmalig physikalische Probleme rechnerisch zu lösen.<sup>62</sup>

#### *Wechselbeziehungen zum Staatsbürgerkundeunterricht*

Es läßt sich im Gefüge didaktischer Begriffe nicht vermeiden, daß manche Gedankengänge unter verschiedenem Gesichtspunkt eingeordnet werden können. So wurden die Beziehungen zur Staatsbürgerkunde einerseits als Form der gegenseitigen Durchdringung (↑ Abschnitt 3.5.2.1.), andererseits als Gegenstand eines allgemeinen Erziehungsprogramms (↑ Abschnitte 2.3.2., 2.4. und 3.2.) betrachtet.

<sup>58</sup> Voigt, H.: Probleme der gemeinsamen Begriffsbildung im Physikunterricht und im polytechnischen Unterricht. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 7/8.

<sup>59</sup> Wehner, R.: Arbeitsdiagramme im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 9.

<sup>60</sup> Göbel, R.: Nomogramme als Hilfsmittel zur Ermittlung von Geschwindigkeit und Dichte im Physikunterricht der Klasse 6. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 11.

<sup>61</sup> Voigt, H.: Probleme der Bezeichnung und Behandlung von Vektoren. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 11.

<sup>62</sup> Wehner, R.: Zur Einführung der physikalischen Größen Arbeit und Energie im Physikunterricht der Klasse 7 nach dem präzisierten Lehrplan. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 3 u. 4.

## 4. Organisationsformen des Physikunterrichts

Der Begriff der Organisationsform des Unterrichts kann in verschiedenem Sinne verstanden, er kann insbesondere auf die Art der Zusammenfassung der Schüler zu einem Verband und auf die zeitliche Gliederung des Unterrichts bezogen werden. Im Hinblick auf die Zusammenfassung von Schülern zu einem Verband gilt als grundlegende Organisationsform in der allgemeinbildenden Schule die Jahrgangsklasse. In einer Klasse werden in der Regel etwa 30 Schüler des gleichen Geburtsjahrganges zusammengefaßt (in den Klassen älterer Jahrgänge ist die Schülerzahl meist etwas geringer).

Hinsichtlich der zeitlichen Gliederung ist die grundlegende Organisationsform die Unterrichtsstunde; sie umfaßt 45 Minuten. In bestimmten Fällen können zwei Unterrichtsstunden zu einer Doppel- oder Blockstunde vereinigt werden; im Physikunterricht erweist sich das besonders bei umfangreichen experimentellen Arbeiten und für das Praktikum, vor allem in den höheren Klassen, als nützlich. Vom Ziel und von der inhaltlichen Thematik her kann eine Folge von mehreren Unterrichtsstunden ein einheitliches Ganzes bilden; in diesem Falle spricht man von einer Unterrichtseinheit.<sup>1</sup> Eine Unterrichtsstunde wird, zumindest von der Mittelstufe der Oberschule an, nicht weiter organisatorisch untergliedert.<sup>2</sup>

### 4.1. Der Klassenunterricht

Der Unterricht in einer Klasse kann alle Schüler gemeinsam in grundsätzlich gleicher Weise erfassen, zum Beispiel durch einen Vortrag, ein Demonstrationsexperiment oder ein Unterrichtsgespräch; diese Organisationsform des Unterrichts wird frontale Arbeit oder frontaler Unterricht genannt. Sie ist die häufigste Art des Unterrichts in der allgemeinbildenden Schule und dominiert auch im Fach Physik. In einigen anderen Fächern (z. B. im Werkunterricht, im Fremd Sprachenunterricht in besonderen Kabinetten) wird die Klasse in größere Gruppen (Halbklassen) geteilt; diese Form ist auch für die Durchführung von Schülerexperimenten im Physikunterricht zu empfehlen, sofern es die Bedingungen gestatten. Andererseits kann auch die Zusammenfassung zweier oder mehrerer Klassen (z. B. Parallelklassen) zu einer Großklasse nützlich sein, zum Beispiel bei Vorträgen oder Demonstrationen. Eine solche Organisationsform ist vor allem für den Unterricht in den höheren Klassen der Oberschule und in den Klassen der Erweiterten Oberschule geeignet, sie nähert sich der Form einer Vorlesung an Fach- und Hochschulen an. Über ihre Anwendung liegen in der DDR und in anderen Ländern positive Erfahrungen vor<sup>3</sup>, ebenso über das Zusammenwirken verschiedener Organisationsformen im Klassenunterricht.

<sup>1</sup> Zur Planung des Unterrichts in größeren Einheiten siehe Kapitels.

<sup>2</sup> Über die didaktische Gliederung der Unterrichtsstunde siehe Abschnitt 5.2.

<sup>3</sup> Meier, A.: Modell des Unterrichts mit hochschulähnlichen Lehr- und Lernformen in den oberen Klassen. In „Pädagogik“, 20 (1965), H. 12.

Der frontale Unterricht ermöglicht in vieler Hinsicht eine rationelle Organisationsform des Lehrens und Lernens, seine Grenzen liegen aber dort, wo der individuellen Arbeit des Lehrers mit den einzelnen Schülern und der individuellen Lernweise der Schüler breiter Raum gegeben werden muß, wie zum Beispiel beim Experimentieren oder beim selbständigen Lösen von Aufgaben. Hier ist eine Unterteilung der Klasse zweckmäßig oder gar notwendig. Wird die Klasse in mehrere kleine Gruppen aufgegliedert, die jeweils gemeinsam an einem bestimmten Problem oder an einer besonderen Aufgabe arbeiten, so bezeichnen wir diese Organisationsform als Gruppenarbeit oder Gruppenunterricht (↑ Abschnitt 4.2.). Beim Einzelunterricht beschäftigt sich der Lehrende individuell jeweils mit nur einem Schüler. Diese Organisationsform ist — wie zum Teil auch die Gruppenarbeit — für die Förderung zurückbleibender Schüler, aber auch für die Entwicklung spezieller Talente gut geeignet.

In Schulen mit geringer Schülerzahl können auch Schülergruppen verschiedener Klassenstufen zu einem Klassenverband zusammengefaßt und parallel, jedoch im allgemeinen mit verschiedener Ziel- und Aufgabenstellung, unterrichtet werden (Abteilungsunterricht; für die Oberstufe der Oberschule in der DDR hat diese Organisationsform — im Unterschied zur allgemeinen Pflichtschule für die Volksmassen in vielen kapitalistischen Ländern — keine Bedeutung mehr).

Der Klassenunterricht im Fach Physik wird in der Regel in einem besonderen *Fachunterrichtsraum* durchgeführt, dessen Ausstattung die Demonstration von Experimenten und Modellen, die Arbeit an der Tafel sowie die Vorführung von Filmen und Lichtbildern gewährleistet. Die Arbeitsplätze der Schüler in diesem Raum sollen nicht nur Schreiben und Zeichnen, sondern auch experimentelle Arbeiten ermöglichen (↑ Abschnitt 7.2.). Die Jahrgangsklasse ist als grundlegende Organisationsform des Unterrichts auch die Basis der Arbeit der sozialistischen Kinder- und Jugendorganisation, sie bildet einen Teil des Schulkollektivs mit einem speziellen, in sich geschlossenen Aufgabengebiet, in ihr konzentriert sich die Kollektiverziehung der Kinder und Jugendlichen in der Schule.

Das Klassenunterrichtssystem, das heißt die Organisation des Unterrichts, bei der die Schüler in Jahrgangsklassen zusammengefaßt sind und nach Erreichen des Zieles einer Klasse in die nächsthöhere aufsteigen, stützt sich auf die fortschrittliche Tradition der bürgerlichen Pädagogik, seine Anfänge gehen bis in die Zeit des Frühkapitalismus zurück (Ratke, Komensky).

Auf weitere, spezielle Hinweise zur Gestaltung des Klassenunterrichts, besonders zur frontalen Arbeit im Physikunterricht, kann hier verzichtet werden, da sich die Ausführungen über die Demonstrationsexperimente (↑ Abschnitt 5.3., speziell 5.3.1.) und über die didaktische Gestaltung des Unterrichts (↑ Abschnitt 5.1. ff.) zum überwiegenden Teil auf diese Organisationsform beziehen.

## 4.2. Der Gruppenunterricht

Im Physikunterricht ist neben der frontalen Unterrichtsarbeit auch die Gruppenarbeit der Schüler weit verbreitet. Die Schüler der Klasse werden aus erzieherischen, methodisch-didaktischen oder aus organisatorischen Gründen zu verschiedenen mehr oder weniger großen Gruppen innerhalb des Klassenverbandes zusammengefaßt und erhalten bestimmte Aufgaben zugewiesen.<sup>4</sup> Die Aufgliederung der Klasse in Schülergruppen dient dabei in besonderem Maße der inneren Differenzierung des Unterrichts; durch

<sup>4</sup> Abriß der allgemeinen Didaktik, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966, S. 182 ff.

unterschiedliche Aufgabenstellungen kann insbesondere auf die individuellen Eigenarten und Leistungsmöglichkeiten der einzelnen Schüler eingegangen werden, können schwächere Schüler an das Durchschnittsniveau herangeführt und besonders begabte Schüler zusätzlich gefördert werden. Im Unterricht sind *zwei Möglichkeiten der Gruppenbildung* zu unterscheiden:

1. Die gesamte Klasse wird in Gruppen aufgeteilt, jeder Schüler der Klasse wird jeweils einer bestimmten Gruppe zugewiesen;
2. Nur einige Schüler der Klasse werden zu einer Gruppe oder zu mehreren Gruppen zu sammengefaßt.

Die erste Organisationsform ist typisch für physikalische Schülerexperimente und für physikalische Praktika. Dabei ist nicht unbedingt erforderlich, daß alle Gruppen den gleichen Experimentierauftrag erhalten und diesen Auftrag unbedingt im Klassenraum durchführen; die Aufträge können inhaltlich mehr oder weniger voneinander abweichen und im Klassenraum oder Fachraum, im Schulgebäude (z. B. im Treppenhaus bei Fallversuchen) oder auf dem Freigelände der Schule (z. B. auf dem Schulhof oder auf dem Sportplatz bei Geschwindigkeitsbestimmungen) durchgeführt werden. Die zweite Organisationsform ist charakteristisch für Gruppendemonstrationen äquivalenter Versuche (↑ Abschnitt 5.3.2.2.), wobei zwei oder mehr Gruppen unmittelbar nebeneinander die inhaltlich aufeinander abgestimmten Versuche vorführen. Die Gruppenarbeit innerhalb des systematischen Unterrichts läßt sich über Experimentieraufträge hinaus auch auf andere Erkundungsformen, wie die Betrachtung ruhender Erscheinungen, die Beobachtung bestimmter Vorgänge oder die Untersuchung komplexer Gerätschaften, ausdehnen. In ähnlicher Weise können die einzelnen Schüler vorgegebene Literatur unter einem bestimmten Gesichtspunkt sichten und auswerten, Tabellen zusammenstellen, Querverbindungen zu anderen Unterrichtsfächern suchen und somit Anwendungsbeispiele zu ausgewählten physikalischen Problemen zusammentragen usw. Hierbei werden je nach Bedingung einmal alle Mitglieder der Gruppe alle Teilprobleme gemeinsam bearbeiten oder nach dem Prinzip der Arbeitsteilung ausgewählte Teilprobleme einzeln behandeln. Die Schüler jeder Gruppe informieren sich dabei gegenseitig über ihre Arbeitsschritte, tauschen ihre Meinungen aus und formulieren das Endergebnis ihrer Aufgabe. Je nach Art des Auftrages und der jeweiligen Unterrichtssituation wird dann ein Sprecher der Gruppe vor der Gesamtklasse zusammenfassend über die Arbeitsergebnisse seiner Gruppe berichten. Bei gleichen Aufträgen für alle Gruppen ist die Vorbereitung, Auftragserteilung und Kontrolle der Arbeitsergebnisse durch den Lehrer verhältnismäßig einfach. Die getrennt-gemeinschaftliche Gruppenarbeit (↑ Abschnitt 5.3.2.) im systematischen Unterricht verlangt dagegen vom Lehrer eine detaillierte Gliederung des Gesamtlehrstoffs in wohl abgestimmte Teilkomplexe, da alle Gruppen nach einer gemeinsamen Vorbereitung (gemeinschaftliche Arbeitsweise) klare, gegeneinander deutlich abgegrenzte Aufträge erhalten müssen (getrennte Arbeitsweise) und diese später durch Vergleich wieder gemeinschaftlich auswerten. Unter Umständen ist auch bewegliches Schulmobiliar notwendig, um durch eine entsprechende Platzanordnung im Klassenraum (Tischgruppen in den Ecken des Klassenraumes oder bei architektonisch besonders gestalteten Räumen in den dafür vorgesehenen Nischen des Zimmers) günstige Arbeitsmöglichkeiten für die einzelnen Gruppen zu schaffen. Durch die Sitzordnung der Schüler muß eine geschlossene Einheit gebildet werden und eine echte Möglichkeit zur kollektiven Zusammenarbeit innerhalb jeder Gruppe gegeben sein, ohne daß sich die einzelnen Gruppen bei ihrer Arbeit gegenseitig stören. Die Aufteilung der Gesamtklasse in Schülergruppen ist auch bei der Durchführung von Exkursionen vielfach zweckmäßig (↑ Abschnitt 4.4.). Von besonderer Wichtigkeit ist die Gruppenarbeit in Arbeitsgemeinschaften (↑ Abschnitt 4.3.), bei der schrittweisen Einführung des differenzierten Unterrichts (naturwissenschaftlich-technische Arbeitsgemeinschaften in den Klassen 9 und 10) und bei der Durchsetzung des fakultativen Unterrichts in den Klassen 11 und 12.

### 4.3. Die physikalischen Arbeitsgemeinschaften

#### 4.3.1. Ziele der Arbeitsgemeinschaften

In den letzten Jahren haben sich Arbeitsgemeinschaften, Zirkel und Leistungsvergleiche im Fach Physik in vielen Schulen unserer Republik als integrierender Bestandteil der ganztägigen Bildung und Erziehung entwickelt. Besonders gute Fortschritte auf dem Gebiet der ganztägigen Bildung und Erziehung wurden dort erzielt, wo das Pädagogenkollektiv der Schule ein wirksames Partnerschaftsverhältnis zum sozialistischen Jugendverband, zu einem volkseigenen Betrieb und zur Elternschaft hat. Die Verwirklichung der Anforderungen an die Bildung und Erziehung, wie sie im *Gesetz über das einheitliche, sozialistische Bildungssystem* dargelegt sind, und die Befriedigung des Bedürfnisses der Schüler nach schöpferischer Betätigung außerhalb des Unterrichts verlangen, einen ganztägigen Bildungs- und Erziehungsprozeß in allen Schulen zu erreichen.

Viele Schüler besitzen ein besonderes Interesse am Basteln (Bauen mit Modellbaukästen, Selbstbau einfacher Rundfunkempfänger u. a. m.); andere sind stärker theoretisch interessiert und lesen zum Beispiel populärwissenschaftliche Werke oder lösen Knobelaufgaben. Gelegentlich wenden sich interessierte Schüler mit Fragen an den Physiklehrer, eine Erscheinung, die zumeist nicht für das Kollektiv genutzt wird. Um gerade bei den interessierten oder besonders begabten Schülern ein noch besseres physikalisches Können zu erreichen, eine Einheit zwischen den unkontrollierbaren Freizeitliebblingsbeschäftigungen und einer gelenkten Freizeitbeschäftigung herzustellen, den Bastler für die Theorie zu interessieren, die Wünsche von interessierten Schülern zu berücksichtigen, die Berufswahl der Schüler auf technische Berufe zu lenken und das kollektive Arbeiten zu fördern, sind außerhalb der Unterrichtszeit gelegene physikalische oder physikalisch-technische Arbeitsgemeinschaften besonders zweckmäßig.

Die **Ziele** der physikalischen Arbeitsgemeinschaften sind:

1. das physikalische Grundwissen zu vertiefen, Ergänzungswissen zu festigen bzw. neu zu vermitteln;
2. konstruktive und schöpferische Fähigkeiten zu entwickeln;
3. die experimentellen und geistigen Fertigkeiten durch Üben zu erhöhen;
4. wünschenswerte Charaktereigenschaften (Genauigkeitsstreben, Fleiß u. a.) herauszubilden;
5. durch gemeinsame Zielstellungen an das Arbeiten in Kollektiven zu gewöhnen (↑ Kapitel 2);
6. interessierte und talentierte Schüler bis zur Neuererbewegung zu fördern<sup>5</sup>.

#### 4.3.2. Arten der Arbeitsgemeinschaften

Da die Zahl der interessierten Schüler erheblich größer als die der besonders talentierten ist, sollte zwischen **freien** und **gebundenen Arbeitsgemeinschaften** unterschieden werden. Durch die *freien Arbeitsgemeinschaften* wird eine größere Anzahl von interessierten Schülern gefördert. Diese Arbeitsgemeinschaften unterstützen durch ihre Zielstellung die Berufswahl der Schüler. Sie sollten sich durch einen starken technischen Bezug (Industrie, Landtechnik) auszeichnen. Der Leiter dieser Arbeitsgemeinschaften ist entweder ein Lehrer oder ein Mitarbeiter des Patenbetriebes. Die Teilnahme an diesen Arbeitsgemeinschaften ist grundsätzlich freiwillig. Die Arbeitspläne dieser Arbeitsgemeinschaften werden nach Vorstellungen des Arbeitsgemeinschaftsleiters unter Berücksichtigung von Wünschen der Teilnehmer durch die Gruppe selbst be-

<sup>5</sup> Vgl. den Artikel „Kann man Neuerer erziehen?“, in „Deutsche Lehrerzeitung“ (1968), Nr. 20, S. 7.

schließen. Rahmenpläne zentraler Dienststellen oder der Jugendorganisation könnten zur Anleitung dienen, dabei sind ältere Empfehlungen<sup>6</sup> kritisch zu sichten. Zwischen gleichartigen Arbeitsgemeinschaften eines Kreises sollten *Leistungsvergleiche* und *Spezialistentreffen* durchgeführt werden. Ausstellungen der selbstgefertigten Lehrmittel oder technischer Apparate könnten in der eigenen Schule in Ausstellungsecken durch die Schüler organisiert werden, um für die Arbeitsgemeinschaft zu werben, um aber auch ähnlich gelagerte Arbeitsgemeinschaften anzusprechen.

Bedingt durch die freiwillige Teilnahme an den freien Arbeitsgemeinschaften, treten häufig große Teilnahmeschwankungen auf. Dieser Nachteil entfällt bei den *gebundenen Arbeitsgemeinschaften*. Für diese Arbeitsgemeinschaften werden die für das Fach Physik Befähigsten ausgewählt und für eine regelmäßige Teilnahme an einer physikalischen Arbeitsgemeinschaft gewonnen.<sup>7</sup> Bei der Auswahl ist besonderer Wert auf die Einbeziehung talentierter Mädchen zu legen.

Besondere Berücksichtigung bei der Auswahl für die Arbeitsgemeinschaft sollten auch die Schüler der zehnklassigen Oberschule finden, die voraussichtlich über die Klassen 11 und 12 später ein physikalisches, technisches oder Lehrerstudium in den Fächern Physik und Mathematik aufnehmen werden. Bei der Auswahl der Schüler für die gebundenen Arbeitsgemeinschaften ist jedoch zu berücksichtigen, daß Allgemeinbegabung und spezielle Begabung sehr hoch miteinander korrelieren, das heißt, daß die für diese Arbeitsgemeinschaft geeigneten Schüler im allgemeinen in allen wissenschaftlichen Schulfächern gute bis sehr gute Leistungen zeigen.

Mehr als zwei Arbeitsgemeinschaften sollten die Schüler nicht besuchen, um nicht überlastet zu werden. Das Kollektiv der Arbeitsgemeinschaftsleiter der jeweiligen Schule sollte sich einigen, an welchen gebundenen Arbeitsgemeinschaften die talentierten Schüler unter Berücksichtigung ihrer Wünsche teilnehmen sollen. Der Leiter dieser gebundenen Arbeitsgemeinschaft sollte ein Physiklehrer der Schule sein. Besser wäre es noch, einen Ingenieur oder Meister aus einem sozialistischen Betrieb zu gewinnen, um den gesellschaftlichen Einfluß auf die Teilnehmer zu verstärken. Dann macht sich jedoch eine enge Zusammenarbeit des Leiters der Arbeitsgemeinschaft mit dem Physiklehrer der Schule dringend notwendig. Der Leiter sollte einzelne Schüler zeitweise oder ganz von der Arbeitsgemeinschaft befreien, wenn sie in irgendeinem wissenschaftlichen Schulfach einen Leistungsabfall zeigen.

Der Zweck der gebundenen Arbeitsgemeinschaft besteht vor allem darin, ein solides Können zu erreichen. Dazu eignen sich schwierige Aufgaben, die bis an die obere Leistungsgrenze der jeweiligen Altersstufe heranführen.<sup>8</sup> Die gebundene Arbeitsgemeinschaft stellt eine unmittelbare Ergänzung und Vertiefung zum Klassenunterricht dar. Die Einführung der neuen Lehrpläne in den Klassen 11 und 12 verlangt die schrittweise Heranführung der Jugendlichen an Formen der wissenschaftlich-produktiven Tätigkeit. Das erfordert, folgerichtig auch Organisationsformen einzuführen, die einer solchen Tätigkeit besser entsprechen. Neben dem *obligatorischen Unterricht* wird bei relativ niedriger Wochenstundenzahl der *fakultative Unterricht* eingeführt, der von den Erfahrungen ausgeht, die in Arbeitsgemeinschaften gesammelt wurden.<sup>9</sup> Für die Teilnehmer am fakultativen Physikunterricht geht es um eine vertiefende Beschäftigung mit physikalischen bzw. technischen Problemen, dabei wird technisches Bildungsgut der Hochschulen teilweise einbezogen.<sup>10</sup> Die Lenkung der Interessen der Oberschüler

<sup>6</sup> Zum Beispiel „Junge Elektrotechniker“, „Junge Eisenbahner“. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1952.

<sup>7</sup> Vgl. Derndt, L.: Begabungsdiagnose im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 2.

<sup>8</sup> Vergleiche dazu die Forschungsmethode von Günther im Abschnitt 5.2.2.2.

<sup>9</sup> IJonecker, M.: Ergebnisse der Einführung neuer Lehrpläne und -methoden an den zehnklassigen allgemein bildenden Oberschulen. In „Neues Deutschland“ vom 12. 6. 1968.

<sup>10</sup> Vgl. dazu „Richtlinie für den fakultativen Unterricht an den Erweiterten Oberschulen“. In „Verfügungen und Mitteilungen des MFV“ Nr. 7 (1969).

sowie die schrittweise Heranführung an die wissenschaftlich-praktische Arbeit stehen bei dieser Bildungs- und Erziehungsmaßnahme im Vordergrund (↑ Abschnitt 4.3.3.).

#### 4.3.3. *Formen der Arbeitsgemeinschaften*

Die physikalischen außerunterrichtlichen Arbeiten der Arbeitsgemeinschaften könnten folgende Formen zeigen:

1. Durchführung zusätzlicher Schülerexperimente;
2. Gespräche und Vorträge von Physiklehrern bzw. Wissenschaftlern oder Technikern;
3. Spezialvorträge von Schülern;
4. Lösen von Aufgaben erhöhten Schwierigkeitsgrades;
5. Zusammenstellen von Versuchsanordnungen;
6. Gestaltung von Manipulermfunktionsmodellen, Bildtafeln und Wandzeitungen;
7. Lehrmittelbau;
8. Exkursionen (↑ Abschnitt 4.4.);
9. Fakultative Lehrgänge in den Erweiterten Oberschulen.

Die wichtigste Form der Tätigkeit in Arbeitsgemeinschaften ist das **Schülerexperiment** (↑ Abschnitt 5.3.2.). In den Arbeitsgemeinschaften der Klasse 6, Klasse 7 und teilweise noch der Klasse 8 ist es zweckmäßig, den Schülern Arbeitsbögen zu geben, die klare Arbeitsanweisungen, Gerätestücklisten, den Versuchsaufbau, den Versuchsablauf und den Vordruck des Meßprotokolls enthalten. Die qualitative bzw. quantitative Auswertung muß anfänglich stark angeleitet werden.<sup>11</sup> In den Klassen 8 und 9 sollen die Schüler bereits ohne einen Arbeitsbogen auskommen. In den Klassen 10 bis 12 bieten sich einfache Praktikumsversuche an, die im Unterricht weder gezeigt noch geübt wurden.

Als **Gesprächs- und Vortragsthemen** der Physiklehrer, Wissenschaftler oder Techniker eignen sich vor allem solche, über die vom Lehrer im Unterricht zwar grobe Informationen gegeben, bei denen die Schüler jedoch nicht tiefer unterwiesen wurden. So kämen zum Beispiel in die nähere Auswahl: Bedeutung der Nuklide, Überschallflugzeuge, Spezielles zum Fernsehen.<sup>12</sup> Diapositive, Anschauungstafeln oder Filme wirken unterstützend. Auch Demonstrationsversuche sind für die Interesseninduktion sehr geeignet.

Wird eine Arbeitsgemeinschaft mit **Schülervorträgen** gewählt, so sollten die Schüler für ihre Spezialvorträge anfangs gut vom Lehrer angeleitet werden. Die Themen erwachsen in den Klassen 6 bis 8 zumeist aus dem Unterricht. Es eignen sich in diesen Klassenstufen besonders geschichtliche Themen, zum Beispiel in der Klasse 7: Otto von Guericke und Torricelli. In der Klasse 8 kann die Entwicklung der Wärmeenergiemaschinen von Schülern dargelegt werden (↑ Abschnitt 5.2.2.4.).

Von der 9. Klasse an sind Vorträge mit Demonstrationsversuchen geeignet, die von den Schülern gehalten werden, die vorher als „Assistenten“ des Lehrers arbeiten. Besonders wirkungsvoll sind Vorträge von Schülern mit selbstgebauten Modellen oder technischen Apparaten.

Das Bereitstellen von **Aufgaben erhöhten Schwierigkeitsgrades** obliegt dem Leiter der Arbeitsgemeinschaft. Anfangs wird er sich an Aufgaben der Physiklehrbücher oder Aufgabensammlungen orientieren, um den Schwierigkeitsgrad der Aufgaben für die Gruppe zu ergründen. Der Leiter hat die Aufgabe, die Denkschritte zu ermitteln, die zur Lösung der Aufgaben notwendig sind. Die Anzahl der Denkschritte je Aufgabe ist zielstrebig zu erhöhen und die Lösungsfähigkeit jeweils bis zu einer gewissen Fertigkeit zu entwickeln; bestimmte Lösungsalgorithmen (↑ Abschnitt 5.2.) müssen den Schülern

<sup>11</sup> Muster eines solchen Arbeitsbogens in „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 11, S. 480 ff. Vgl. auch Abschnitt 7.1.

<sup>12</sup> Man kann weitere Beispiele aus den Zeitschriften „Physik in der Schule“ und „Wissenschaft und Fortschritt“ entnehmen.

geläufig sein, zum Beispiel bei der Auflösung von Gleichungen<sup>13</sup>. Beispiele für Wettbewerbsaufgaben findet man in „Physik in der Schule“<sup>14</sup>.

Die Tätigkeiten in den Arbeitsgemeinschaften bei der Zusammenstellung von Versuchsanordnungen sind eine höhere Form der weiter vorn genannten Aufgaben. Durch den Arbeitsgemeinschaftsleiter werden die Teilnehmer aus den oberen Klassen angeregt, sich zu überlegen, welche experimentellen Lösungsmöglichkeiten für ein gegebenes Problem bestehen. Diese Form der Arbeitsgemeinschaft eignet sich vorzugsweise für gebundene Arbeitsgemeinschaften. Sie setzt die Kenntnis des grundlegenden physikalischen Bildungsgutes, der wichtigsten physikalischen Arbeitsmethoden, grundlegende experimentelle Fertigkeiten und Denkfähigkeiten voraus. Die Teilnehmer diskutieren nach einem individuellen Literaturstudium (z. B. Girke-Sprockhoff, „Physikalische Schulversuche“) die Lösungsmöglichkeiten der experimentellen Realisierung eines Problems. Die Lösung wird dann mit den vorhandenen technischen Möglichkeiten in mehreren Varianten experimentell erprobt.

Arbeitsgemeinschaften, die sich dem **Bau von Manipermfunktionsmodellen**, der **Entwicklung von Bildtafeln** und der **Gestaltung von Wandzeitungen** widmen, können in den zehnklassigen Oberschulen eingerichtet werden. Die mit physikalischen Inhalten gestaltete Wandzeitung dient der Sichtwerbung für das Fach Physik für die Schüler und deren Eltern. Jede neuentwickelte *Wandzeitung* sollte unter einem *Leitthema* stehen. Einige Beispiele seien als Empfehlung genannt:

1. Berichte über die Forschungen und Lebensbeschreibungen großer Physiker (z. B. Galilei, Newton, Huygens, Faraday, Maxwell, Einstein, Planck, Curie u. a.).
2. Aktuelle Probleme aus Physik und Technik (z. B. Weltraumfahrt, Laserstrahlen), hierzu eignen sich Schaubilder mit erläuterndem Text.
3. Werbung für populärwissenschaftliche Zeitschriften (Auszüge etwa aus „Technik“, „Jugend und Technik“, „Wissenschaft und Fortschritt“ und „Urania“).

Als Bildtafeln bzw. Manipermfunktionsmodelle eignen sich Kolbenpumpen mit beweglichen Teilen, Schleusen, Darstellung von Halbleitervorgängen u. a.

Für die **Arbeitsgemeinschaft Lehrmittelbau** können Schüler der oberen Klassen der Oberschule gewonnen werden, die neben guten theoretischen Kenntnissen über gute manuelle Fertigkeiten verfügen. Es sollten keine Lehrmittel gebaut werden, die vom Staatlichen Kontor für Unterrichtsmittel angeboten werden, sondern solche, die in der Fachzeitschrift „Physik in der Schule“ gezeigt oder nach eigenen Vorstellungen des Physiklehrerkollektivs oder sogar nach Vorstellungen der Schüler entwickelt wurden, um im Unterricht eingesetzt zu werden.

Besonders gelungene Modelle sollten auf der Bezirksmesse der Meister von Morgen ausgestellt werden.

Fakultative Lehrgänge sind Bestandteil des Studienplanes der zweijährigen Erweiterten Oberschule. Die Gesamtstundenzahl der Lehrgänge ist unterschiedlich, sie beträgt in der Regel 25 bis 50 Stunden. Die Lehrgänge werden auf der Grundlage staatlicher Pläne durchgeführt. Die Organisation dieser Lehrgänge ähnelt denen für gebundene Arbeitsgemeinschaften (↑ Abschnitt 4.3.2.). Die Teilnehmerzahl der Schülergruppen im fakultativen Unterricht soll 10 nicht überschreiten.

Im Anhang zur Richtlinie 12/69 vom 1. März 1969 (Verfügungen und Mitteilungen des MfV 7/69) sind die Rahmenpläne für folgende physikalisch-technischen Lehrgänge dargestellt: Festkörperphysik (2 Teillehrgänge), Grundsaltungen und Bauelemente der Elektronik,

<sup>13</sup> Vgl.: Die Entwicklung des Denkens bei der Lösung von Aufgaben. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.

<sup>14</sup> Künfälvi, R.: Physikalische Wettbewerbsaufgaben aus Ungarn. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 4 und 7/8, 3 (1965), H. 3, 4 (1966), H. 2 und 7/8.

Elektronenstrahloszillograph und seine Anwendung,  
Grundlagen der Rechentechnik und Datenverarbeitung.

Die Zielstellung dieser Pläne ist einzuhalten. Sie können den örtlichen Bedingungen und speziellen Vorhaben entsprechend variiert werden. Durch eine enge Zusammenarbeit der Schulen mit Kadern der örtlichen Betriebe sollen sich die sozialistischen Überzeugungen und Verhaltensweisen der Teilnehmer an den fakultativen Kursen festigen. Weitere Hinweise zur Gestaltung der Arbeit in den Arbeitsgemeinschaften sind der einschlägigen Literatur zu entnehmen.<sup>15,16</sup> Auf die außerschulischen Arbeitsgemeinschaften wird im Abschnitt 4.5. eingegangen.

#### 4.4. Die Exkursion

##### 4.4.1. Ziel und Inhalt

Die Exkursion im Fach Physik ist eine besondere Unterrichtsform, die unter dem Aspekt der politisch-ideologischen sowie der polytechnischen Bildung und Erziehung eine ebenso große Bedeutung hat wie beispielsweise Schülerexperimente und deshalb ein notwendiger Bestandteil des Physikunterrichts ist.

*Man versteht unter einer Exkursion einen ganz- oder auch mehrtägigen Lehrausflug, bei dem die Besichtigung von technischen Objekten mit erzieherischen Aufgaben wie der kulturellen und der politisch-moralischen Erziehung verknüpft wird.*

Daraus folgt, daß der Lehrer, der eine Exkursion leitet, einerseits den polytechnischen Belangen gerecht werden muß, indem er die technischen Objekte sachkundig und methodisch geschickt in enger Verknüpfung mit der Behandlung im planmäßigen Unterricht erläutert, andererseits die erzieherischen Möglichkeiten des gesamten Lehrausflugs nutzen muß, und zwar durch geplante Hinweise und spontanes Aufgreifen sich ergebender Situationen und Beobachtungen. Eine Besichtigung muß nicht immer Teil einer Exkursion sein, sie kann, wenn sie in der Nähe des Schulortes und im Gesamtablauf innerhalb weniger Stunden durchgeführt wird, auch als selbständige Unterrichtsform gelten.

Für die intellektuelle Bildung ist von Bedeutung, daß die Exkursion *hinsichtlich des Erkenntnisprozesses* die besten Möglichkeiten bietet, die im Unterricht erarbeiteten Kenntnisse in der Praxis geprüft und bestätigt zu sehen sowie von der Praxis her Impulse und Problemstellungen für die theoretische Durchdringung neuer Fakten zu gewinnen.

Der Beitrag, den die Besichtigung *zur polytechnischen* Bildung leistet, besteht darin, daß sie einerseits mit dem Kennenlernen von Betrieben verschiedener Produktionszweige den polytechnischen Gesichtskreis der Schüler erweitert und andererseits durch das direkte Bekanntwerden mit technischen Realobjekten die durch Modelle, Unterrichtsfilme, Bildreihen, Anschauungstafeln und andere Unterrichtsmittel vorbereitete Kenntnis der technischen Anwendungen physikalischer Gesetze, Prozesse und Erscheinungen vertieft. Das betrifft sowohl die Maschinen, Apparate, Geräte und dergleichen als auch die Technologie der Produktion.

Der Beitrag zur *ideologischen* Erziehung liegt unter anderem darin, daß die Achtung vor den Leistungen der Werktätigen und der Stolz auf die Errungenschaften und Ergebnisse unserer sozialistischen Wirtschaft vertieft werden.

<sup>16</sup> Zum Beispiel Jentsch, P., Nürnberger, H.: Kybernetische Schildkröte. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.

<sup>17</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 135 ff.

Die Exkursion sollte ferner durch eine sinnvolle Auswahl der Besichtigungsobjekte als Ergänzung des polytechnischen Unterrichts eine wichtige *berufsvorbereitende* Funktion ausüben. Die genannten Aufgaben sind am besten mit der Besichtigung von ausgesprochenen Produktionsbetrieben zu erfüllen. Im Vordergrund stehen dabei Betriebe der Energiewirtschaft wie Wärme-, Wasserkraft- und Atomkraftwerke, während in Anbetracht des Unterrichtstages in der Produktion, den der Physiklehrer in seinem Unterricht planmäßig auswertet, die Betriebe mit spanabhebender Fertigung in ihrer Bedeutung als Besichtigungsobjekt etwas zurücktreten.

Neben den Produktionsbetrieben der Grundstoffindustrie, der Elektro-, mechanischen, feinmechanischen, optischen, Bauindustrie und anderer Industriezweige, die für die polytechnische Bildung der Schüler den größten Nutzen versprechen, gibt es noch eine Reihe weiterer Besichtigungsobjekte, die für praktische Ergänzungen und Anwendungen des Unterrichtsstoffes genutzt werden können und auf ein großes Interesse bei den Schülern stoßen. Beispielsweise ist es sehr zu empfehlen, in der Klasse 6 eine Gießerei zu besichtigen. Dort werden Kenntnisse aus dem Physikunterricht wie Dichte und Temperatur der Stoffe, Schmelzen und Erstarren, Erstarrungspunkt, Volumenverringern von Metallen beim Erstarren, Wärmeleitung, Wärmestrahlung (Gußstücke, Ofen) praktisch angewandt und dadurch vertieft und gefestigt. Empfehlenswerte Besichtigungsobjekte sind ferner Betriebe des Verkehrswesens wie Schleusen, Wehre, Häfen, Reichsbahn- und Straßenbahnbetriebsanlagen (Kl. 7), Reparaturbetriebe, Betriebe des Nachrichtenwesens wie Sendeanlagen (Kl. 10), wissenschaftliche Einrichtungen wie Hochschullaboratorien, Planetarien (Kl. 11 und 12). Besondere Beachtung verdienen technische und polytechnische Ausstellungen wie

- die Technische Messe in Leipzig,
- die im Aufbau befindlichen polytechnischen Kabinette der Bezirke,
- die „Messen der Meister von Morgen“ in den Kreisen und Bezirken.

Da diese Ausstellungen thematisch sehr vielseitig sind und auch vielfach höhere Vorkenntnisse voraussetzen, bedarf der Besuch mit einer Klasse einer besonders sorgfältigen Vorbereitung hinsichtlich der Auswahl und Reihenfolge der zu besichtigenden Objekte

#### 4.4.2. *Vorbereitung*

Der erste Schritt in der Vorbereitung von Exkursionen und Besichtigungen besteht darin, daß sich der Physiklehrer über die Fachkommission Physik des Kreises eine Übersicht über die wichtigsten Betriebe des Kreises und Bezirkes verschafft. Bei der Aufstellung des Stoffverteilungsplanes am Anfang des Schuljahres sollte auf der Grundlage dieser Übersichtsliste in jeder Klassenstufe wenigstens eine Exkursion eingeplant werden. Da eine Besichtigung in der Regel weder der Einführung in grundlegendes Bildungsgut dient, weil der Aufwand zum Zwecke der Motivation zu groß wäre, noch zur Erarbeitung des Grundwissens benutzt werden kann, weil dazu schon hinsichtlich der Systematik und der Organisation des Unterrichtsprozesses nicht die notwendigen Bedingungen erfüllt sind, sondern in erster Linie für die Festigung und praktische Anwendung des Grundwissens eingesetzt wird, ist die Wahl des Zeitpunktes zunächst nur insofern bestimmt, als die Behandlung des fraglichen Stoffkomplexes im Unterricht abgeschlossen sein muß.

Neben kürzeren Exkursionen von halb- bis ganztägiger Dauer, die sich unmittelbar nach Abschluß eines solchen Stoffkomplexes einfügen lassen, sollte sich der Physiklehrer für besondere Fälle (Abiturklassen, Klassenfahrt als Auszeichnung usw.) eine Reihe von interessanten zentralen Exkursionsobjekten vormerken (VEB Carl Zeiss Jena, Atomreaktor [Rheinsberg, Dresden], Werft [Rostock], Technische Messe [Leipzig] u. a.), die er im Rahmen einer zwei- oder mehrtägigen Exkursion einmal besucht.

Hinsichtlich der speziellen Vorbereitung einer Exkursion soll im folgenden zwischen der fachlich-methodischen und der organisatorischen unterschieden werden. Die *fachlich-methodische* Vorbereitung betrifft die Schüler wie auch den Lehrer. Der Lehrer muß sich zunächst an Hand von Fachbüchern, Lexika, technischen Nachschlagewerken, Messeprospekten, Zeitschriftenartikeln und dergleichen über Aufbau und Wirkungsweise der zu besichtigenden technischen Geräte, Maschinen und Verfahren usw. genau informieren. Danach präzisiert und konkretisiert er diese Informationen durch Aussprachen und eine Vorbesichtigung im betreffenden Betrieb, wobei er die wichtigsten speziellen Konstruktions- und Betriebsparameter der im Betrieb vorhandenen Maschinen usw. erfährt und für die Auswertung notiert. Diese Vorbesichtigung hat neben der eigenen Information des Lehrers noch den Zweck, daß dem für die Besichtigung Verantwortlichen des Betriebes methodische, pädagogische und psychologische Hinweise zu Ablauf und Reihenfolge der Besichtigung, zum geistigen und körperlichen Leistungsvermögen der Schüler und dergleichen gegeben werden können. Beispielsweise muß nach jeweils einer Stunde Besichtigung eine Erholungspause von etwa 10 Minuten vorgesehen werden. Insgesamt sollten zwei Stunden nicht wesentlich überschritten werden.

Sehr zweckmäßig ist es ferner, wenn der Lehrer sich mit Fachkollegen in Verbindung setzt, die den vorgesehenen Betrieb schon einmal mit ihrer Klasse besichtigt haben. Diese Kollegen können wertvolle Hinweise auf die Auswahl und Reihenfolge der zu besichtigenden Objekte, auf organisatorische; Notwendigkeiten, Schwierigkeiten, Gefahren usw. geben.

Der Lehrer nutzt diese Kenntnis, um sowohl im Ablauf seines Unterrichts bei der Behandlung des betreffenden Stoffabschnittes als auch bei der Besichtigung selbst eine methodisch einwandfreie Verbindung zwischen den physikalischen Grundlagen und den technischen Anwendungen herzustellen.

Bei der fachlichen Vorbereitung der Schüler auf die Besichtigung stützt sich der Lehrer auf die obengenannten Informationen. Unter Benutzung aller verfügbaren einschlägigen polytechnisch orientierten Unterrichtsmittel wie Diapositive, Filme, Fotos, Modelle, Realobjekte usw., bei deren Beschaffung ihn meist auch der Betrieb unterstützt, behandelt der Lehrer mit besonderer Gründlichkeit diejenigen Anwendungen des fraglichen Stoffkomplexes, die in der bevorstehenden Exkursion zu besichtigen sein werden.

Er sollte dies so konkret wie möglich tun, denn nur so wird der Erfolg der Exkursion gesichert, und es ist keinesfalls so, daß der Schüler durch die Wiederholung der Erklärungen in der Schule einerseits und am Realobjekt im Betrieb andererseits gelangweilt würde. Im Rahmen der Vorbereitung empfiehlt es sich, einzelne Schüler oder die ganze Klasse mit Aufgaben zur stofflichen Vorbereitung der Exkursion, wie Besorgen von Bild- und Prospektmaterial, Sammeln von einschlägigen Pressemeldungen, Auswerten von Zeitschriftenartikeln usw., zu betrauen. Die Schüleraufträge sollten dann für die Durchführung und Auswertung der Exkursion als detaillierte Beobachtungsaufgaben weitergeführt werden. Dadurch, daß möglichst viele Schüler solche Beobachtungsaufträge über technische Daten und Funktionen einzelner Geräte und Maschinen, über die Betriebsorganisation als Ganzes, über ökonomische Fragen, über Arbeits- und soziale Bedingungen im Betrieb usw. erhalten, wird einerseits die Klasse nicht überfordert, andererseits eine umfassende Auswertung unter Einbeziehung aller Schüler erst möglich.

Es bedarf schließlich einer gesonderten Unterrichtsstunde, gegebenenfalls auch außerhalb der planmäßigen Unterrichtszeit, in der alle vorbereitenden Informationen des Lehrers und der Schüler zum Zwecke einer systematischen, zielgerichteten Erläuterung des inhaltlichen Ablaufs der Besichtigung an die Klasse weitergegeben werden. Die *organisatorische* Vorbereitung beginnt mit der möglichst zeitigen Aufnahme der Verbindung mit dem Betrieb. Die Anfrage an den Betrieb muß enthalten:

- vorgeschlagene Besichtigungstermine,
- Schwerpunkte der Besichtigung,
- Vorkenntnisse der Schüler,
- etwaige Dauer der Besichtigung,
- Alter, Klassenstufe, Anzahl der Schüler.

Auch besondere Wünsche wie Aussprachen mit einer Brigade, Beobachtung bestimmter Phasen im Betriebsablauf, Teilnahme am Betriebsessen usw. können zum Ausdruck gebracht werden. Nach dem prinzipiellen Einverständnis wird der Betrieb um Mitteilung gebeten,

- wann eine Vorbesichtigung und -besprechung durch den Lehrer stattfinden kann,
- wer mit der Vorbereitung beauftragt ist und die Führung übernehmen wird,
- welche Bedingungen an die Schule gestellt werden (Kleidung, Arbeitsschutzvorschriften, Zahl der Begleitpersonen, evtl. Liste mit Personalausweisnummern usw.),
- wo und wann sich die Klasse einzufinden hat.

Es ist unerlässlich, daß der Lehrer mit dem vom Betrieb genannten Verantwortlichen persönlich Verbindung aufnimmt und die inhaltlich-methodischen sowie die organisatorischen Fragen durchspricht, selbst wenn er die Exkursion schon einmal durchgeführt hat.

Von besonderer Bedeutung ist ferner, daß die Besichtigungsgruppen so klein gehalten (in der Regel nicht über 10) und die Orte für die wichtigsten Erklärungen so gewählt werden (geschützt vor Lärm, Schmutz, Zugluft, Hitze, Kälte), daß jeder Schüler der Gruppe die Erläuterungen deutlich verstehen kann. Es stellt sich bei vielen Besichtigungen am Ende immer wieder heraus, daß die Erklärungen nur von den zufällig ganz vorn stehenden Schülern gehört und verstanden wurden. Damit wird natürlich der Wert einer solchen Besichtigung sehr in Frage gestellt.

Unbeschadet der vorgeschriebenen Unfallschutzbelehrungen durch einen Betriebsangehörigen wird die Klasse in der obengenannten speziellen Vorbereitungsstunde über das Verhalten, die zweckmäßige Bekleidung, Unfallgefahren usw. belehrt und mit Nachdruck auf mögliche Folgen bei Nichtbeachtung hingewiesen. Ein nicht unwesentlicher Teil der organisatorischen Vorbereitung ist die Planung der Verkehrsverbindungen, der Verpflegung der Schüler, der Kosten, evtl. der Übernachtung usw. Bei diesen Vorbereitungen sollte der Lehrer unbedingt Schüler für Teilbereiche heranziehen, die sich dabei im Aufsetzen von Briefen, im Führen von Verhandlungen und dergleichen üben, kurz, die dabei notwendigen organisatorischen Fähigkeiten erwerben.

#### 4.4.3. *Durchführung*

Einige Tage vorher versichert sich der Lehrer telefonisch, daß die Besichtigung wie geplant ablaufen kann. Da es im Betrieb wichtigere Aufgaben als eine Besichtigung gibt und oft kurzfristig operative Entscheidungen notwendig sind, hat sich diese Rückfrage als sehr nützlich erwiesen.

Im Betrieb erfolgt als erstes die obligatorische Arbeits- und Unfallschutzbelehrung durch den dafür Verantwortlichen. Während der Besichtigung sorgt der Lehrer insbesondere mit dafür, daß die Gruppen dicht zusammenbleiben und die Belehrungen beachten. Sobald er merkt, daß Teile der Klasse wichtigen Ausführungen nicht folgen können, sorgt er dafür, daß die Erklärungen an einer ruhigen Stelle wiederholt werden und anschließend das betreffende Objekt nochmals besichtigt wird.

#### 4.4.4. Auswertung

In einer besonderen Auswertungsstunde faßt der Lehrer die Ergebnisse der Besichtigung zusammen. Er stützt sich dabei auf die Ausführungen der Schüler, die besondere Beobachtungsaufträge erhielten. Die Auswertung hat die Systematisierung und Festigung der Erkenntnisse zum Ziel und muß natürlich auch alle im einzelnen verbliebenen Unklarheiten beseitigen.

Die von Schülern und Lehrern zusammengetragenen Informationen können zugleich als Grundlage einer Wandzeitung dienen, in der auch die emotionale Seite des Erlebnisses durch Fotos, Schilderungen besonderer Begebenheiten usw. genügend Beachtung finden muß. Die Möglichkeiten eines Klassenaufsatzes über die Exkursion sollte man nur hin und wieder nutzen, um nicht durch Regelmäßigkeit in dieser Hinsicht eine Abneigung gegen Exkursionen zu erzeugen.

Sehr empfehlenswert ist es, durch einige Schüler ein Dankschreiben an den Betrieb aufsetzen zu lassen.

Der Lehrer analysiert abschließend Verlauf und Ergebnis der Exkursion und fixiert Schlußfolgerungen für eigene spätere Exkursionen sowie zur Information der Fachkollegen. Letzteres könnte auch in Form eines Artikels in der Fachzeitschrift erfolgen, in der sich diese wichtige Unterrichtsform bislang noch zuwenig widerspiegelt.

### 4.5. Außerschulische Tätigkeit

#### 4.5.1. Außerschulische Arbeitsgemeinschaften

Im Abschnitt 4.3. wurde die Tätigkeit der Schüler in freien und gebundenen physikalischen Arbeitsgemeinschaften, die vorzugsweise in der jeweiligen Schule stattfinden, dargelegt. Außerschulische physikalisch-technische Arbeitsgemeinschaften werden im allgemeinen in den Stationen „Junge Techniker“, in den Pionierklubhäusern der Kreise oder in den Häusern der Jungen Pioniere unter Leitung der FDJ und der Pionierorganisation „Ernst Thälmann“ unter Einbeziehung der Hoch- und Fachschulen sowie der Industriebetriebe durchgeführt. Arbeitsgemeinschaften wie Elektrotechnik, Elektronik und andere werden von Fachleuten angeleitet (↑ Abschnitt 4.3.3.). Spezielle Arbeitsgemeinschaften, wie zum Beispiel „Junge Matrosen“ oder „Junge Eisenbahner“ unterstützen die Berufsfindung. Die Arbeitsgemeinschaften stellen Interessengemeinschaften dar. Die Teilnahme der Schüler an den Arbeitsgemeinschaften ist freiwillig. Die Tätigkeit in der Arbeitsgemeinschaft soll zur anziehenden Freizeitgestaltung für die Teilnehmer werden.<sup>17</sup> Die Werbung für die Arbeitsgemeinschaften obliegt der Jugendorganisation. Das bedeutet aber auch für den Physiklehrer, interessierte Schüler für die Teilnahme an den Arbeitsgemeinschaften zu gewinnen oder sich selbst als Arbeitsgemeinschaftsleiter den Häusern der Pioniere zur Verfügung zu stellen. Die Ziele dieser Interessengemeinschaften sind folgende:

1. Systematische Vermittlung von speziellem Wissen sowie Aneignung von Fertigkeiten und zielstrebige Entwicklung von Fähigkeiten;
2. Herstellung kollektiver Beziehungen innerhalb der Arbeitsgemeinschaft;
3. Erziehung zur Liebe zur Arbeit.<sup>18</sup>

<sup>17</sup> Vgl. Sauck, G.: Die pädagogische Gestaltung der Schülertätigkeit in den außerunterrichtlichen Arbeitsgemeinschaften und ihre erzieherische Wirkung im Hinblick auf die Aktivierung der Schüler und die Entwicklung ihrer Interessen (Autorreferat und Thesen). In „Zeitschrift des Pädagogischen Instituts Magdeburg“, Nr. 4/5, 1964.

<sup>18</sup> Vgl. Schneider, G.: Vorbereitung für Mädchen für technische Berufe in technischen Arbeitsgemeinschaften. In „Pädagogik“. 22 (1967), H. 6, S. 519 ff.

Dem individuellen Eingehen auf jeden Teilnehmer ist besondere Aufmerksamkeit zu schenken, damit jedes Mitglied des Kollektivs zu hohen Leistungen aktiviert wird. Neben der traditionellen Form der außerschulischen Arbeit hat sich in den letzten Jahren für Kinder mit besonderen Fähigkeiten und Begabungen die **Pionier- und Jugendakademie** unter Leitung der Häuser der Pioniere gebildet. Für interessierte und überdurchschnittlich begabte Schüler kommt diese Form der intensiven Freizeitgestaltung in Betracht. Die Kurse erstrecken sich bis zu 10 Semestern. Die Schüler, die an einem Kurs teilnehmen wollen, melden sich über die Jugendorganisation beim zuständigen Haus der Pioniere. Erfahrungen aus Erfurt zeigen, daß es ratsam ist, etwa acht Wochen vor Beginn des Semesters unter Vorsitz des Kursleiters und anderer Lehrkräfte ein Aufnahmegespräch zu verlangen, um eine leistungsstarke Auswahl zu erhalten und die Schüler mit den Problemen der zukünftigen Arbeit vertraut zu machen. Als Teilnehmer werden die Sieger von Physik-Olympiaden oder aus anderen Leistungsvergleichen bevorzugt. Darin kommt die enge Wechselbeziehung zwischen dem Physikunterricht und den physikalisch-technischen Kursen der Pionier- und Jugendorganisation zum Ausdruck. Einen wesentlichen Teil der Arbeit in der Akademie umfaßt die Arbeit mit dem Fach- und Lehrbuch.

An einem Beispiel soll gezeigt werden, wie im Haus der Pioniere Erfurt der Kurs „Elektronenrechner“ mit leistungsstarken Schülern der Klassen 8 bis 10 durchgeführt wurde: Die Schüler wurden angehalten, Funktionsmodelle von logischen Elementen und Dualspeichern auf Transistorbasis herzustellen. Die Schaltungen mußten erprobt werden. Die Probleme der Programmierung eines Rechenautomaten wurden behandelt.<sup>19</sup> Für nicht in der Bezirkshauptstadt ansässige Schüler wurden Fernbriefe entwickelt, so daß viele Schüler an der Pionier- und Jugendakademie Erfurt ihr Wissen auf speziellen Gebieten erweitern können. Die Fachlehrer für Physik haben die Aufgabe, ihre leistungsstärksten und befähigsten Schüler für die Akademie zu gewinnen.

Nürnberger gibt weitere Anregungen zur Leitung von Arbeitsgemeinschaften.<sup>20</sup> Der Leser findet dort Hinweise zur Gestaltung folgender Arbeitsgemeinschaften: Elektrotechnik, Maschinenbau, Chemotechnik, Bautechnik und Meßelektronik. In dieser Broschüre gibt es ferner gute Hinweise zur Planung und Realisierung von Arbeitsvorhaben von Arbeitsgemeinschaften. Die Rolle des Aktivs und der Brigadeleiter im Rahmen des Kollektivs der Arbeitsgemeinschaft wird betont.

Eine andere Form der physikalisch-technischen Arbeitsgemeinschaften sind die meist nur für kurze Zeit bestehenden Arbeitsgemeinschaften in den Sommerlagern der Thälmann-Pioniere. Diese Arbeitsgemeinschaften gehen zumeist vom Nützlichkeitsstandpunkt aus. So werden zum Beispiel Lichtleitungen für die Beleuchtung der Zelte und Lautsprecherleitungen verlegt oder einfache Transistorenempfänger gebaut. Diese praktischen Tätigkeiten sind sowohl für den Bastler als auch für den stärker theoretisch interessierten Schüler geeignet, da sich in diesen gemischten Gruppen ein reger Erfahrungsaustausch anbietet.

#### 4.5.2. *Physik-Olympiaden*

In der außerschulischen Arbeit der Schüler spielen **Wettbewerbe** eine entscheidende Rolle. Sie gestatten einen Vergleich des Leistungsvermögens gleichgelagerter Arbeitsgemeinschaften und Kurse. Die Sieger der Wettbewerbe bedürfen einer laufenden Förderung, damit ihr Talent nicht verkümmert. Es besteht demnach eine enge Wechselwirkung zwischen der Teilnahme an Wettbewerben und an Kursen.

<sup>19</sup> Güther, E., und H. "Wildauer: Pionier- und Jugendakademie — wirksame Form der außerunterrichtlichen Tätigkeit der Schüler. In „Pädagogik“, 21 (1966), H. 3, S. 211 ff.

<sup>20</sup> Nürnberger, H., u. a.: Leitung von Arbeitsgemeinschaften. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

Die wichtigsten Wettbewerbe sind die **Olympiaden**. Sie nehmen eine Zwischenstellung in der unterrichtlichen und außerunterrichtlichen Arbeit ein. In ihnen schlagen sich sowohl die Ergebnisse des Unterrichts als auch die der außerschulischen Arbeit nieder. Die Ziele und der Umfang der Olympiaden können unterschiedlich sein:

1. Sie können der Einschätzung des Physikunterrichts in den Kreisen dienen und damit eine Verbesserung des Physikunterrichts erstreben. In diesem Falle werden sie im allgemeinen nur in einer Runde durchgeführt. Die Leitung hat dann der Kreis fachberater für Physik bei der Abteilung Volksbildung.<sup>21</sup>
2. Die Physik-Olympiaden dienen der Begabungsdiagnose und der Begabtenförderung, der Vorbildwirkung und der Persönlichkeitsformung. In der DDR sind ihre Förderer gegenwärtig die Hochschulen und Pädagogischen Institute in Zusammenarbeit mit den Fachberatern für Physik und den Physiklehrern der beteiligten Schulen. Es werden auch die Häuser der Pioniere einbezogen. Entscheidend für diese Form der Physik-Olympiaden ist ihre mehrmalige Durchführung in verschiedenen Runden. Eine einmalige Durchführung gestattet wegen der Rolle des Zufalls keine begabungsdagnostischen Aussagen.

Bei der Durchführung der Olympiaden sollte beachtet werden, daß die Schüler nicht nur eine Leistungsprüfung erfahren, sondern daß ihnen diese Tage zu besonderen Erlebnissen werden. Das Programm sollte Experimentiervorträge durch Wissenschaftler oder Physiklehrer einschließen, damit eine gleichzeitige Kenntniserweiterung der Schüler und eine verstärkte Interesseninduktion für das Fach Physik stattfindet. Ferner eignet sich dazu die Arbeit an Lehr- und Lernmaschinen oder deren Demonstration. Bei der Planung der Olympiaden ist darauf zu achten, daß sowohl experimentelle als auch theoretische Aufgaben gestellt werden, um beide Aspekte zu erfassen. Um besonders den jungen Physiklehrern und den Physiklehrerstudenten einige Hinweise zur inhaltlichen Gestaltung von Schul- bzw. Kreisolympiaden zu geben, sei eine Variante dargestellt, die in Magdeburg mit Teilnehmern nach dreijährigem Physikunterricht erprobt wurde:

#### 1. Experiment

(Beispiel: Bestimme die elektrische Leistung einer Taschenleuchtenglühlampe! — Die Gleichspannung von 4,5 V ist über einen Spannungsteiler einem Stromversorgungsgerät zu entnehmen. Vor dem Ausführen der Schaltung ist eine Schaltskizze anzufertigen.

Versuchsmittel: Stromversorgungsgerät, Potentiometer, Spannungs- und Strommesser, Glühlampe mit Fassung, Schalter, Leitungsmaterial.)

#### 2. Denkfrage

(Beispiel: Erkläre das Verfahren zur Bestimmung der Windrichtung durch Emporhalten eines angefeuchteten Fingers mit deinen physikalischen Kenntnissen!)

#### 3. physikalisches Rechnen

(Beispiel: Bei einem Dieselmotor muß die Luft so stark komprimiert werden, daß die Zündtemperatur des Treibstoffes von 650 °C mindestens erreicht wird. Auf welches Volumen muß der Kolben die Luft bei einem Druck von 36 at komprimieren, wenn sich nach dem Ansaugen 6 dm<sup>3</sup> bei 1 at und 75°C im Zylinder befinden?)

4. Frage aus einem Teilgebiet der Physik: Mechanik, Elektrizitätslehre, Wärmelehre, Optik  
(Beispiel: Wie hoch stand die Wassersäule in Guericke's Wasserbarometer bei einem Luftdruck von 760 Torr? —  $\gamma \text{ Hg} = 13,6 \text{ p/cm}^3$ .)

#### 5. Aufgabe zur technischen Physik

(Beispiel: Gib eine Relaischaltung an! Beschreibe die Wirkungsweise des Relais und nenne einige Anwendungen in der Technik!)

#### 6. Wiederholungsfrage aus früheren Schuljahren

(Beispiel: Ein Fußgänger macht jede Minute 100 Schritte, wobei die Länge der Schritte mit 75 cm angenommen wird. Bestimme die Durchschnittsgeschwindigkeit des Fußgängers in km/h!)

<sup>1</sup> Vgl. „Mathematik und Physik in der Schule“, 9 (1962), H. 7 und 10, und „Physik in der Schule“, 1 (1963), H. 6.

Es wurde ein Punktsystem ausgearbeitet. Dieses Punktsystem wurde für alle Olympiaden verwendet, um Vergleiche anzustellen und begabungsdagnostische Aussagen machen zu können.<sup>22</sup>

Eine detaillierte Auswertung der in den Schuljahren 1963/64 und 1964/65 in Magdeburg durchgeführten Physikolympiaden findet der Leser in der Fachzeitschrift.<sup>23</sup> Im Jahre 1968 wurde die zweite Physikolympiade der sozialistischen Länder unter Teilnahme einer Delegation der DDR durchgeführt. Die Aufgaben sowie die Erfolge unserer Teilnehmer sind aus der Fachzeitschrift zu entnehmen.<sup>24</sup>

#### 4.5.3. Individuelle außerschulische Tätigkeit

Die außerschulische Tätigkeit der Schüler erstreckt sich aber nicht allein auf die in den letzten Abschnitten genannten Formen in Kollektiven. Vielmehr führen sie individuell zumeist in ihrer häuslichen Umgebung bestimmte Lieblingsbeschäftigungen aus (vgl. dazu die Ausführungen über das Hausexperiment im Abschnitt 5.3.2.6.). Untersuchungen in Magdeburg haben gezeigt, daß etwa 18 Prozent der Schüler der Klassen 7 bis 10 eine physikalische oder technische Lieblingsbeschäftigung in ihrer Freizeit ausüben. Der weitaus größte Teil dieser Schüler, bastelt oder experimentiert, ein geringer Teil liest physikalisch orientierte Bücher. Die Bastler und Experimentatoren sollten für die Arbeitsgemeinschaften der Schule oder der Jugendorganisation gewonnen werden. Für die Schüler, die besonders an physikalisch-orientierter Literatur Interesse zeigen, sollte der Physiklehrer in Konsultationen entsprechende *Literaturangaben* machen und sich über das Gelesene mit den Schülern unterhalten. Als *Auswahlprinzipien* könnten folgende angesehen werden:

1. Die behandelten Themen in den Büchern müssen eine Verbindung zum Bildungsgut der Oberschule haben;
2. das Buch muß altersentsprechend für den jeweiligen Schüler abgefaßt sein;
3. das Buch sollte den Schüler zum Lesen anderer Bücher weiter anregen;
4. das Buch sollte unterhaltsame Dinge aus Physik und Technik enthalten.

Bei der Empfehlung von Literatur muß der Lehrer den Buchbestand der Schülerbibliothek an der jeweiligen Schule kennen. Er sollte die Schüler auch auf Neuerscheinungen im Buchhandel hinweisen und diese Bücher in eigenem Besitz haben.

Zur Orientierung sei eine kleine Auswahl, die den obengenannten Gesichtspunkten genügt, angeführt. Für Schüler der *zehnklassigen Oberschule* wären geeignet († auch S. 117):

Das große Experimentierbuch. Der Kinderbuchverlag Berlin

Radczun, Günter: Und sie bewegt sich doch. Der Kinderbuchverlag Berlin

Friedt, H.: Zur Geschichte der Dampfmaschine. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin

Conrad, W.: Streifzüge durch die Physik, Urania-Verlag Leipzig-Jena—Berlin

Conrad, W.: Streifzüge durch die Elektrotechnik. Urania-Verlag Leipzig-Jena-Berlin

Backe, H.: Experimentierbuch „Physik selbst erlebt“. Verlag Neues Leben Berlin

Backe, H.: Halte dich senkrecht. Der Kinderbuchverlag Berlin

Für Schüler der *Erweiterten Oberschule* wären zu empfehlen:

Naundorf, W.: Abbildungstreue D. G. Teubner Verlagsgesellschaft Leipzig

Pfüller, S.: Halbleiter-Bauelemente neuer Technik. VEB Fachbuchverlag Leipzig

Landau, L. D. und J.B. Rumer: Was ist die Relativitätstheorie? Akademische Verlagsgesellschaft Geest und Portig K.G. Leipzig

Zur außerschulischen Arbeit gehört auch die *individuelle Förderung* leistungsstarker und leistungsschwacher Schüler. Dabei ist die enge Wechselwirkung zwischen dem Physikunterricht, der außerunterrichtlichen und der außerschulischen Arbeit bedeutsam.

<sup>22</sup> Vgl. Berndt, L.: Begabungsd Diagnose im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 2.

<sup>23</sup> In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 12, S. 542 ff.

<sup>24</sup> Zweite internationale Physikolympiade. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 8, S. 411 ff. und H. 10, S. 459ff.

Leistungsstarken Schülern bzw. Schülergruppen können besonders in den Klassen 11 und 12 langfristige Aufgaben (Halbjahresarbeiten) mit einer eng begrenzten physikalisch-technischen Thematik übertragen werden. Diese Schüler müssen sich bei der Bearbeitung mit wissenschaftlicher Literatur beschäftigen und dabei Bibliotheken benutzen lernen. Sie werden häufig zu technischen Problemen Ingenieure und Meister des Patenbetriebes der Schule konsultieren müssen. Die Ergebnisse der Arbeit können vor der FDJ-Gruppe bzw. im Unterricht verteidigt werden. Diese Schüler wären im 1. Studienjahr an der Hochschule vorrangig befähigt, in den wissenschaftlichen Studentenzirkeln mitzuarbeiten.<sup>25</sup>

Auch können leistungsstarke Schüler in ihrer Freizeit leistungsschwachen Schülern bei der Lösung von mündlichen und schriftlichen Schulaufgaben außerhalb des Unterrichts als Helfer beigeordnet werden. In dieser lehrenden Tätigkeit werden die leistungsstarken Schüler gefördert, und die leistungsschwachen Schüler werden Teile des Unterrichtsstoffes besser verstehen. Um zu erreichen, daß alle Schüler einer Klassenstufe das Lehrplanziel erreichen, genügt eine individuelle Förderung der leistungsschwachen durch die leistungsstarken Schüler nicht. Die leistungsschwachen Schüler sollten sowohl im Unterricht als auch außerunterrichtlich individuell gefördert werden. Für die im Fach Physik leistungsschwachen Schüler aller Parallelklassen einer Klassenstufe sollten in jeder zweiten Woche Konsultationsstunden stattfinden. Diese Stunden sollten allen Schülern, die daran teilnehmen wollen, offenstehen, für die leistungsschwachen sind sie obligatorisch. In diesen Förderstunden sind neben Anwendungsaufgaben mathematisch-physikalischer Art unbedingt einige einfache Experimente und deren Auswertung einzubeziehen, um die anschauliche Komponente gerade bei den leistungsschwachen Schülern als Voraussetzung zum theoretisch-abstrakten Denken zu betonen.

<sup>25</sup> Über ihren möglichen Beitrag zur Entwicklung des Neuererwesens unter den Schülern vergleiche man die Arbeit von Ebersbach, G.: Entwicklung des Neuererwesens unter Schülern. In „Pädagogik“, 24 (1969), H. 5, S. 465.

## 5. Die didaktisch-methodische Gestaltung des Physikerunterrichts

### 5.1. Allgemeine Grundlagen

#### 5.1.1. *Zu den theoretischen Auffassungen über den Bildungs- und Erziehungsprozeß sowie über den Unterricht*

Die didaktische und methodische Gestaltung des Unterrichts wird von verschiedenartigen Faktoren bestimmt, die vor allem im Bildungs- und Erziehungsziel, im Unterrichtsstoff, in der Persönlichkeit des Lehrers und der Schüler, in der Organisation und in gewissen Begleitumständen des Unterrichtsprozesses liegen. Jede Unterrichtstheorie geht von gewissen Postulaten über den Charakter, die Wertigkeit und das Zusammenwirken dieser Faktoren aus und leitet daraus Folgerungen für die praktische Arbeit des Lehrers ab. Grundlegend sind dabei besonders die Auffassungen über die Bildung und Erziehung als gesellschaftliche Erscheinung, über das Verhältnis der Bildung und Erziehung zur Entwicklung der Persönlichkeit sowie über das Wesen des Unterrichts, über den Zusammenhang zwischen Lehren und Lernen.

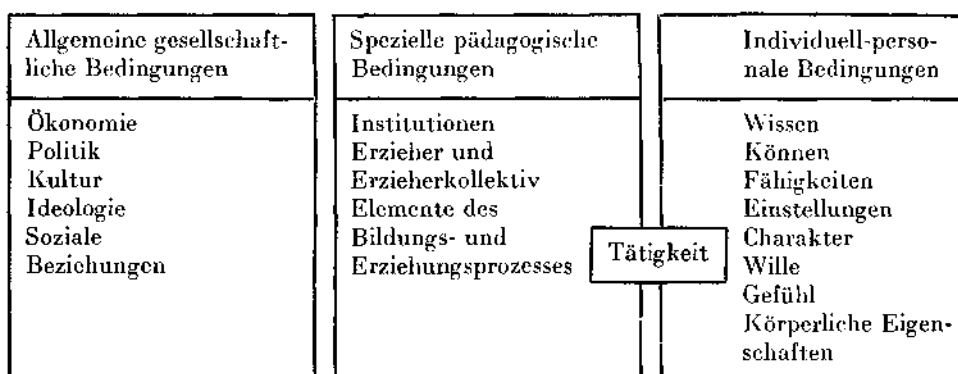
Die pädagogischen Prinzipien der sozialistischen Schule gründen sich auf die Lehren des Marxismus—Leninismus über die Beziehungen zwischen dem Individuum und der Gesellschaft, über die Entwicklung der Persönlichkeit und über die Hauptfaktoren, welche diese Entwicklung bedingen: die Veränderung der Welt durch die gesellschaftliche Praxis und die Veränderung der Individuen in diesem Prozeß. In den pädagogischen Prinzipien der sozialistischen Schule sind die fortschrittlichen Ideen der Vergangenheit, vor allem der klassischen bürgerlichen Pädagogik, aufgenommen und verarbeitet. Die folgenden Darstellungen werden sich auf wenige jener Grundsätze beschränken, die für die Gestaltung des Unterrichts im Fach Physik auf der Mittel- und Oberstufe der allgemeinbildenden Schule wichtig erscheinen: *Die Formung der Persönlichkeit ist ein vorrangig außerdeterminierter Prozeß.* Bei der Entwicklung der Persönlichkeit wirken verschiedenartige objektive und subjektive Faktoren zusammen. Zu den für die Bildung und Erziehung, d. h. für eine beabsichtigte und bewußte Formung der Persönlichkeit bedeutsamen *objektiven* Faktoren gehören das Ziel, der Stoff sowie Methode und Organisation des Bildungs- und Erziehungsprozesses (des Lehrens und des Lernens). Die *subjektiven* Faktoren ergeben sich aus den Eigenschaften und Besonderheiten der Persönlichkeit des Lehrers und der Schüler sowie aus den Beziehungen zwischen dem Lehrer und den Schülern, ebenso auch aus den Beziehungen zwischen den Schülern innerhalb des Schülerkollektivs, das z. B. eine Klasse oder eine Schülergruppe umfassen kann. Die objektiven Faktoren kommen entweder unmittelbar, z. B. durch den Stoff beim Selbststudium, oder auf dem Wege der Vermittlung durch den Lehrer oder das Kollektiv, z. B. in Form von Anforderungen, Impulsen oder Darbietungen, zur Wirkung; in diesem Falle werden sie vielfach abgewandelt und subjektiv „gebrochen“.

Die Beziehungen des einzelnen zur Gesellschaft, die Abhängigkeit seiner Entwicklung, hat Karl Marx in prägnanter Kürze in der Aussage, daß der Mensch das Ensemble der gesellschaftlichen Verhältnisse sei, zusammengefaßt. Die Entwicklung der Persönlichkeit vollzieht sich als Prozeß der Verinnerlichung (der Interiorisation) der äußeren Einwirkungen, gebrochen durch die inneren, durch Formung und Entwicklung bereits geschaffenen Bedingungen, durch die innere Position des Individuums.<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Vgl. z. B. Leontjew, A. N.: Probleme der Entwicklung des Psychischen.

Weitere Faktoren, die auf die Entwicklung der Persönlichkeit Einfluß nehmen, liegen im pädagogischen, psychologischen und physiologischen Bereich. Dazu gehören vor allem die Altersbesonderheiten der Schüler. Im Unterschied zu den Faktoren, die sich aus den gesellschaftlichen Anforderungen ergeben, haben die vom Individuum unmittelbar abhängigen Faktoren mehr eine steuernde als eine normativ-bestimmende Funktion. Auch sind Altersbesonderheiten der Schüler nichts Absolutes, das allein vom Lebensalter abhängt; sie sind vielmehr das Resultat der vorausgegangenen Entwicklung der Persönlichkeit. „Die Bildung baut nicht nur auf die Entwicklung auf in dem Maße, wie die Reifung die Voraussetzungen dafür schafft, sondern sie bedingt auch selbst den Verlauf von Reifung und Entwicklung.“<sup>2</sup> Ein wesentliches Moment der Altersbesonderheiten ist der Grad der Ausprägung der individuellen Veranlagungen, wie der Funktionsweise und der Dynamik der höheren Nerventätigkeit, als Ergebnis der Auseinandersetzung des Kindes mit der Umwelt.

Die inneren und die äußeren, die objektiven und die subjektiven Faktoren bilden eine dialektische Einheit. Ihr Zusammenwirken ist kompliziert und in den Einzelheiten vielfach noch unerforscht. Eine vereinfachte, schematische Darstellung des Zusammenhanges der gesellschaftlichen, individuellen (personellen) und pädagogischen Bedingungen hat Kumpel<sup>3</sup> gegeben:



*Die Formung der Persönlichkeit ist ein Prozeß der aktiven Auseinandersetzung des einzelnen mit seiner Umwelt.*

Die Persönlichkeit bildet und verändert sich nur, wenn sich der Mensch aktiv mit seiner Umwelt auseinandersetzt, wenn er auf sie einwirkt mit der Absicht, die Umwelt zu erkennen und zu verändern. Erkenntnis und Veränderung sind zwei untrennbare Seiten der Einwirkung des Menschen auf seine Umwelt. In diesem Einwirkungsprozeß verändert der Mensch aber nicht nur seine Umwelt, sondern auch seine Individualität, seine Persönlichkeit. Handeln und Bewußtsein bilden eine Einheit; das Bewußtsein entwickelt sich durch das Handeln, und die verschiedenen Funktionen des Bewußtseins unterstützen einander. Die entscheidende Form der Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt ist dabei die Arbeit, insbesondere die Arbeit im gesellschaftlichen Produktionsprozeß. Wie Veränderung und Erkennen sind auch Arbeiten und Lernen untrennbar miteinander verbunden; die Formen dieser Tätigkeiten sind jedoch spezifisch, und selbstverständlich gibt es bestimmte Tätigkeitsabläufe, die vorrangig auf die Schaffung materieller oder geistiger Werte oder vorrangig auf die Aneignung von Wissen, Können und Verhaltenseigenschaften orientiert sind. Der Grundsatz der Vereinigung von Schule und Leben, von Unterricht und produktiver Arbeit bringt zum Ausdruck, daß die Einheit von Lernen und Arbeiten „die einzige Methode zur Produktion

<sup>2</sup> S. L. Rubinstein: Grundlagen der allgemeinen Psychologie, S. 201.

<sup>3</sup> Kumpel, P.: Erziehung und Entwicklung der Persönlichkeit.

vollseitig entwickelter Menschen"<sup>4</sup> ist; das bedeutet natürlich nicht, daß das Lernen (der Unterricht) und das Arbeiten ihre spezifischen Formen und Merkmale verlieren dürfen.

Aus dem Charakter der Persönlichkeitsentwicklung ergibt sich die Notwendigkeit, im Unterricht besonders jene Methoden und Verfahren anzuwenden, die den Schülern Aktivität beim Lernen ermöglichen und sie zu dieser Aktivität auch anregen. Dabei kommt es nicht nur auf die motorische und manuelle Seite der Tätigkeiten, sondern auch — und zwar in erster Linie — auf die geistige Auseinandersetzung mit dem Unterrichtsgegenstand an. Beide Seiten können im Physikunterricht durch das experimentelle Arbeiten, besonders durch Schülerexperimente, bei denen das empirische und das theoretische Moment in richtigem Verhältnis stehen (in den niederen Klassen hat in der Regel das empirische, in den höheren Klassen das theoretische Moment das größere Gewicht), in .sehr günstiger Weise angesprochen werden (↑ Abschnitt 5.2.). Auseinandersetzung des Menschen mit seiner Umwelt bedeutet nicht nur Auseinandersetzung mit der Natur und der Gesellschaft, sondern auch mit der von der Menschheit in ihrem historischen Entwicklungsprozeß geschaffenen „künstlichen Umwelt“ - den Wissenschaften, den Künsten, der Technik, dem Recht, der Moral u. a. Dieser künstlichen Umwelt, dem Kulturgut, das eine materielle, aber auch eine informationelle Seite erkennen läßt, wird das Bildungs- und Erziehungsgut (für den Unterricht: der Unterrichtsstoff) entnommen, und im Unterricht liegt der Akzent der Auseinandersetzung des Schülers mit seiner Umwelt auf einer planmäßigen und zielbewußten Verarbeitung und Aneignung des Stoffes.

*Die Persönlichkeit bildet eine Einheit vielfältiger Seiten und Qualitäten.* Dieser Grundsatz beruht auf ungezählten Erfahrungen der pädagogischen Praxis und wird erhärtet durch die materialistische Psychologie, speziell durch die Erkenntnis, daß die inneren Bedingungen der Persönlichkeit eine Einheit bilden.

Die marxistische Pädagogik grenzt sich somit von jenen Auffassungen ab, welche die Persönlichkeit als Summe relativ unabhängiger Bereiche ansehen, die im Leben des Menschen gesondert, je nach der konkreten Situation, in Erscheinung treten können. Aus dem Grundsatz der Einheit der Persönlichkeit folgt, daß jede Einwirkung auf die Persönlichkeit stets alle Persönlichkeitseigenschaften beeinflußt, allerdings in qualitativ verschiedener Weise und in verschiedenem Maße. Z. B. werden beim Einprägen von Einzelfakten nicht nur das Wissen vermehrt und das Gedächtnis geschult, sondern auch die Konzentrationsfähigkeit gefördert und die Ausdauer beim Lernen gestärkt; das zielgerichtete Beobachten beim Experimentieren bildet nicht nur die Sinne und das logische Denken weiter, sondern hilft auch, Charakter und Wissenqualitäten sowie moralische Eigenschaften, wie Wahrhaftigkeit und Verantwortungsbewußtsein, zu entwickeln. Die Anerkennung — oder die Kritik — der Leistung oder des Verhaltens kann nicht nur die moralischen Eigenschaften, die Gefühle und Motivationen beeinflussen, sondern auch die intellektuelle und die physische Leistungsfähigkeit des Schülers verändern. Die unterschiedlichen Reaktionen der einzelnen Schüler z. B. auf Lob und Tadel lassen deutlich erkennen, daß das Ergebnis einer pädagogischen Einwirkung sehr stark von den inneren Bedingungen, von der inneren Position des einzelnen abhängig ist. Für die speziell erzieherische Einflußnahme wird dieser Zusammenhang allgemein anerkannt, nicht in gleichem Maße aber für den Bereich des Wissenserwerbs und der Entwicklung des Könnens, für die er in ähnlicher Weise bedeutsam ist. Die pädagogische Erfahrung hat aber auch bewiesen, daß es ungeachtet der verschiedenartigen inneren Positionen der einzelnen Schüler pädagogische Maßnahmen gibt, die einzelne Seiten und Eigenschaften der Persönlichkeit besonders ansprechen und fördern. Auf dieser Erkenntnis beruht das zielgerichtete frontale Vorgehen mit einheitlichen Maßnahmen im Unterricht einer Klasse bzw. einer Schülergruppe. Dieses fron-

<sup>4</sup> Karl Marx: Das Kapital. Band I, S. 509.

tale Vorgehen muß jedoch mit der individuellen Einwirkung auf einzelne Schüler, z. B. durch individuell gestellte Forderungen und Aufgaben, sinnvoll im Interesse der Entwicklung jedes einzelnen Schülers und des Kollektivs aller Schüler vereinigt werden. Das allgemeine Ziel der Oberschule, die Grundlagen der allseitigen Bildung und Erziehung der Persönlichkeit zu schaffen, erfordert es, die pädagogischen Einwirkungen so zu wählen und zu bemessen, daß sie eine harmonische Entwicklung der Persönlichkeit bewirken. Das bedeutet, nach Möglichkeit die Ziele eines Unterrichtsabschnitts, teilweise auch die Ziele einer Unterrichtsstunde „komplex“ zu planen und zu verwirklichen, d. h. sich neben dem Wissen und Können auch auf die Beiträge zu den allgemeinen, über den Einzelstoff und das Einzelfach hinausgreifenden Zielen der Persönlichkeit zu konzentrieren, z. B. auf das Einprägen von Fakten, auf das Anwenden physikalischer Kenntnisse bei der Lösung quantitativer Aufgaben, auf die Vermittlung von Techniken des Experimentierens oder des Gebrauchs von Wissensspeichern; aber dabei müssen Einseitigkeiten vermieden werden. Beschränkten wir uns etwa beim Experimentieren auf die Ausführung bestimmter Tätigkeitsabläufe und ließen dabei den Sinn dieser Tätigkeiten, ihren Bezug zur wissenschaftlichen Fragestellung, zum physikalischen Inhalt der auftretenden Erscheinungen außer Betracht, so wäre die pädagogische Einwirkung ebenso einseitig wie etwa dann, wenn wir Anforderungen an die Genauigkeit, die Sorgfalt und die Gewissenhaftigkeit bei der experimentellen Arbeit mißachten. Schwächen in der Leistung oder Fehler im Verhalten von Schülern haben ihre Ursachen meist nicht nur in jenem Bereich, in dem der Mangel unmittelbar in Erscheinung tritt, sondern in einem unzureichenden Stand der Persönlichkeitsentwicklung. Zum Beispiel lassen Wissenslücken stets auf Mängel im Denkvermögen, auf Konzentrationsschwäche, vielfach auch auf ungenügende Lernmoral, unentwickelte Motivationen und Antriebe u. ä. schließen.

*Die Entwicklung der Persönlichkeit vollzieht sich durch das Auftreten und Lösen von Widersprüchen.*

Im Hinblick auf den einzelnen können wir äußere, d. h. zwischen dem einzelnen und seiner Umwelt bestehende Widersprüche, und innere, in seiner Persönlichkeitsstruktur oder -entwicklung auftretende Widersprüche unterscheiden; dabei bilden die inneren Widersprüche die Triebkraft der Persönlichkeitsentwicklung. Die inneren können entweder durch äußere Widersprüche, gebrochen durch die inneren Bedingungen, hervorgerufen werden oder in der inneren Entwicklung direkt entstehen.<sup>5</sup> Diese Auffassung grenzt sich gegen eine mechanistische Milieutheorie ab, nach der die Einwirkungen der Außenwelt unvermittelt innere Widersprüche auslösen, aber auch gegen eine nativistische Hypothese, nach der alle Entwicklungsbedingungen im Individuum von Natur aus angelegt seien und nur der Förderung (oder der Hemmung) bedürfen. Unter diesem Aspekt ist für den Lehrer das Erkennen, das Lenken und das beabsichtigte Auslösen der inneren Widersprüche der Persönlichkeit und ihre Nutzung für die zielgerichtete Bildung und Erziehung des Schülers von besonderer Bedeutung. Solche Widersprüche entstehen vor allem zwischen dem Wissensstand und dem Denkvermögen, dem Verhalten und dem moralischen Bewußtsein, dem Willen und den Fähigkeiten; sie sind vor allem Widersprüche innerhalb der Persönlichkeitsstruktur.<sup>6</sup> Ein äußerer Widerspruch wird erst dann zu einem persönlichkeitsbildenden Faktor, wenn er verinnerlicht wird, d. h. sich in einen inneren Widerspruch umsetzt. Zum Beispiel muß eine Forderung des Lehrers dem Schüler bewußt und von diesem auch anerkannt werden, wenn sie einen inneren Widerspruch, den Widerspruch zwischen der Leistungsforderung und dem Leistungsvermögen, entstehen lassen soll; bei einem Schüler, der etwa aus Gleichgültigkeit über diese Forderung hinwegsieht, bleibt ein solcher Widerspruch natürlich aus.

<sup>5</sup> Leontjew, a. a. O., Rubinstein, a. a. O.

<sup>6</sup> Klingberg, L. u. a.: Abriß der allgemeinen Didaktik, S. 60 ff.

Nach Klimpel<sup>7</sup> lassen sich folgende Zusammenhänge zwischen äußeren und inneren Widersprüchen feststellen:

- Ein äußerer Widerspruch wird nur dann in einen inneren umgewandelt, wenn er persönlich bedeutsam wird; daraus folgt, daß nicht jeder äußere Widerspruch in einen inneren transponiert wird.
- Auf der Grundlage eines äußeren Widerspruchs können verschiedenartige innere Widersprüche entstehen; das hängt vom Charakter des äußeren Widerspruchs und von den inneren Bedingungen der Persönlichkeit ab.

Der Lehrer muß bestrebt sein, durch Forderungen, Anerkennung, Kritik, durch sein persönliches Beispiel u. a. bei den Schülern solche inneren Widersprüche zu erzeugen, die die Persönlichkeitsentwicklung auf das Ziel der Schule und des Unterrichts hinlenken. Das bedeutet, bei den Forderungen nicht nur die sachlogische und die normative Seite zu sehen, sondern auch die Angemessenheit und die Art und Weise, wie sie vermittelt wird. Eine Forderung durch einen allgemeinen Hinweis auf die gesellschaftliche Notwendigkeit oder den individuellen Nutzen zu begründen reicht in der Regel nicht aus. Ebenso ist eine Forderung unwirksam, sie wird nicht verinnerlicht, wenn zwischen ihr und der realen Leistungsfähigkeit eine übergroße Differenz besteht. Es ist ein anerkanntes Gesetz der Psychologie, daß eine Anforderung dann die Entwicklung optimal fördert, wenn sie in der Zone der nächsthöheren Entwicklung liegt<sup>8</sup>. Besonders wichtig ist, daß der Lehrer dem Schüler bewußtmacht, welches Ziel zu erreichen ist (Zielorientierung); die Überlegungen über das Auslösen innerer Widersprüche machen das deutlich.

Aus diesen Grundsätzen ergibt sich, daß der Prozeß der Persönlichkeitsentwicklung *planbar* ist, durch äußere Einwirkungen *gesteuert* (gelenkt) werden kann und sich auf Grund innerer Faktoren des Individuums in gewisser Weise und in bestimmtem Maße selbst *regelt*. Hierbei sind verschiedene Fälle, nach der Art und der Intensität der Einwirkung von außen (z. B. Mitteilung, Anleitung oder Anregung durch den Lehrer, organisiertes Selbststudium und „spontanes“ Lernen), zu unterscheiden. Die Tatsache, daß die Seiten und Eigenschaften der Persönlichkeit, die inneren Faktoren ebenso wie die Faktoren, die von außen auf das Individuum einwirken, als *Elemente von Systemen* angesehen werden können, daß der Bildungs- und Erziehungsprozeß *Steuerungs- und Regelungsvorgänge* umfaßt und alle pädagogischen Vorgänge mit *Informationsübertragung, -Verarbeitung und -speicherung* verbunden sind, ermöglicht eine Untersuchung des Bildungs- und Erziehungsprozesses unter kybernetischem Aspekt (vgl. dazu die Erörterungen über das Experiment im Abschnitt 5.3.1.1.). Die Anwendung der Kybernetik hat über den programmierten Unterricht hinaus Wege zur Erhöhung der Effektivität des Unterrichts gewiesen und neue Impulse für die Lösung pädagogischer Probleme gegeben. Zusammenfassende und auch detaillierte Darstellungen diesbezüglicher Ergebnisse werden in der Spezialliteratur, z. B. in den Arbeiten von Itelson<sup>9</sup> und Landa<sup>10</sup>, gegeben.

Eine Arbeitsrichtung bei der Anwendung der Kybernetik auf pädagogische Sachverhalte setzt sich das Ziel, den Bildungs- und Erziehungsprozeß zu *modellieren*. Hierbei wird entsprechend dem Modellbegriff der Philosophie unter einem Modell ein — gegenüber der Realität vereinfachtes — Ersatzobjekt verstanden, dessen wesentliche Eigenschaften dem realen Objekt analog sind und dessen Verhalten Rückschlüsse auf den Ablauf der Vorgänge in der Wirklichkeit ermöglicht oder heuristische Bedeutung hat. Der pädagogischen Wissenschaft sind verschiedenartige prinzipielle Ansätze für die

<sup>7</sup> Klimpel, P.: Erziehung und Entwicklung der Persönlichkeit, S. 128 f.

<sup>8</sup> Wygotski, L. S.: Die geistige Entwicklung der Kinder im Unterrichtsprozeß.

<sup>9</sup> Itelson, L.: Mathematische und kybernetische Methoden in der Pädagogik.

<sup>10</sup> Landa, L. N.: Kybernetik und Unterrichtstheorie. In „Sowjetwissenschaft“, Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge, Jg. 1963, Heft 1.

Modellierung pädagogischer Vorgänge bekannt; diese Ansätze stützen sich auf verschiedenartige theoretische Auffassungen über den pädagogischen Prozeß und seine hauptsächlichsten Wirkfaktoren. Entsprechend der ideologischen Grundposition ihrer Autoren haben bei diesen Modellen die Faktoren verschiedene Gewichte. Gegenwärtig gibt es in der bürgerlichen Pädagogik z. B. soziologisch oder psychologisch determinierte Modelle; so wurden in den USA mehrere Modelle entwickelt, die sich auf die behavioristische Auffassung von Reiz und Reaktion gründen. Wegen ihres philosophischen Ausgangspunktes und ihrer Einseitigkeit widersprechen solche Modelle den Anforderungen der sozialistischen Schule.

Ebenso sind jene Modelle unbrauchbar, die den Lernprozeß als ein passives Anpassen an äußere Gegebenheiten interpretieren.

Den Arbeiten marxistischer Pädagogen zur Modellierung des Bildungs- und Erziehungsprozesses liegt im allgemeinen die Auffassung zugrunde, daß das Individuum auf vielfältige Weise mit dem Kollektiv und der gesamten Gesellschaft verbunden ist, daß es ein inneres Modell seiner (natürlichen und gesellschaftlichen) Umwelt entwickelt und auf Grund dieses inneren Modells seine aktive Auseinandersetzung mit der Außenwelt realisiert und, indem es die Außenwelt verändert, auch das innere Modell weiter vervollkommnet. Der Aneignungsprozeß beim Lernen ist in diesem Sinne vor allem als Weiterentwicklung des inneren Modells der Außenwelt zu verstehen, gerichtet auf eine Annäherung des inneren Modells an die objektive Realität; das Lehren tritt dabei als Zielgebung und Lenkung dieses Annäherungsprozesses, z. B. durch die Eingabe bereits „vorgeformter“ Abbilder der Außenwelt (Darbietung von Bildungsgütern) und durch Organisation der Auseinandersetzung des Individuums mit der Umwelt oder mit einem Modell von dieser (z. B. durch Anregung, Anleitung), in Erscheinung (Vermittlungs-, Führungs- und Hilfsfunktion des Lehrens).

Die hier nur grob gekennzeichneten Überlegungen zur Modellierung des Unterrichtsprozesses können für vielfältige pädagogische Situationen entworfen werden und Anwendung finden. Das „Durchspielen“ verschiedener Varianten des pädagogischen Vorgehens an einem Modell kann einen ersten, noch grob-annähernden Aufschluß über die Wirksamkeit der betreffenden Methoden in der Realität geben. Im allgemeinen sind solche Modellierungen für Theorie und Praxis nützlich, solange sie mit Vorbedacht und nicht dogmatisch angewendet werden. Besonders zu beachten ist, daß das Modell niemals den realen Sachverhalt in seiner Vielfalt und Reichhaltigkeit wiedergeben kann und stets bestimmte Züge der Realität besonders hervorhebt, andere jedoch unterdrückt. Eine „Verdrängung der Realität durch das Modell“ führt leicht zu idealistischen Fehlinterpretationen.

### 5.1.2. Die didaktischen Prinzipien

Die Folgerungen, die sich aus einer Analyse der pädagogischen Erfahrung sowie aus der Anwendung der grundlegenden theoretischen Auffassungen für die praktische Bildungs- und Erziehungsarbeit im Unterricht ergeben, werden vielfach in der Form *didaktischer Prinzipien und Regeln* zusammengefaßt.

In der vergangenen Zeit wurden die von der Sowjetpädagogik in den vierziger Jahren ausgesprochenen und auf die deutsche demokratische Schule im Jahre 1951 angewendeten Prinzipien unter den konkreten Bedingungen in unserer Republik weiterentwickelt und zu verschiedenen Systemen zusammengefügt, z. B. in den Arbeiten von Klein<sup>11</sup>, Klein und Tomaschewsky<sup>12</sup>, Klingberg und Mitarbeitern<sup>13</sup>. Klein und Tomaschewsky formulieren folgende didaktischen Prinzipien:

<sup>11</sup> Klein, H.: Didaktische Prinzipien und Regeln.

<sup>12</sup> Klein, H., Tomaschewsky, K. u. a.: Schulpädagogik, Teil I, Didaktik, S. 239H.

<sup>13</sup> Klingberg, L., u. a., a. a. O.

1. Prinzip des sozialistisch erziehenden Unterrichts
2. Prinzip der Wissenschaftlichkeit
3. Prinzip der Einheit von Theorie und Praxis
4. Prinzip der bewußten und schöpferischen Tätigkeit der Schüler
5. Prinzip der Kollektivität
6. Prinzip der Führung des Unterrichts durch den Lehrenden
7. Prinzip der Anschaulichkeit
8. Prinzip der Planmäßigkeit und Systematik
9. Prinzip der Faßlichkeit
10. Prinzip der ständigen Festigung
11. Prinzip der Koordinierung

Das Prinzip des sozialistisch erziehenden Unterrichts wird nicht in allen Prinzipiensystemen als ein besonderes „didaktisches“ Prinzip formuliert; in ihm spiegelt sich die allgemeine Zielsetzung eines jeden Unterrichts in der sozialistischen Schule wider, und es steht damit über den anderen Prinzipien, die sich auf Spezialfragen des Unterrichts beziehen.

Die didaktischen Prinzipien lassen sich in Prinzipien für Auswahl und Anordnung des Unterrichtsstoffes und in Prinzipien für die didaktische und methodische Gestaltung des Unterrichts gliedern. Manche Prinzipien werden auch so formuliert, daß sie sowohl Stoffauswahl und -anordnung als auch die Unterrichtsgestaltung betreffen; dazu gehört (im allgemeinen) das Prinzip der Wissenschaftlichkeit des Unterrichts, das in den Prinzipiensystemen zumeist eine hervorragende Stellung einnimmt. Im folgenden sollen besonders zwei didaktische Prinzipien näher erläutert werden, die für die Stoffauswahl im einzelnen und für die Interpretation des Stoffes im Physikunterricht besonders bedeutsam erscheinen: das Prinzip der Wissenschaftlichkeit und das Prinzip der Faßlichkeit. Auf das Prinzip der Systematik, soweit es für die Stoffauswahl (in bezug auf ganze Stoffgebiete wie auch auf stoffliche Einzelheiten) gilt, ist bereits im Abschnitt 3. eingegangen worden (in Zusammenhang mit den fachlichen Leitlinien und dem Aufbau des Physiklehrgangs). Eine besondere Charakteristik der anderen didaktischen Prinzipien soll hier unterbleiben; ihre Grundgedanken sind in den Ausführungen über die didaktisch-methodische Gestaltung des Physikunterrichts (↑ Abschnitt 5.2.) enthalten.

Das didaktische *Prinzip der Wissenschaftlichkeit* fordert, als Prinzip der Auswahl und der Interpretation des Unterrichtsinhalts betrachtet, daß alles, was im Unterricht gelehrt wird, mit den gegenwärtigen Erkenntnissen der Wissenschaft übereinstimmt und daß auf der Grundlage des Wissens, das im Unterricht erworben wird, ein tieferes Eindringen in die Wissenschaften — in ihr System, ihren Begriffsapparat, ihre Methode, ihre Terminologie und Symbolik — ohne logische oder methodische Schwierigkeiten möglich ist. Das schließt vor allem ein, daß Auswahl und Interpretation des Unterrichtsinhalts den Erkenntnissen der Wissenschaft nicht widersprechen und den Schülern (etwa durch eine falsche Vorstellung von Wesentlichem und Unwesentlichem) den Zugang zu einer umfassenderen wissenschaftlichen Betrachtung und Bildung nicht verbauen dürfen.

Erstes Kriterium der Wissenschaftlichkeit ist die *philosophische Richtigkeit* des Unterrichtsinhalts und seiner Interpretation auf der Grundlage der wissenschaftlichen Philosophie, des dialektischen Materialismus. Die Schüler sollen, um ein Wort von Engels zu gebrauchen, die Welt „in ihrem eigenen Zusammenhang und nicht in einem phantastischen“<sup>14</sup> kennenlernen. Eine mechanistische, undialektische oder dogmatische Auffassung von den physikalischen Erscheinungen und Vorgängen widerspricht dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit ebenso wie z. B. eine ungerechtfertigte Extrapolation eines Gesetzes über seinen Gültigkeitsbereich hinaus. Entstellungen dieser Art sind von jeher ein Mittel reaktionärer, „wissenschaftlich fundierter“ Ideologien (z. B. der Theo-

<sup>14</sup> Engels, F.: Ludwig Feuerbach . . . Berlin 1948, S. 16.

rien von der Erschaffung der Welt, dem Wärmetod des Alls, im gesellschaftlichen Bereich des Malthusianismus oder des Sozialdarwinismus) gewesen (↑ Abschnitt 2.2.). Die *fachliche Richtigkeit* als weiteres Kriterium besagt, daß der gegenwärtige Erkenntnisstand in den einzelnen Teilgebieten der Physik, ebenso auch in den technischen Wissenschaften, soweit sie Bezug zum Unterrichtsinhalt haben, berücksichtigt werden muß. Die Art und Weise, wie das zu erfolgen hat, ist in den staatlichen Lehrplänen für jedes Stoffgebiet besonders genannt, so daß sich an dieser Stelle hierzu ausführliche Darstellungen erübrigen.

Fachliche Richtigkeit der Interpretation des Stoffes bedeutet aber keinesfalls „hochschulmäßige“ Darbietung, ebensowenig logische Vollständigkeit und Lückenlosigkeit in den Schritten zwischen Voraussetzungen und Ergebnissen („wissenschaftliche Strenge“). Um den Unterricht wissenschaftlich und dabei faßlich zu gestalten, stehen die Darbietungen und Erklärungen des Lehrers zuerst oftmals auf einer niedrigen Stufe der wissenschaftlichen Erkenntnis, z. T. auf einer Stufe, die in der historischen Entwicklung der Wissenschaften tatsächlich einmal erreicht und inzwischen überschritten wurde<sup>16</sup>. Sie stehen z. T. aber auch auf einer Stufe, die „rückwärtsschreitend“ vom gegenwärtigen Erkenntnisstand durch entsprechende Vereinfachungen und Vergrößerungen konstruiert wurde. Ein Beispiel für den ersten Fall ist in der Behandlung der Mechanik und der Wärmelehre, für den zweiten im Unterricht der Atom- und Kernphysik sowie zahlreicher Teilgebiete der Elektrizitätslehre zu sehen. Die Darstellungen „auf niedriger Stufe“ werden dann im weiteren Verlauf des Unterrichts ergänzt und erweitert; die Begriffe werden inhaltlich angereichert und die Gesetze in ihrem Gültigkeitsbereich präzisiert.

So wird z. B. der physikalische Begriff der Masse in den Klassen 6 und 7 zunächst gegenständlich, etwa im Sinne der „*quantitas materiae*“ Newtons, erfaßt; die Untersuchung ihrer Eigenschaften — in Klasse 9 der Oberschule und in der Klasse 11 der Erweiterten Oberschule — leitet dann zu einer Begriffsauffassung über, die sich der (abstrakten) Definition des physikalischen Begriffs in der Wissenschaft nähert. Ebenso ist es mit dem Prinzip der Wissenschaftlichkeit zu vereinbaren, wenn — in Klasse 7 — die Geschwindigkeit am Beispiel der gleichförmigen Bewegung als Quotient aus Weg und Zeit aufgefaßt wird; denn die Definition als Differentialquotient — in Klasse 11 gefordert — wird erst bei der Behandlung ungleichförmiger Bewegungen einleuchtend und voll verständlich. Ähnliches gilt auch z. B. für die Zusammensetzung gleichgerichteter Geschwindigkeiten (Galileitransformation im „nichtrelativistischen“ Bereich).<sup>16</sup>

Zur Wissenschaftlichkeit des Unterrichts gehört auch der richtige Gebrauch von *Fachausdrücken*. Selbst wenn keine exakte Definition gegeben werden kann (oder eine solche Definition vom Lehrplan nicht gefordert wird), ist es im allgemeinen notwendig, von den definierenden — oder zumindest den offensichtlich wesentlichen — Merkmalen der Begriffe und nicht von einer Worterklärung auszugehen. Eine etymologische Betrachtung hat natürlich ihre Bedeutung, vor allem im Zusammenhang mit historischen Exkursen, mit einer Schilderung des Weges — und manchmal auch der Irrwege — der wissenschaftlichen Erkenntnis (z. B. bei der Behandlung der Fliehkraft in der Erweiterten Oberschule, Klasse 12). Gegen die Wissenschaftlichkeit des Unterrichts verstoßen auch unklare und mißverständliche Formulierungen, wie z. B. der Satz „Das Licht breitet sich annähernd 900000mal so schnell wie der Schall aus“. Daß eine anthropo-morphistische Ausdrucksweise, d. h. eine Übertragung von Bezeichnungen für menschliche Vernunfts- und Willenshandlungen auf das physikalische Geschehen, mit der Wissenschaftlichkeit des Unterrichts unvereinbar ist, dürfte selbstverständlich sein. Das gleiche gilt auch für eine ästhetisierende oder gar mystifizierende, agnostische Interpretation.

<sup>15</sup> Vgl. die Ausführungen über die historisierende Methode in 5.2.2.4. und die historisierend-genealogische Methode in 5.2.2.5.

<sup>16</sup> Vgl. dazu die Ausführungen über Begriffsbildung im Abschnitt 3.2.1.

Ebenso erfordert das Prinzip der Wissenschaftlichkeit, die Erkenntnisse der Semiotik streng zu beachten; z. B. dürfen bei Aussagen verschiedene semantische Stufen nicht miteinander vermengt werden<sup>17</sup>.

So widerspricht der Satz: „Die Beschleunigung gehört zu den fundamentalen Begriffen der Dynamik und wird in Meter je Sekundenquadrat gemessen“ den semiotischen Grundsätzen; sein erster Teil bezieht sich auf den *Begriff* der Beschleunigung (er ist somit eine Aussage in einer Metasprache), der zweite aber auf die *physikalische Größe* „Beschleunigung“, wobei noch hinzukommt, daß diese zweite (einer Objektsprache angehörende) Aussage einen engeren Gültigkeitsbereich als die erste hat.

Das didaktische *Prinzip der Faßlichkeit* bringt zum Ausdruck, daß der Unterricht allen Schülern zugänglich sein, daß eine zielgerichtete Einwirkung auf ihre innere Position erfolgen und dabei vor allem das „innere Modell der Wirklichkeit“ bereichert werden muß. Das Prinzip der Faßlichkeit steht nicht im Widerspruch zum Prinzip der Wissenschaftlichkeit; im Gegenteil, es bildet dessen notwendige Ergänzung. Die philosophische und fachwissenschaftliche Qualität des Unterrichts soll mit seiner pädagogischen — vor allem der erzieherischen und der didaktischen — Wirksamkeit stets eine Einheit bilden. Dementsprechend kann Faßlichkeit keinen Verzicht auf Wissenschaftlichkeit bedeuten; anders ausgedrückt: Es darf keine „Stufen“ der Wissenschaftlichkeit, aber es muß Stufen der Faßlichkeit eines bestimmten Gegenstandes geben. Im Interesse der Faßlichkeit erscheint oftmals eine *didaktische Vereinfachung* des Unterrichtsgegenstandes erforderlich. Diese didaktische Vereinfachung kann z. B. darin bestehen, daß ein Sachverhalt unter vereinfachenden Annahmen untersucht wird (z. B. die Wirkungsweise einer Wärmekraftmaschine im Unterricht der Klasse 8 oder die Fortbewegung einer Rakete bei der Behandlung der Mechanik in der Erweiterten Oberschule, Klasse 11) oder daß ein Spezialfall als Repräsentant für eine Klasse von Vorgängen oder Erscheinungen gewählt wird. So beschränkt sich der Physikunterricht der Oberschule bei der Behandlung der Leiterverzweigung in der Elektrizitätslehre auf die einfache Verzweigung und läßt mehrfach verzweigte („verzweigte Zweige“) und vernetzte Leiter außer Betracht; im Unterricht der Erweiterten Oberschule werden von den verschiedenen Feldformen nur das homogene Feld (am Beispiel des elektrischen Feldes) und das Zentralfeld (am Beispiel des Gravitationsfeldes) besonders behandelt. Das Problem der didaktischen Vereinfachungen wurde insbesondere von Hering und Lichtenecker bearbeitet.<sup>18</sup> Notwendig ist im Interesse der Wissenschaftlichkeit, daß bei den didaktischen Vereinfachungen Sachlogik und Exaktheit der Gedankenführung erhalten bleiben und sich keine falschen Auffassungen vom wirklichen Sachverhalt einschleichen (weitere Hinweise siehe Abschnitt 5.2.2.).

*Das Prinzip der Faßlichkeit hat verschiedene Aspekte.* Faßlichkeit bedeutet einesteils, daß der Stand der Vorkenntnisse und der Entwicklungsstand der anderen Eigenschaften der Persönlichkeit der Schüler, vor allem ihr geistiges Leistungs- und Anspruchsniveau, berücksichtigt werden müssen. *Die Einführung eines neuen Gegenstandes soll auf dem Vorhandenen aufbauen und so gestaltet werden, daß das Neue eng an Bekanntes anschließt.* Das ist stets dann unmittelbar möglich, wenn das neue Thema von der Logik des Gegenstandes her an bereits Behandeltes anschließt, z. B. die Themen der Mechanik in Klasse 7 an die Überlegungen zu den Grundbegriffen der Mechanik in Klasse 6 oder die Gegenstände der Mechanik in Klasse 9 an den Unterricht in Klasse 7. Allerdings muß, wenn das Neue richtig erfaßt werden soll, das Bekannte reaktiviert und des möglichen Vergessenseins wegen wiederholt und ergänzt werden. Ist eine unmittelbar-stoffliche Anknüpfung nicht möglich, so können Analogiebetrachtungen weiterhelfen, z. B. bei der

<sup>17</sup> Vgl. Klaus, G.: Semiotik und Erkenntnistheorie. Berlin 1963.

<sup>18</sup> Zum Beispiel Hering, D. und F. Lichtenecker: Lösungsvarianten zum Lehrstoff-Zeit-Problem und ihre Ordnung. In „Wissenschaftliche Zeitschrift der TU Dresden“, Jg. 1960, Heft 5.

Behandlung des elektrischen Feldes eine Analogie mit dem magnetischen Feld (oder umgekehrt).

Im Hinblick auf die geistige Beanspruchung des Schülers darf Faßlichkeit nicht als Beschränkung auf ein niedriges Niveau mißverstanden werden. Eine niveaulose Vergrößerung „zum Zwecke des besseren Verstehens“ hat mit der Beachtung des Faßlichkeitsprinzips nichts gemein; denn solche Simplifizierungen haben in der Regel keine stimulierende Wirkung, sie veranlassen die Schüler nicht zu einer gründlichen und ernsthaften Auseinandersetzung mit dem Gegenstand, und sie hinterlassen kein qualitativ gutes und dauerhaftes Ergebnis im Wissen oder Können der Schüler. So wäre es z. B. falsch, in Klasse 10 (oder in der Erweiterten Oberschule) in die optischen Erscheinungen, vor allem in die Wellenoptik, in ähnlicher Weise einzuführen, wie es für das erste Bekanntmachen der Schüler mit der Optik in Klasse 6 richtig ist. Wie bereits im Abschnitt 5.1.1. angedeutet wurde, sollen die Ansprüche an die geistige Leistung der Schüler in der Zone der nächsthöheren Entwicklung liegen; die „Angemessenheit“ einer Forderung bedeutet also nicht, daß diese der Entwicklung nachfolgt, sondern daß die Forderung der Entwicklung voraussetzt und damit die Entwicklung stimuliert (Rubinstein, Wygotski).

Ein anderer Aspekt ist darin zu sehen, *daß der Unterricht die ganze Persönlichkeit ansprechen muß*. Er soll nicht nur auf ein Sinnesorgan, z. B. das Auge oder das Ohr, wirken und sich nicht nur an den Verstand, sondern auch an die anderen Bereiche des Bewußtseins wenden und, sofern es Ziel und Gegenstand fordern und ermöglichen, die emotionale Seite erfassen. Deshalb ist im Physikunterricht darauf zu achten, daß Vorträge durch bildliche Darstellungen oder Demonstrationen unterstützt, bei Experimenten bestimmte Wirkungen nicht nur sichtbar, sondern möglichst gleichzeitig auch hörbar gemacht (z. B. Zählvorgänge; Meßvorgänge mit Metronom), Demonstrationsobjekte und Versuchsaufbauten ästhetisch gut gestaltet werden und der anschaulichen, gefühlsbetonten Schilderung der gebührende Platz eingeräumt wird. Besonders wichtig ist, daß die Schüler dabei ihre geistige und motorische Aktivität richtig entfalten können. Allerdings darf das Streben nach einem wirksamen, ansprechenden Unterricht nicht zu einer Reizüberflutung der Schüler, zu einem Hasten von Attraktion zu Attraktion — oder auch nur zu einem häufigen, sachlich unmotivierten Methodenwechsel — führen.

Ein solcher „Unterricht“ mag zwar den Schülern zunächst interessant erscheinen und sie fesseln; mit der Zeit aber erreicht er das Gegenteil, er verleitet zur Teilnahmslosigkeit und führt womöglich zur Abstumpfung der Sinne. Die Gefahr eines solchen „flachen“ Unterrichts ist auch gegeben, wenn das Verhältnis zwischen der Anschauung und der geistigen Verarbeitung zuungunsten der Denktätigkeit verschoben wird und die Stunde praktisch als ununterbrochene Folge von Experimenten, Demonstrationen und Filmvorführungen aufgebaut wird.

Unter *informationstheoretischem Aspekt* betrachtet, bedeutet Faßlichkeit vor allem, daß der zu vermittelnde sachliche Inhalt des Unterrichts richtig aufbereitet und dargeboten wird, damit er ohne wesentlichen Informationsverlust von den Schülern aufgenommen und verarbeitet werden kann. Schon ein Hinweis auf die Aufnahme-, die Leitungs- und die Speicherkapazität für Information des menschlichen Organismus läßt gewisse Schlußfolgerungen für die Unterrichtsgestaltung zu; es kommt im Prinzip darauf an, annähernd jene Menge an Information darzubieten, die in der vorhandenen Zeit auch wirklich aufgenommen, weitergeleitet und verarbeitet werden kann.

Zur Orientierung seien im folgenden einige Werte für den Informationsfluß bzw. für Speicherkapazitäten genannt. Die diesbezüglichen Angaben in der informationstheoretischen und psychologischen Literatur sind nicht einheitlich, die folgenden Werte sind nur als Annäherungen, als charakteristisch für die Größenordnung, zu betrachten.<sup>19</sup> Die hierbei verwendete Einheit 1 bit (von binary digit — Binärziffer) ist die Maßeinheit für die Menge der (selektiven)

<sup>19</sup> Vgl. z. B. Klaus, G.: Wörterbuch der Kybernetik.

Information; ein Signal übermittelt 1 bit, wenn es eine Alternative (Unbestimmtheit) zwischen zwei gleichwahrscheinlichen Möglichkeiten (ja — nein) entscheidet. Zum Beispiel trägt ein Buchstabe der deutschen Sprache in einem unbekanntem Text im Durchschnitt 1,5 bit Information (dieser Wert ist wesentlich geringer als der theoretisch mögliche; das hängt davon ab, daß nicht jede Buchstabenkombination in der Sprache vorkommt und jeder Text eine gewisse Weitschweifigkeit zeigt). Die Einheit  $1 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}$  kennzeichnet den zeitlichen Informationsfluß.

*Maximaler Informationsfluß* (Aufnahme oder Abgabe) bei verschiedenen Tätigkeiten:

Lesen 15 bis 45  $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$ , Zählen und Rechnen 10 bis 15  $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$ , Maschineschreiben 16  $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$ ; *Aufnahme- bzw. Leitungskapazität:*

— des Bewußtseins und Denkens 12 bis 16  $\text{bit} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

— des optischen Kanals  $10^7 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

— des akustischen Kanals  $1,5 \cdot 10^6 \text{ bit} \cdot \text{s}^{-1}$ ,

— des Kurzzeitgedächtnisses (Verweilzeit, „Gegenwartsdauer“ etwa 10 s) 160 bit,

— des Langzeitgedächtnisses (bei einer Zugriffszeit von  $10^{-2}$  bis 10 s)  $10^9$  bis  $10^{13}$  bit.

Daraus folgt beispielsweise, daß das langsame Nachsprechen oder das mäßig rasche Mitschreiben (in Langschrift oder in Stenographie) etwa den gleichen Wert des Informationsflusses aufweist wie die Verarbeitungs- und Leitungskapazität bei der höheren Nerventätigkeit des Menschen. Es wäre sinnlos, die hohe optische oder akustische Aufnahmekapazität voll auszunutzen zu wollen; der Lehrer muß vielmehr einen zu raschen Wechsel der optischen oder akustischen Zeichen vermeiden und den Informationsfluß maßvoll steuern (langsameres Sprechen, genügend Zeit zur Bildbetrachtung oder zum Nachdenken lassen, durch betontes Sprechen Wesentliches hervorheben, Unwesentliches nivellieren). Allerdings kann eine Betrachtungsweise, die sich nur auf das *Maß* der Information beschränkt und deren qualitative Seiten außer Betracht läßt, nur eine stark vergrößerte Annäherung darstellen.<sup>20</sup>

Schließlich sei auf die Beziehungen zwischen *Faßlichkeit* und *Anschaulichkeit* eingegangen. Das Prinzip der Anschaulichkeit ist mit dem Prinzip der Faßlichkeit nicht identisch. Die Tatsache, daß auch im pädagogischen Bereich die Anschauung als Fundament der Erkenntnis anzusehen ist, darf nicht zu dem Schluß verleiten, daß jeder Gegenstand, jeder Zusammenhang auch bildlich dargestellt werden könne oder müsse. Man würde dabei nicht berücksichtigen, daß die Anschauung sowohl sinnliche wie auch abstrakte Elemente umfaßt. Die Sinneseindrücke, die der Schüler bei der Beobachtung von Erscheinungen und Vorgängen erhält, sei es in der Natur oder am Experiment, lassen in den meisten Fällen keinen unmittelbaren Schluß zu auf die Vorgänge selbst und die Gesetzmäßigkeiten, die diesen Vorgängen zugrunde liegen.

Beispielsweise beobachten wir den freien Fall von Körpern auf die Erde. Die Gesetze der gleichmäßig beschleunigten Bewegung oder gar das Gravitationsgesetz können aus der unmittelbaren Anschauung nicht gewonnen werden; es ist notwendig, viele Einzelbeobachtungen und Messungen durchzuführen, ihre Ergebnisse miteinander zu vergleichen und aus den — durch Abstraktion gewonnenen — Gemeinsamkeiten der Ergebnisse mit Hilfe von Analyse und Synthese, Induktion und Deduktion die Gesetzmäßigkeiten herauszuarbeiten. Dieser lange Abstraktionsweg kann nicht mehr durch Anschauung im eigentlichen Sinne unterstützt werden; anschaulich gemacht werden können höchstens Teilergebnisse und ihre Zusammenhänge, z. B. durch Diagramme.

In vielen anderen Fällen ist jedoch eine Unterstützung des Abstraktionsprozesses durch anschaulich darstellbare „Stufen“ möglich (Abstraktionsreihen, ↑ Abschnitt 5.2.2.). In der Elektrizitätslehre werden die Probleme der Veranschaulichung „unanschaulicher“ Vorgänge besonders deutlich. Zum Beispiel ist der elektrische Strom nicht

<sup>20</sup> Hieraus erklärt sich auch, weshalb bei der quantitativen Kennzeichnung von Informationsprozessen auf die selektive Information, nicht auf die semantische Information, auf welche die Shannonschen Überlegungen nicht exakt angewendet werden können, Bezug genommen wird; vgl. Klaus, a. a. O., und Klaus, G.: Kybernetik in philosophischer Sicht. Dielz Verlag, Berlin 1963.

direkt „anschaulich“; das Vorhandensein elektrischer Ladungen oder elektrischer Ströme können nur mittels bestimmter Wirkungen erkannt werden, so z. B. mittels der Kraftwirkungen im elektrischen Feld, mittels der magnetischen, chemischen oder thermischen Wirkungen des elektrischen Stromes. Dabei treten diese Wirkungen häufig nicht unmittelbar anschaulich hervor, sondern es werden Meßgeräte geschaffen, bei denen sich auch diese Wirkungen nur noch in einem Zeigerausschlag oder in einem akustischen Signal bemerkbar machen.

Ein anschaulicher, das Wesentliche hervorhebender Unterricht ist eine wichtige Bedingung für das richtige Erfassen des Gegenstandes. Deshalb sind z. B. die Übersichtlichkeit von Versuchsanordnungen, die Klarheit bildlicher Darstellungen und anderer Demonstrationsobjekte sowie eine bildhafte, „anschauliche“ Sprache des Lehrers wichtige Erfordernisse, die sich aus dem Prinzip der Faßlichkeit ergeben. Veranschaulichungen können aber auch unfaßlich werden, vor allem dann, wenn sie nicht auf das Wesentliche hinlenken oder wenn zu ihrem Verständnis ein umfangreiches Beiwerk erforderlich ist. Das trifft z. B. auf solche „anschaulichen“ Modellvorstellungen zu, deren sinnliches oder gedankliches Erfassen mehr an Kenntnissen und Denktätigkeit voraussetzt als die Erkenntnis des realen, zu veranschaulichenden Sachverhalts. Zu solchen „Modellvorstellungen“ können z. B. komplizierte Strömungsmodelle der Elektrizität gerechnet werden, mit denen unter anderem etwa die Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes eines Leiters „veranschaulicht“ werden soll. In solchen Fällen ist ein weniger „veranschaulichender“ Unterricht meist faßlicher.

### 5.1.3. *Zum Begriff, zur Klassifikation und zu den Aspekten der Unterrichtsmethode*

*Allgemein wird mit dem Begriff der Methode ein folgerichtiges, auf einem System von Regeln beruhendes Verfahren erfaßt, durch das ein vorgegebenes Ziel oder ein bestimmter Zweck erreicht werden kann.*

Dieser philosophischen Begriffsbestimmung entsprechend ist im pädagogischen Bereich unter einer Methode ein Verfahren zu verstehen, das zum Erreichen eines bestimmten Bildungs- und Erziehungsziels führt; in diesem Sinne sprechen wir von der Methode (oder: den Methoden) der geistigen, der ideologischen, der ästhetischen und der körperlichen Bildung und Erziehung, aber auch von der Methode des Physikunterrichts, der Methode der Behandlung der Mechanik oder der Optik, wobei sich in den zuletzt genannten Fällen die Methode stets auf den Gesamtbereich der im betreffenden Lehrgang oder mit Hilfe des betreffenden Stoffes zu erreichenden Bildungs- und Erziehungsziele bezieht; es wäre zu eng gesehen, in diesen Fällen die Methode auf die Behandlung des Stoffes, auf die Kenntnisvermittlung zu beschränken.

Zum Verständnis des Begriffs der *Unterrichtsmethode* ist es erforderlich, den Unterricht als einen Prozeß anzusehen, bei dem Lehrer- und Schülertätigkeiten miteinander verbunden und aufeinander abgestimmt sind. Die zielsetzende und lenkende Tätigkeit des Lehrers verfolgt die Absicht, eine zielgerichtete und bewußte Tätigkeit der Schüler auszulösen; *die Unterrichtsmethode schließt Lehrmethode, Lernmethode und die Beziehungen zwischen ihnen ein.*

In der pädagogischen Literatur wird der Begriff der Unterrichtsmethode nicht immer in diesem weitgefaßten Sinne gebraucht; teilweise wird er auf die Lehrmethode eingengt.<sup>21</sup> Den folgenden Ausführungen ist jedoch der weitgefaßte Begriff zugrunde gelegt.

Es gibt in der Literatur verschiedene Auffassungen über das wesensbestimmende Merkmal einer Unterrichtsmethode und damit auch über die Klassifikation der Methoden. Diese Auffassungen haben ihren Grund in der Tatsache, daß der Unterrichts-

<sup>21</sup> Vgl. z. B. Pädagogische Enzyklopädie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963, Band 2, S. 634.

prozeß unter verschiedenen Aspekten betrachtet werden kann und jeder dieser Aspekte, wie im weiteren zu zeigen versucht werden soll, für die praktische Unterrichtsarbeit ebenso wie für die Unterrichtstheorie Bedeutung hat.

#### Klassifikation der Methoden

1. Wird der Unterricht unter dem Aspekt der *äußeren Form der Tätigkeit* des Lehrers und der Tätigkeit der Schüler gesehen, so lassen sich in der Hauptsache

- der *Vortrag* und die *Demonstration* durch den Lehrer oder durch einen Schüler,
- das *Gespräch* zwischen dem Lehrer und den Schülern oder zwischen Schülern,
- die *selbständige Tätigkeit* der Schüler,  
z. B. die experimentelle Tätigkeit, die Arbeit mit dem Buch, die produktive Arbeit, mündliche und schriftliche Darlegungen, unterscheiden.

Diese Tätigkeitsabläufe werden als didaktische Grundformen (oder: äußere Formen) des Unterrichts bezeichnet.<sup>22</sup> Für ihre Anwendung gelten bestimmte allgemeine didaktische Regeln und Normen. Charakter und Ausprägung der didaktischen Grundformen sind außer von Ziel und Inhalt auch von der Alters- und Entwicklungsstufe der Schüler abhängig. So unterscheidet sich ein Lehrervortrag in Klasse 6 oder 7 nicht nur in Wortwahl und Satzbau, sondern auch z. B. in der Dauer, in der Anzahl und Auswahl eingestreuter Pausen oder Zwischenfragen von einem Lehrervortrag in den Klassen 9 oder 10. Diese allgemeinen Merkmale der didaktischen Grundformen sollen, da sie in den bekannten didaktischen Standardwerken behandelt sind<sup>23</sup>, hier nicht näher erörtert werden.

2. Ein anderes äußeres Merkmal, das zur Kennzeichnung einer Unterrichtsmethode herangezogen werden kann, ist die *Verwendung von Unterrichtsmitteln*, besonders von Lehr-, Lern- und Arbeitsmitteln.

In dieser Hinsicht kann z. B. von

- der *Arbeit mit dem Buch*,
- der *Arbeit an der Tafel*,
- der *Arbeit mit Geräten und Modellen*,
- der *Arbeit mit programmierten* (eigentlich: programmierenden) *Materialien und Unterrichtsmaschinen* (Lehrmaschinen) gesprochen werden.

3. Für eine Methode sind aber nicht in erster Linie die äußeren Erscheinungsformen, d. h. die Formen des Ablaufs der Lehrer- oder der Schülertätigkeit und die verwendeten Unterrichtsmittel, maßgebend, sondern zunächst die Art und Weise, wie der Unterricht geführt wird, wie die Gedanken und Tätigkeiten der Schüler ausgelöst und stimuliert werden; sie kann als *Lehrweise* bezeichnet werden. Im Unterschied dazu wird unter der *Lernweise* die — von außen gelenkte oder selbständig gewählte — Stimulation und Führung der Gedanken und Tätigkeiten des Schülers verstanden. Unter diesem Aspekt können wir vor allem

- die *darbietende* Lehrweise,
  - die *anleitende* Lehrweise,
  - die *anregende* Lehrweise
- }      ↑ Abschnitt 5. 3. 2. 3
- und entsprechend
  - die *rezeptive* (aufnehmende)<sup>24</sup> Lernweise,
  - die *reproduktive* (wiedergebende) Lernweise,

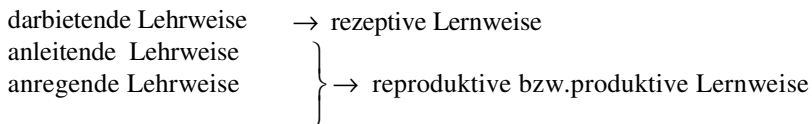
<sup>22</sup> Zum Beispiel Klein, H., Tomaschewsky, K. u. a., a. a. O., Klingberg u. a., a. a. O.

<sup>23</sup> Zum Beispiel Klein, Tomaschewsky u. a., a. a. O., Klingberg u. a., a. a. O.

<sup>24</sup> Um einem verbreiteten Irrtum vorzubeugen, sei gesagt, daß „rezeptiv“ nicht mit „passiv“ identifiziert werden darf und keine abwertende Bedeutung hat. Auch das aufnehmende Lernen setzt ein hohes Maß verschiedenartiger aktiver Tätigkeiten voraus.

- die *applikative* (anwendende)<sup>25</sup> Lernweise,
- die *produktive* (schöpferische) Lernweise unterscheiden.

Zwischen der Lehrweise und der Lernweise bestehen objektive, gesetzmäßige Zusammenhänge; ohne diese wäre ein zielgerichteter Unterricht unmöglich oder dem Zufall ausgeliefert. Allerdings gibt es keine absoluten Zuordnungen zwischen Lehr- und Lernweisen. Das Schema nach A. Uhlig u. a.<sup>26</sup>



sollte nur als allgemeine, grobe Übersicht verstanden werden. Ebenso bestehen objektive Zusammenhänge zwischen der Lehrweise und den äußeren Formen der Lehrertätigkeit, wie auch zwischen der Lernweise und den äußeren Formen der Schülertätigkeit (↑ Abschnitt 5.2.).

4. Weiterhin ist zum Verständnis des Wesens einer Unterrichtsmethode der Aspekt bedeutsam, welche *unterrichtliche Funktion* (auch: didaktische Funktion, didaktische Zielsetzung) im Hinblick auf die Aneignung und Verarbeitung des Stoffes beabsichtigt ist; hierbei unterscheiden wir in erster Linie
- die *Einführung in ein neues Gebiet* (↑ Abschnitt 5.2.1.),
  - die *Erarbeitung des zu Lernenden* (↑ Abschnitt 5.2.2.),
  - die *Festigung des Gelernten* (↑ Abschnitt 5.2.3.1.),
  - die *Überprüfung der Ergebnisse des Unterrichts* (↑ Abschnitt 5.2.3.2.).

Die unterrichtliche Funktion eines bestimmten Abschnitts des Unterrichtsprozesses wird von der beabsichtigten Stellung dieses Abschnitts im Gesamtprozeß der Bildung und Erziehung determiniert.

In Bild 3 sind die Zusammenhänge zwischen den didaktischen Grundformen, der Lehr- und Lernweise sowie der unterrichtlichen Funktion schematisch dargestellt; Volllinien kennzeichnen die hauptsächlichen und häufigsten Zusammenhänge, Strichlinien weitere Beziehungen.

5. Schließlich ist der *logische Weg*, auf dem die Schüler zur Erfassung des Unterrichtsinhalts geführt werden, ein wesensbestimmender Aspekt der Unterrichtsmethode. Für den Physikunterricht kommen aus der reichen Fülle entsprechender Möglichkeiten vor allem folgende methodischen Grundformen in Betracht, die vorzugsweise der Erarbeitung des Lehrstoffes dienen:

<ul style="list-style-type: none"> <li>• die <i>analytisch-synthetische Methode</i>,</li> <li>• die <i>Methoden der Induktion und Deduktion</i>,</li> <li>• die <i>historisierende (geschichtsbetrachtende) Methode</i>,</li> <li>• die <i>genetischen (entwickelnden) Methoden</i>,</li> <li>• die <i>abstrahierenden und konkretisierenden Methoden</i>,</li> <li>• die <i>forschenden Methoden</i> (z. B. Problemfindung und -lösung; black-box; trial and error).</li> </ul>	<p>} ↑ Abschnitt 5.2.2.</p>
--	-----------------------------

Das Bild 4 zeigt den schematischen Zusammenhang zwischen den methodischen Grundformen und der Lehrweise und der Lernweise, d. h. den Zusammenhang zwischen didaktischen und methodischen Grundformen. Diese Darstellungen sind, ebenso wie das Bild 3, nur als eine erste Annäherung an die wesentlich kompliziertere Wirklichkeit zu sehen. Die Unterscheidung der beschriebenen Aspekte des Unterrichtsprozesses ist nicht nur

<sup>25</sup> Der hier verwendete Begriff der applikativen Lernweise hat nichts mit dem in der bürgerlichen Psychologie verbreiteten Begriff der applikativen Intelligenz, mit dem eine niedere, „unschöpferische“ Art geistiger Disposition charakterisiert werden soll, gemein, sondern deutet darauf hin, daß Gelerntes im Unterricht — z. B. beim Lösen von Aufgaben — auf adäquate Sachverhalte angewendet wird.

<sup>26</sup> Siehe z. B.: Didaktik des Biologieunterrichts, S. 61.

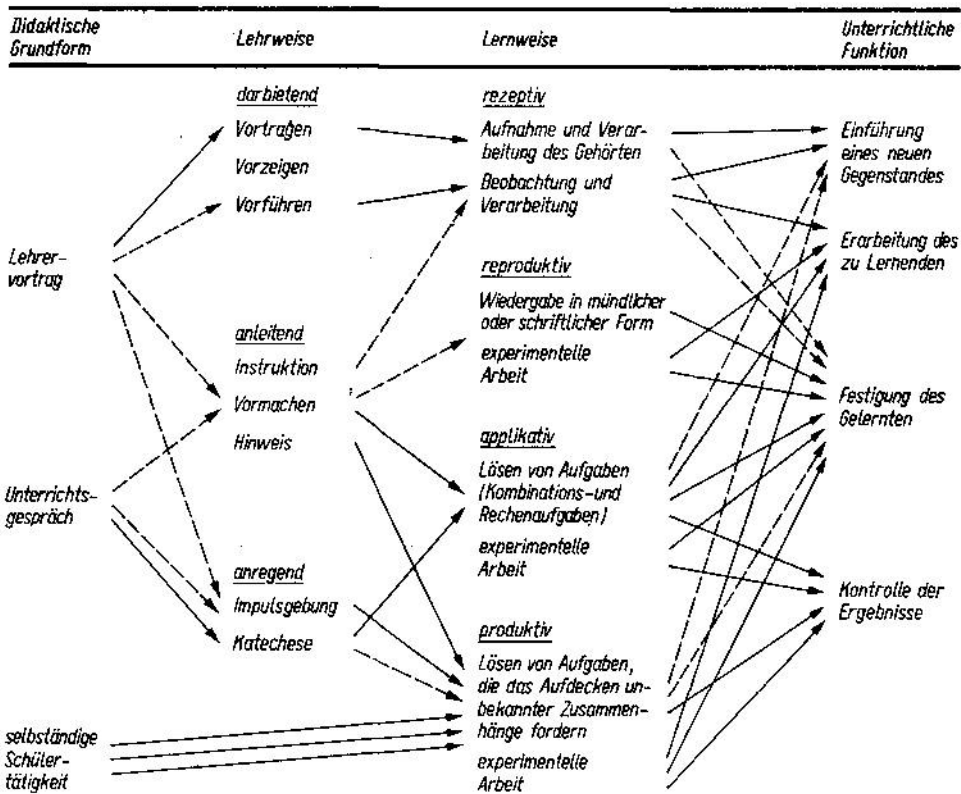


Bild 3 Beziehung zwischen didaktischen Grundformen und der Lehr- und Lernweise im Zusammenhang mit ihrer unterrichtlichen Funktion

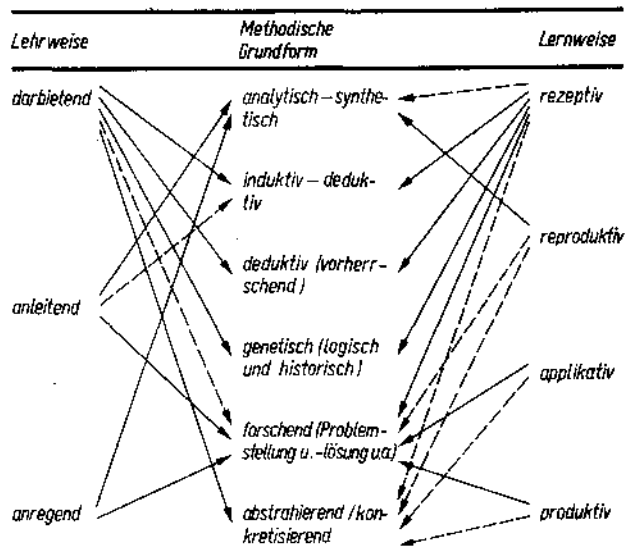


Bild 4 Zusammenhang zwischen den methodischen Grundformen und der Lehr- und Lernweise

von theoretischem Interesse, sondern auch für die praktische Unterrichtsführung, für die richtige didaktische und methodische Gestaltung des Unterrichts von Bedeutung. Manche Pädagogen unterscheiden z. B. die Unterrichtsweise nicht von der unterrichtlichen Funktion, d. h., sie identifizieren etwa die Darbietung mit der Einführung in ein neues Gebiet, oder sie ordnen bestimmte didaktische Grundformen eng den unterrichtlichen Funktionen oder der Unterrichtsweise zu, so etwa den Lehrervortrag allein der Einführung bzw. der Darbietung. Wie noch in den folgenden Abschnitten deutlich wird, kann eine solche vergrößerte Betrachtungsweise nicht den ganzen Reichtum der methodischen Gestaltung des Unterrichts erschließen, sondern zum Schematismus bei der Planung und Durchführung des Unterrichts verleiten.

Das in Bild 5 angegebene Stundenbeispiel soll an einem praktischen Einzelfall die komplexen Beziehungen zwischen der unterrichtlichen Funktion, der Lehr- und der Lernweise, den didaktischen Grundformen und den methodischen Grundformen deutlich machen und die Bedeutung einer klassifizierenden Einordnung der verschiedenen und verschiedenartigen Methoden und Aspekte veranschaulichen.

Bild 5 Praktisches Beispiel für den komplexen Zusammenhang

Arbeit am Hebel

Typ: Stunde zur Erarbeitung des zu Lernenden (↑ Abschnitt 5.1.4.) Nach: Unterrichtshilfen Physik, Klasse 7, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968 — 13. Stunde der Stoffeinheit „Arbeit, Energie und Leistung in der Mechanik“.

Lfd. Nr. d. Std.-Abschn.	Beschreibung des Unterrichtsablaufs (inhaltlich)	Zeit in min.	Unterrichtliche Funktion
1.	Demonstration des Anhebens einer sandgefüllten Kiste, zunächst mit freier Hand, darauf mit einem Hebel	5	Einführung eines neuen Gegenstandes
2.	Herausarbeiten der wesentlichen Bestimmungsstücke des Hebels; ihre Bezeichnung; Skizzieren an der Tafel (alles am Beispiel des zweiseitigen Hebels)	20	Erarbeitung des Stoffes
3.	Wiederholung des Satzes von der Erhaltung der Arbeit; Formulieren der Vermutung über die Gültigkeit dieses Satzes für den Hebel	5	Festigung (früher behandelter Stoff) Erarbeitung
4.	Experimentelle Überprüfung der Vermutung über die Gültigkeit des Satzes von der Erhaltung der Arbeit am Hebel (Demonstrationsexperiment)	5	Erarbeitung
5.	Lösung von Aufgaben zur Arbeit am Hebel durch die Schüler im Übungsheft	10	Festigung

#### 5.1.4. Unterrichtsmethode und Studentyp

Die Auswahl der didaktischen Grundformen, der Lehr- und der Lernweise, der unterrichtlichen Funktion und der methodischen Grundformen wird in erster Linie von den *Zielen* des Unterrichts bestimmt; dabei müssen die Besonderheiten des *Stoffes* sowie die Bedingungen, die bei der Verwirklichung dieser Ziele bestehen und allgemein unter dem Begriff der *Unterrichtssituation* zusammengefaßt werden, berücksichtigt werden. Da sowohl die Unterrichtsziele als auch die Unterrichtssituation allgemeine, über Fach und Thema hinausgreifende Züge erkennen lassen, gibt es neben den besonderen, eng an die Einzelziele und Einzelstoffe gebundenen Auswahlkriterien auch allgemeine Kriterien für die Gestaltung des Unterrichts und damit auch für Auswahl und Abfolge der methodischen Schritte. Zu diesen allgemeinen Kriterien gehören auch Kriterien, die in erster Linie auf den physischen Bedingungen der Aneignung des Stoffes und der Entwicklung, der Persönlichkeit beruhen; dazu zählen insbesondere<sup>7</sup>:

<sup>7</sup> Klingberg u. a., a. a. O., S. 131 ff.

Lehrweise	Lernweise	Didaktische Grundform	Methodische Grundform
anregend	produktiv	Demonstrationsexperiment Unterrichtsgespräch	analytisch-synthetisch
darbietend anregend	rezeptiv reproduktiv reproduktiv	Vortrag Unterrichtsgespräch selbständige Schülertätigkeit	analytisch-synthetisch induktiv
anregend	reproduktiv applikativ	Unterrichtsgespräch	deduktiv
darbietend	rezeptiv produktiv	Demonstrationsexperiment Unterrichtsgespräch	deduktiv analytisch-synthetisch
anleitend	applikativ	Selbständige Schülertätigkeit	analytisch-synthetisch

1. Die „weiterführenden“ Phasen des Unterrichtsprozesses müssen in einem richtigen Verhältnis zu den „zu sichernden“ stehen; sie dürfen nicht überwiegen.
2. Die Methode darf nicht zu rascher Ermüdung der Schüler führen oder sie einseitig zu stark beanspruchen.
3. Rationale und emotionale Momente müssen in einem richtigen Verhältnis zueinander stehen, wobei im naturwissenschaftlichen Unterricht die rationale Komponente dominiert.

Die speziellen, an Einzelziele und -Stoffe gebundenen Kriterien für die Methodenwahl sind Gegenstand einer speziellen Methodik des Physikunterrichts und seiner Teilgebiete; sie werden deshalb hier nicht näher erörtert.

In einer Unterrichtsstunde herrscht im allgemeinen eine bestimmte Methode vor, sie bestimmt sozusagen das Profil der Stunde. Ebenso wie ein eintöniger, aber längere Zeit gleichförmiger Unterrichtsablauf mindert ein unmotiviert rascher Wechsel im methodischen Vorgehen den Unterrichtserfolg. Ein allgemeingültiges Rezept für einen sinnvollen *Methodenwechsel* gibt es nicht, die Wahl der Methodenfolge ist vom Inhalt, aber auch vom Bildungs- und Entwicklungsstand der Schüler abhängig. In der Regel kann bei älteren Schülern das gleiche Vorgehen, z. B. eine bestimmte didaktische Grundform, längere Zeit angewendet werden als in den unteren Klassen ( / Abschnitt 5.1.2.). Das Vorherrschen einer bestimmten Art der Gestaltung innerhalb einer Unterrichtsstunde legt eine *Typologie der Unterrichtsstunden* nahe. Grundsätzlich können die Unterrichtsstunden nach Jedem der Aspekte der Unterrichtsmethode ( / Abschnitt 5.1.3.) klassifiziert werden; die didaktische Literatur kennt verschiedene typologische Systeme. Eingebürgert hat sich vor allem eine Klassifikation nach der Unterrichtsweise und nach der *unterrichtlichen Funktion*. Nach dem letztgenannten Aspekt kann unterschieden werden zwischen

- Stunden vorwiegend zur Einführung in einen neuen Gegenstand,
- Stunden vorwiegend zur Erarbeitung des zu Lernenden,
- Stunden vorwiegend zur Festigung des Gelernten,
- Stunden vorwiegend zur Kontrolle der Ergebnisse,
- gemischte Stunden, d. h. Stunden mit mehreren etwa gleichberechtigten unterrichtlichen Funktionen.

Die Überlegungen zur Typologie der Unterrichtsstunden bilden ein wertvolles Hilfsmittel für die Planung des Unterrichts ( / Kapitel 8.). Sie lassen z. B. erkennen, ob über einen längeren Zeitraum, z. B. während der Zeit, die für die Behandlung eines Stoffgebiets oder eines Teilgebiets vorgesehen ist, ein ausgewogenes Verhältnis zwischen Weiterführung und Sicherung besteht, ob eine Kontrolle der Ergebnisse im richtigen Maße und zu den richtigen Zeitpunkten vorgesehen ist usw. Diese Überlegungen haben auch über das Einzelfach hinaus Bedeutung. Beobachtungen in der Schulpraxis haben gezeigt, daß eine ungenügende Abstimmung zwischen den Fächern im Hinblick auf die hauptsächlichsten unterrichtlichen Funktionen der am gleichen Tage liegenden Unterrichtsstunden Lernerfolg und Lernmoral der Schüler beeinträchtigen kann (ein Beispiel dafür sind Häufungen von Kontrollstunden kurz vor der Zensurenfestlegung für die Zeugnisse).

## **5.2. Zur didaktisch-methodischen Gestaltung des Physikunterrichts**

In diesem Abschnitt wird dargelegt, welche didaktischen und methodischen Grundformen bei den einzelnen unterrichtlichen Funktionen im Physikunterricht angewendet werden können und wie diese Grundformen untereinander und mit der Lehr- und der Lernweise in Verbindung stehen.

Wenn auch in nahezu allen Unterrichtsfächern die gleichen didaktischen und viele gleiche methodische Grundformen, die gleichen Lehr- und Lernweisen sowie die gleichen unterrichtlichen Funktionen in Erscheinung treten, so sind doch nicht nur ihre inhaltliche Ausprägung, sondern auch die wechselseitigen Zuordnungen und ihr Zusammenwirken in den einzelnen Fächern vielfach verschieden. So erfordert z. B. die Festigung des Gelernten im Fach Physik z. T. andere didaktische und methodische Grundformen (und oftmals eine andere Lernweise) als z. B. in den Fächern Mathematik oder Geschichte; im Fach Physik ist bei der Festigung des Gelernten von den didaktischen Grundformen der selbständigen Schülertätigkeit das Experimentieren vorherrschend; die applikative Lernweise nimmt dabei — im Unterschied etwa zum Fach Geschichte — einen breiten Raum ein.

### 5.2.1. *Didaktische und methodische Grundformen zur Einführung eines neuen Lehrgegenstandes*

Bei der Einführung eines neuen Gegenstandes lernen die Schüler zum Teil rezeptiv (↑ Abschnitt 5.1.3.); das bedeutet aber nicht, daß sie nur Objekt pädagogischer Einwirkung sein dürfen. Jeder Schüler muß sich aktiv mit dem einzuführenden Stoff auseinandersetzen; dazu bedarf es einer Vorbereitung durch den Lehrer, die im Schaffen von Motivationen, in Aufgabenstellungen, im Wecken des Interesses für den neuen Gegenstand, im Bereitstellen der erforderlichen Voraussetzungen sowie im Führen des Erkenntnisprozesses besteht. Für die Einführung eines neuen Gegenstandes haben sowohl die darbietende als auch die anregende und die anleitende Lehrweise besondere Bedeutung; eine Darbietung („Vermittlung“) allein garantiert aber noch nicht den Erfolg.

Unter den didaktischen Grundformen, die der Einführung eines neuen Gegenstandes dienen, kommt dem *Lehrervortrag*, vielfach ergänzt und illustriert durch *Demonstrationsexperimente* (↑ Abschnitt 5.3.1.), durch das *Vorzeigen* von Gegenständen oder bildlichen Darstellungen sowie das *Vorführen* eines Films oder eines Funktionsmodells, besondere Bedeutung zu.

Die Zweckmäßigkeit des *Lehrervortrags* wird nicht von allen Pädagogen gleich bewertet. Trotzdem kann er als wertvolles Mittel zur Einführung eines neuen Gegenstandes angesehen werden. Der Lehrervortrag hat aber neben subjektiv bedingten auch objektive Grenzen. Zur bloßen Übermittlung einzelner Fakten bei der Einführung eines Gegenstandes, vor allem aber einer größeren Anzahl von Fakten, ist der Lehrervortrag nur bedingt geeignet. Sind dem Schüler umfangreiche Mitteilungen zu geben, so ist gerade in den naturwissenschaftlichen Fächern die schriftliche Form, z. B. auf vorbereiteten und vervielfältigten Blättern, durch Tabellen und Übersichten meist günstiger als die mündliche Form, z. B. das Diktieren. Diktieren und Mitschreiben sind hierbei nicht nur zeitraubend, sondern bergen auch die Gefahr des Informationsschwundes in sich. Als Form des Unterrichtsgesprächs, die für eine Einführung in einen neuen Gegenstand besonders geeignet ist, muß das *heuristische Unterrichtsgespräch* genannt werden. Beim Unterrichtsgespräch kann sich die Aktivität der Schüler in sprachlicher Form äußern, und es können Erkenntnisse, die ein einzelner Schüler gewonnen hat, der ganzen Klasse zugänglich gemacht werden. Der Lehrer ist in der Lage, den Erfahrungskreis der Schüler in den Unterricht einzubeziehen, wenn beispielsweise Beobachtungen aus dem polytechnischen Unterricht, von Exkursionen, aus dem täglichen Leben oder einer speziellen Interessentätigkeit (Radiobasteln, Modellbau u. ä.) der Schüler berichtet und sie nach ihrem physikalischen Inhalt untersucht werden. Das Unterrichtsgespräch kann bei der Einführung eines neuen Gegenstandes vor allem dann sinnvoll angewendet werden, wenn bei allen Schülern genügende Grundlagen vorhanden sind, aus denen das Neue (z. B. durch Verallgemeinerung, Konkretisierung, Induktion oder Deduktion) gewonnen werden kann, und wenn von den Schülern auch genügend Gedanken, Impulse oder Anregungen zum Verständnis des Neuen erwartet

werden können. Es ist eine didaktische Grundform, die im Fach Physik besonders bei der experimentellen Arbeit der Schüler angewendet wird.

Das Unterrichtsgespräch soll alle Schüler zum Mitdenken veranlassen. Die oftmals vertretene Meinung, daß ein Unterrichtsgespräch „von sich aus“ die Schüler zum Mitdenken anrege (im Gegensatz zum Lehrervortrag, der die Schüler zur Passivität nötige), ist erfahrungsgemäß unzutreffend. Auch bei einem Unterrichtsgespräch hängt die Aktivität der Schüler wesentlich von der logischen Ordnung der Gedanken, von besonderen Impulsen u. ä. ab.

Das Unterrichtsgespräch ist auch eine geeignete Form für das Stellen und Lösen von Problemen (↑ Abschnitt 5.2.2.).

In einem Unterrichtsgespräch werden die Gedanken, welche die Schüler äußern, nicht immer der vorgeplanten Linie entsprechen, z. B. können die Schüler beim Beschreiben oder Deuten eines Experiments den dargestellten Vorgang falsch formulieren. Der Lehrer muß dann prüfen, ob der Fehler lediglich aus Unaufmerksamkeit entstand oder das Ergebnis einer falschen Annahme oder Folgerung ist. Auch falsche Schülerantworten oder -meinungen können wertvoll sein, wenn sie einen bestimmten eigenen Gedankengang ausdrücken. Hierbei sollte der Lehrer nicht sofort korrigierend eingreifen, sondern den „Irrweg“ erläutern lassen und im Wechselgespräch mit mehreren Schülern die Gedanken weiterverfolgen, bis die fehlerhafte Vermutung sachlich widerlegt ist.

Zu den selbständigen Schülertätigkeiten, die der Einführung eines neuen Gegenstandes dienen können, gehören in erster Linie *Einführungsversuche*, die von Schülern ausgeführt werden.

Weiterhin gehören dazu Beobachtungen außerhalb der Experimente, das *Schülerreferat* (der Schülervortrag) sowie die *Arbeit mit dem Buch* und mit anderen speziellen *Wissensspeichern* sowie mit *Geräten* und *Modellen*. Die Anforderungen an das Schülerreferat werden im Zusammenhang mit der Kontrolle des Ergebnisses genannt, da die Hauptfunktion des Schülerreferats in diesem Bereich zu sehen ist (↑ Abschnitt 5.2.3.). Die Arbeit mit dem Schulbuch, im besonderen mit dem Lehrbuch der Physik, ist jedoch nicht nur Mittel zum Zweck der Aneignung physikalischer Erkenntnisse, sondern hat allgemeine Bedeutung für die Entwicklung rationeller Techniken des Wissenserwerbs über den Fachunterricht und über die Schule hinaus.

Wissensspeicher in Form einer enzyklopädischen oder einer systematischen Darstellung, Tabellen, Diagramme, Formelsammlungen (auch Sammlungen von Definitionen, Gesetzen) können bei der Einführung eines neuen Gegenstandes in erster Linie zur Vermittlung eines informatorischen Überblicks oder zur Bekanntgabe von Einzeldaten (z. B. als Induktionsgrundlage) herangezogen werden. Ihr Hauptnutzungsgebiet ist jedoch die Festigung des Gelernten durch Anwendung des Wissens und Könnens sowie durch Wiederholung der wichtigsten sachlichen Zusammenhänge.<sup>1</sup> Grundlage und auslösendes Moment für die Schülertätigkeit sind in der Mehrzahl Anleitungen, Anregungen und Hinweise des Lehrers. Es empfiehlt sich, auch schon von Klasse 6 an, die Schüler an das Arbeiten nach Vorschriften, später auch teilweise in algorithmischer Form (↑ Abschnitt 5.2.2.) arbeiten zu lassen.

Als methodische Grundformen, die sich für die Einführung eines neuen Gegenstandes besonders eignen, sind in erster Linie die *analytisch-synthetische Methode* und die *Methode der verbundenen Induktion und Deduktion* zu nennen. Sie sind praktisch in allen Klassenstufen und bei allen Stoffgebieten anwendbar, während die *vorwiegend deduktive Methode* vor allem für den Unterricht in den höheren Klassen in Betracht kommt (↑ Abschnitt 5.2.2.1. bis 5.2.2.3.).

Ebenso können die methodischen Grundformen des *forschenden Vorgehens* für die Einführung eines neuen Gegenstandes Anwendung finden; sie sind besonders deshalb

<sup>1</sup> Feitscher, W.: Wissenspeicher geringer Redundanz. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 12.

günstig, weil sie das Interesse der Schüler am Gegenstand — und an den Methoden seiner Erarbeitung — wecken und fördern (vergleiche hierzu die Methode der *Problemfindung und Problemlösung* im Abschnitt 5.2.2.7.).

### 5.2.2. *Didaktische und methodische Grundformen zur Erarbeitung eines Lehrgegenstandes*

Die Erarbeitung eines neuen Lehrgegenstandes ist eine besonders wichtige Aufgabe des Unterrichts im Fach Physik. Die hierbei verwendeten didaktischen und methodischen Grundformen (↑ Abschnitt 5.1.3.) sind sehr vielgestaltig, aber auch verschieden in ihrer Wertigkeit. Diese Tatsache gestattet, den Unterrichtsprozeß variabel zu gestalten und durch einen sinnvollen und zweckmäßigen Methodenwechsel einen formalistischen Unterricht zu vermeiden.

Um die Fülle der auf S. 98 nur auswahlweise angeführten Methoden<sup>2</sup> zu sichten und zu ordnen, muß man davon ausgehen, daß jede Methode aus einem System von Regeln besteht<sup>3</sup>, die einem *äußeren* Erkenntnisprozeß zugeordnet sind und sich vorzugsweise auf algorithmisierbare (↑ S. 110) logische Denkoperationen (Analyse, Synthese, Induktion, Deduktion u. a.) und Handlungsfolgen zurückführen lassen.<sup>4</sup> Es handelt sich hierbei um den gnoseologischen Aspekt. Daneben enthält jede Methode durch die Umsetzung des Regelsystems ins Geistige auch psychisch determinierte Elemente, die einem *inneren* Erkenntnisprozeß integriert sind (Abstraktion, Begriffsbildung u. a.). Hier tritt der psychologische Aspekt in Erscheinung. Obwohl diese beiden Seiten stets in dialektischer Einheit auftreten, dominiert doch bei der Anwendung der verschiedenen Methoden die eine oder die andere Seite. Das gestattet, die methodischen Grundformen in erster Näherung<sup>5</sup> in zwei Kategorien einzuteilen:

1. Methoden, die vorzugsweise durch logische Operationen gekennzeichnet sind.
2. Methoden, die durch ihre psychisch determinierte Eigenart stärker den inneren Erkenntnisprozeß berühren.

Zur ersten Gruppe zählen

- die analytisch-synthetische Methode,
- die Methoden, die Kategorien der Induktion und Deduktion verwenden,
- die historisierende Methode.

Zur zweiten Gruppe rechnen

- die entwickelnden Methoden,
- die abstrahierenden Methoden,
- die forschenden Methoden.

Im folgenden werden die wichtigsten dieser Methoden erörtert. Wegen der besonderen Bedeutung, die der Experimentalunterricht gerade im Physikunterricht hat und wegen des Zusammenwirkens verschiedener der genannten Methoden in ihm wird

- die experimentelle Methode

in größerer Breite und Tiefe in dem eigenen Abschnitt 5.4. behandelt.

Methoden, die vorzugsweise durch logische Operationen gekennzeichnet sind

#### 5.2.2.1. *Die analytisch-synthetische Methode*

Zu den am häufigsten im Denkprozeß angewandten Verfahren gehören die logischen Denkoperationen der Analyse und Synthese.

<sup>2</sup> Vgl. dazu auch: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 110 ff.

<sup>3</sup> Klaus, G., und Buhr, M.: Philosophisches Wörterbuch, S. 352.

<sup>4</sup> Haspas, K.: Die Bedeutung der Übertragung logischer Elemente des wissensch. Erkenntnisprozesses in den Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 5, 6, 7/8.

<sup>5</sup> In Grundlagen der Methodik wird auf S. 114 davon gesprochen, daß es noch keine „logisch gute Klassifikation“ der Unterrichtsmethoden gibt.

Jedes Erkennen eines Objektes geht im letzten Grunde auf ein *Vergleichen* zwischen den aus dem Bewußtsein reproduzierten Vorstellungen mit dem realen Objekt oder den Erscheinungen, die sich an ihm abspielen, zurück. Dazu bedarf es aber der zergliedernden Analyse hinsichtlich „bekannter“ Merkmale und ihrer zusammenfassenden Synthese. Das wird besonders deutlich, wenn es sich um das Erkennen selten vorkommender Objekte handelt, wobei das Gedächtnis eine oft entscheidende Rolle spielt; ebenso sind aber die Erfahrungen von Bedeutung und die Fähigkeit, analytische und synthetische Elemente zum Zwecke des Vergleichs, des Erkennens und des Wiedererkennens in geeigneter Weise einsetzen zu können.<sup>6</sup>

Diese Fähigkeit, die schon in frühen Klassenstufen vorhanden ist, kann bereits hier entscheidend geübt und ausgeprägt werden.<sup>7</sup>

Im allgemeinen findet man im komplexen Denkprozeß vor allem induktive und deduktive Elemente, die zur Bildung von Urteilen und Schlüssen beitragen. Es kommen aber auch analytische und synthetische Operationen mehr oder weniger rein vor, weshalb man von einer analytisch-synthetischen Methode spricht.

Ein einfaches Beispiel aus der Mathematik soll das Grundsätzliche der Methode erläutern :

Es soll der Inhalt der im Bild 6 gezeichneten Fläche berechnet werden. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, daß die Fläche in leicht berechenbare Teilstücke (Bild 7) zerlegt

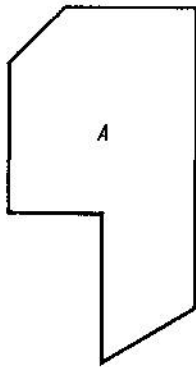


Bild 6 Berechnung des Flächeninhalts eines unregelmäßigen Vielecks (Aufgabenstellung)

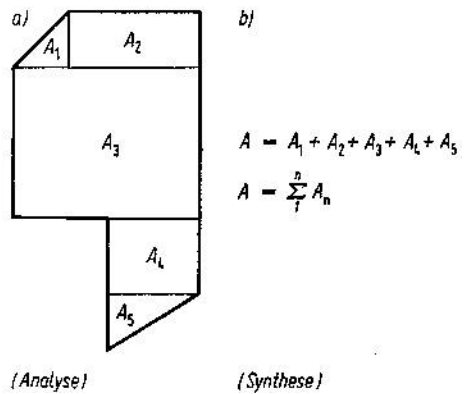


Bild 7 Zerlegung der Fläche in Teilstücke (a) und ihre Summierung (b) (Lösung durch Analyse (a) und Synthese (b))

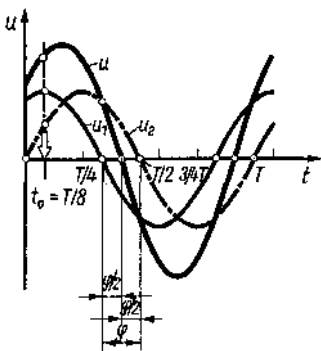


Bild 8 Addition von harmonischen Wechselspannungen (als einfachstes Beispiel der analytisch-synthetischen Methode von Fourier)

wird (Analyse), die einzeln berechnet und deren Flächeninhalte summiert werden (Synthese).

Andere Beispiele gleicher Art, aber auf höherer Stufe hinsichtlich Kenntnisse und Abstraktion, sind die Fourier-Analyse von Wechselstromkurven (Lb. Kl. 11 (1964), S. 56), die Überlagerung von Hertzschen oder Lichtwellen (Lb. Kl. 12 (1964), S. 75), die Frequenzanalyse mechanischer Schwingungen (Lb. Kl. 10 EOS (1964) S. 128). Ein Beispiel zeigt Bild 8. Auch in der Technik (und ihrer Behandlung im physikalischen und polytechnischen Unterricht) findet die Methode ihre Anwendung.

Ein einfaches Beispiel hierfür bietet die Anwendung der Rädertriebe bei einer Seilwinde als kraftumformende Einrichtung, das im Lehrbuch der Klasse 7 (1968) im Bild 30/lb gezeigt wird (Bild 9). Die im Bildtext gegebenen Hinweise auf das Vorhandensein verschiedener kraftumformender Einrichtungen (und ihrer Wirkungsweise, z. B. die Beziehung, daß eine Kraft, im Verhältnis der Zähnezahlen übertragen, dabei aber jeweils die Drehrichtung geändert wird) können durch die Analyse von Bild 10 erläutert oder erarbeitet werden.

Die Methode wird auch in komplizierten Fällen angewendet, beispielsweise bei der Untersuchung von technologischen Prozessen und Arbeitsoperationen.

Die Beispiele konnten nur das Grundsätzliche der Methode zeigen. Wie sie in den Unterrichtsprozeß eingebaut wird, gerade auch in den unteren Klassen, ist in der psycho-

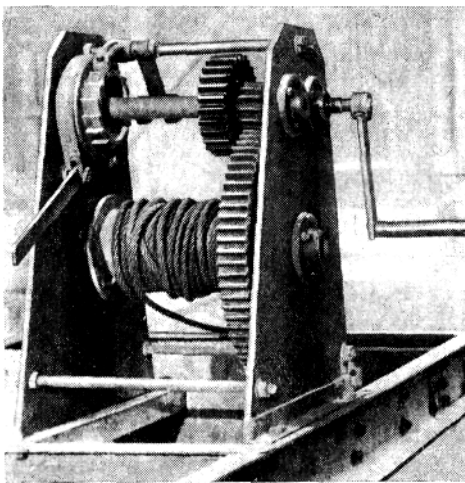


Bild 9 Die Seilwinde als zusammengesetzte Einrichtung aus kraftumformenden Maschinen

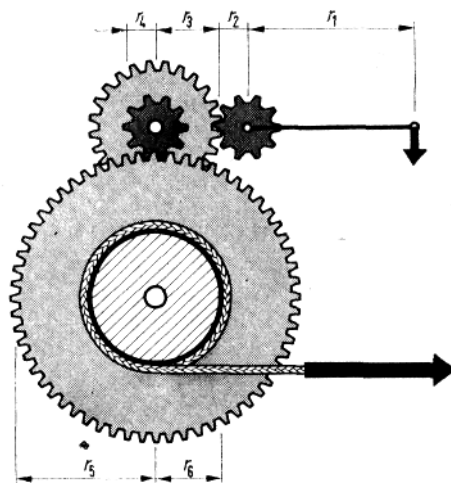


Bild 10 Zerlegung der Seilwinde nach Bild 9 in die einzelnen Maschinen (Analyse)

logischen Literatur<sup>8</sup> zu finden und demonstrieren Lehrbücher und Unterrichtshilfen im Speziellen. Hingewiesen sei auf Darstellungen aus der Optik (Kl. 6), wo der Lehrplan (1966) Vergleiche fordert, z. B. zwischen Auge und Kamera oder Kamera und Bildwerfer, und die entsprechende analytisch-synthetische Behandlung in der Unterrichtshilfe Kl. 6, S. 294 bzw. S. 285, und die allgemeinen Bemerkungen auf S. 18 und S. 228.

Gerade für das Vergleichen physikalischer Geräte, Erscheinungen und Vorgänge ist die Methode des analytisch-synthetischen Vorgehens von besonderer Bedeutung, weil es in diesen Fällen darauf ankommt, das Unwesentliche vom Wesentlichen zu trennen. Nur so kann man beim Vergleichen erkennen, ob die verschiedenen zu vergleichenden

<sup>8</sup> Bogojawlenski, D. N./Mentschinskaja, N. A.: Psychologische Probleme des Kenntniserwerbs in der Schule, S. 49 ff.

Geräte, Erscheinungen, Vorgänge „gleich“ sind, d. h. wesentliche Elemente gemeinsam haben.<sup>9</sup>

Die Methode wird auch in betont didaktischer Sicht angewendet, wenn es sich darum handelt, bei einer Bildbetrachtung oder bei der Beschreibung einer Experimentieranordnung das Wesentliche zu erkennen und darzustellen.

In komplizierter Gestalt tritt sie bei der Ableitung der Vereinfachungsreihen (↑ Abschnitt 5.2.2.6.) auf.

Für diese besonders in den Klassen der Mittelstufe wichtige Methode lassen sich auch Schrittfolgen angeben, die man bis zu einem *Lernalgorithmus* entwickeln kann. Man vergleiche dazu die Arbeit von Klimpel<sup>10</sup>, in der solche Algorithmen für die verschiedenen Klassenstufen ausgeführt sind.

#### 5.2.2.2. Die Methode der verbundenen Induktion und Deduktion\*

Im Ablauf des Erkenntnisprozesses ist die Phase der abstrakten Verarbeitung des aus der lebendigen Anschauung Gewonnenen von entscheidender Bedeutung. Im allgemeinen muß ja das aus dem Konkreten gewonnene Anschauliche im Denkprozeß bestimmten, meist logischen Denkoperationen unterworfen werden, um von einer oberflächlichen Beobachtung zu einer tieferen Einsicht in das Wesen der untersuchten objektiven Realität zu kommen. Dabei verläuft der Denkprozeß in der Regel von einer sich aus der Beobachtung ergebenden Problemsituation, die häufig Widerspruchscharakter hat, zu einer Lösung des Problems, die zumeist hypothetischen Charakter trägt. Wegen der mit jeder Lösung verbundenen Unsicherheitsfaktoren bedarf die Lösung einer Überprüfung in der Praxis, die auch mit ihrer Anwendung etwa in der Technik identisch sein kann. Im Grunde zielt damit jede Erkenntnis auf die Veränderung der objektiven Realität.<sup>11</sup>

Die im Denkprozeß auftretenden wichtigsten Denkoperationen sind - - neben der Analyse und Synthese, dem Vergleichen, Abstrahieren und Urteilen — die Methoden der Induktion und Deduktion.

Die im vorigen Abschnitt besprochenen Methoden der Analyse und der mit ihr verbundenen Synthese sind im allgemeinen die ersten Schritte in der Erkenntnisfindung, deren charakteristisches Merkmal die Trennung des Unwesentlichen vom Wesentlichen und dessen explizite Herausstellung ist.

Der nächste Schritt versucht aus dem Wesentlichen das Allgemeine zu abstrahieren, indem es mit Ähnlichem, aus anderen Fällen Abstrahiertem, verglichen wird. Man bezeichnet dieses Verfahren als *Induktion*. Wegen der nicht auszuschließenden Unsicherheit des induktiven Schlusses muß dieser wiederum an einem beliebigen, der untersuchten Klasse der Objekte oder Erscheinungen angehörigen Element geprüft werden. Dieses Verfahren nennt man *Deduktion*.<sup>12</sup>

*Der ganze Prozeß verläuft demnach vom Einzelnen über das Besondere zum Allgemeinen und von dort wieder zum Speziellen. Das charakteristische Merkmal dabei ist, daß Induktion und Deduktion stets verbunden auftreten.*

Die Lehrpläne fordern die Einbeziehung der wichtigsten Elemente des skizzierten Erkenntnisprozesses in den Unterrichtsprozeß. Eine umfangreiche methodische Literatur zeigt Möglichkeiten der Verwirklichung dieser Forderung.<sup>13</sup> Es soll deshalb nur an einem Beispiel das Wesen der Methode und ihre Anwendung im Unterricht dargestellt werden:

Zum Nachweis der Wärmeausdehnung fester Körper benutzt man im Schulunterricht das bekannte Gerät von Tyndal, in dem ein Metallstab (etwa Eisen) erwärmt wird.

<sup>9</sup> Bogojawlenski/Mcmentschinskaja, a. a. O., S. 84 ff.

<sup>10</sup> Klimpel, P.: Zur Begriffsbildung in der Unterstufe, S. 57 ff.

<sup>11</sup> Vgl. dazu: Rubinstein, S. L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung.

<sup>12</sup> Vgl. dazu: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 111.

<sup>13</sup> Vgl. dazu: Haspas, K.: Die Bedeutung der Übertragung logischer Elemente ... a. a. O., S. 208 f.



polation eine neues Meßwertepaar ( $\vartheta$ ,  $\Delta l'$ ) gewinnt, das im Bestätigungsversuch geprüft wird.

Mit dem gleichen Verfahren untersucht man z. B. Kupfer- und Messingstäbe, wobei man die gleiche Gesetzmäßigkeit findet und daraus durch Analogie den zweiten Induktionsschluß zieht: „Metalle dehnen sich beim Erwärmen proportional der Temperaturerhöhung aus.“ Die deduktive Bestätigung erfolgt mit einem weiteren Metallstab, etwa aus Zink. Das Bild 11 veranschaulicht das gesamte Verfahren.

Andere ähnliche einfache Beispiele aus den unteren Klassen sind folgende:

**In Kl. 6:** Ausdehnung fester Körper (nach dem dargelegten Beispiel, jedoch in gekürzter Form. (Lb. Kl. 6 (1967), S. 47); Hookesches Gesetz) (Lb. Kl. 6 (1967), S. 32/33); das Reflexionsgesetz (Lb. Kl. 6 (1967), S. 96).

**In Kl. 7:** Bestimmung der Hubarbeit; Federspannarbeit (Lb. Kl. 7 (1968), S. 25); Erarbeiten des Hebelgesetzes (Lb. Kl. 7 (1968), S. 37); Nachweis des Schweredrucks;

**In Kl. 8:** Aufstellen eines Temperatur-Zeitdiagramms; Experimentelle Bestätigung der Formel  $W_{el} = U \cdot I \cdot t$ ; das Ohmsche Gesetz; Parallel- und Reihenschaltung von Widerständen.

**In Kl. 9:** Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule.

Daß ein (extrapolierender) Induktionsschluß nicht stets richtig zu sein braucht erfahren die Schüler bereits in der Klasse 6, wenn sie aus Messungen an Metallen schließen, daß sich „feste Körper beim Erwärmen ausdehnen“: Sie lernen im Schülerexperiment das entgegengesetzte Verhalten von Gummi kennen (Lb. Kl. 6 (1967), S. 48). Ähnliche Erfahrungen machen die Schüler beim Untersuchen der Zustandsänderungen von Stoffen beim Erwärmen oder Abkühlen; besonders aber die Wasseranomalie ist ein gutes Beispiel, um auf die Unsicherheit und Unzuverlässigkeit voreiliger Schlüsse hinzuweisen (Lb. Kl. 6 (1967), S. 51). Daß auch interpolierende Induktionsschlüsse überraschende Abweichungen von einem vermuteten Kurvenverlauf haben können, zeigen die Resonanzerscheinungen bei mechanischen oder elektromagnetischen erzwungenen Schwingungen (vgl. Lb. Kl. 10 (1964), S. 127, bzw. Lb. Kl. 12 EOS (1964), S. 13).

Weitere Beispiele findet man u. a. in der zitierten Arbeit von Haspas.<sup>15</sup> Durch Hinweise auf derartige „Ausnahmen“ werden die Schüler erzogen, bei extrapolierenden und interpolierenden Induktionsschlüssen vorsichtig zu sein; sie erkennen in einfachster Weise die Notwendigkeit einer deduktiven Prüfung einer verallgemeinerten Aussage und die Notwendigkeit, für Gesetzmäßigkeiten bestimmte Gültigkeitsgrenzen anzugeben. Der gesamte Ablauf des Erkenntnisprozesses ist durch folgende Schritte oder Grundoperationen gekennzeichnet, die zusammen in erster Näherung einen *Algorithmus* darstellen, den der Lehrer verwenden und der Schüler allmählich beherrschen lernen sollte. Selbstverständlich wird man in der Schulpraxis nicht immer den vollständigen Prozeß praktisch durchlaufen können, aber man sollte in didaktisch angepaßter Weise zeigen, wie verwickelt die Operationen zum Auffinden einer allgemeinen Erkenntnis sind oder sein können.

#### Algorithmus der induktiv-deduktiven Methode

Schrittfolge (Grundoperationen)	Erkenntnisstufen	geistige Operationen
1. Meßwerte aufstellen (an <i>einem</i> Eisen-Stab)	Anschauung	experimentieren, beobachten
2. Finden der speziellen Erkenntnis ( <i>dieser</i> Eisen-Stab dehnt sich aus)	Abstraktion (1. Stufe)	analysieren, synthetisieren, abstrahieren

<sup>15</sup> Haspas, K.: Die Bedeutung der Übertragung logischer Elemente . . . . a. a. O., S. 251 ff.

3. Neue Messung (an einem anderen Eisen-Stab)	Prüfung und Bestätigung in der Praxis	deduzieren, experimentieren
4. Verallgemeinerung (Eisen dehnt sich aus)	Abstraktion (2. Stufe)	induzieren (partikuläres Urteil)
5. letzte Meßreihe (mit einem beliebigen Eisen-Stab)	Prüfung und Bestätigung in der Praxis	deduzieren, experimentieren
6. neue Meßwerte (an einem Kupfer-Stab)	Anschauung experimentieren	bilden einer Hypothese,
7. Spezielle Erkenntnis (Kupfer dehnt sich aus)	Abstraktion (2. Stufe)	induzieren (partikuläres Urteil)
8. Verallgemeinerung (Metalle dehnen sich aus)	Abstraktion (3. Stufe)	vergleichen, generalisierendes Induzieren (allgemeines Urteil)
9. Messung (an einem Zn-Stab)	Prüfung und Bestätigung in der Praxis	experimentieren, bilden von Hypothesen
10. Anwendung	Veränderung der Praxis	experimentieren, bilden von Hypothesen

Im Unterricht wird der Erkenntnisprozeß häufig bereits nach dem 2. Schritt abgebrochen und unzulässig auf den 4. oder gar 8. Schritt verallgemeinert. Der Schüler sollte aber gerade den gesamten Prozeß, der typisch für die physikalische Denkweise und für die wissenschaftliche Methodologie ist, kennenlernen.

Der in der schematischen Darstellung (und in den folgenden Schemata) verwendete Begriff *Algorithmus* wird in der Literatur sehr verschieden interpretiert, besonders was seine Verwendbarkeit in pädagogischen Prozessen betrifft. Landa hat eine von Itelson<sup>16</sup> zitierte Definition gegeben, die im Wörterbuch der Kybernetik folgendermaßen interpretiert wird: „Ein Algorithmus ist. . . eine eindeutig bestimmte Folge von Grundoperationen, die entweder von vornherein ein für allemal festgelegt ist oder jeweils von den Ergebnissen der vorangegangenen Operationen abhängt. Im zweiten Fall müssen jeweils bestimmte (logische) Bedingungen geprüft werden, um den nächsten Operationsschritt festzustellen.“<sup>17</sup>

Solche Operationen (die auf die Lösung pädagogischer Aufgaben gerichtet sind) sind z.B. „Wahrnehmung, Begreifen, Wiederholung, Übung, Prüfung, Korrektur, Demonstration“<sup>18</sup> oder die „Ausführung bestimmter praktischer Handlungen, die Ausführung bestimmter logischer Operationen“.<sup>19</sup>

Die Grenzen gegenüber einer strengen Algorithmisierung liegen darin, daß nicht bei allen pädagogischen Prozessen und Operationen Schrittfolge und Bedingungen völlig eindeutig festzulegen sind (↑ Abschnitt 1.4.), so daß eine absolute Lösungsgarantie nicht existiert und der Algorithmus damit „unscharf“ wird. In solchen Fällen spricht man besser von Handlungs- (oder Tätigkeits-)folgen, die zu einer algorithmischen Vorschrift zusammengefaßt sind. Schöpferische Prozesse sind nicht algorithmisierbar.<sup>20</sup>

Itelson und Landa weisen auf die Bedeutung der Algorithmen für die Methodik des Unterrichts hin und kommen in ihren Untersuchungen zu dem Ergebnis, daß es im Unterrichtsprozeß bestimmte Bereiche gibt, die durchaus algorithmisierbar sind.<sup>21</sup> Einen Versuch, die Algorithmentheorie zur Lösung physikalischer Aufgaben und bei Schülerexperimenten anzuwenden, findet

<sup>16</sup> Itelson, L.: Mathematische und kybernetische Methoden in der Pädagogik, S. 406.

<sup>17</sup> Wörterbuch der Kybernetik, S. 22.

<sup>18</sup> Itelson, L., a. a. O., S. 410.

<sup>19</sup> Itelson, L., a. a. O., S. 413.

<sup>20</sup> Landa, L. N.: Das Verhältnis zwischen heuristischen und algorithmischen Prozessen und einige Probleme ihrer Herausbildung durch den Unterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 12, S. 515 ff.

<sup>21</sup> Landa, L. N.: Die Ausbildung der Schüler in den Methoden des rationellen Denkens und das Problem der Algorithmen. In: Kybernetische Probleme in Pädagogik und Psychologie, S. 43. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.

man bei Lange.<sup>22</sup> Auch für den Chemieunterricht werden Versuche unternommen, durch die Arbeit mit Algorithmen den Unterricht zu rationalisieren und dadurch eine Leistungssteigerung bei den Schülern zu erreichen.<sup>23</sup>

Zur Algorithmisierung des Experimentierprozesses vergleiche man S. 168.

### 5.2.2.3. Die deduktive Methode

Bei der Darlegung der Methode der verbundenen Induktion und Deduktion zeigte sich die Deduktion bereits als ein spezifischer Schritt der Erkenntnisgewinnung. Sie diene der Sicherung eines aus experimentellen Daten abgeleiteten singulären oder partikulären Urteils, indem sie von einem besonderen oder allgemeinen Fall auf einen speziellen zurückführte. Die Deduktion ist jedoch nicht eine einfache Umkehrung der Induktion; das zeigt sich schon darin, daß sie das induzierte Urteil an einem neuen, vorher nicht untersuchten Element der Klasse der Erscheinungen verifiziert, für die die gefundene Gesetzmäßigkeit gelten soll.

*Das typische Merkmal der Methode ist, daß sie eine mehr oder weniger große Anzahl von Einzelerkenntnissen entweder aus einer Allgemeinerkenntnis ableiten oder in einer systematisierenden Zusammenschau erscheinen läßt.*

Es liegt im Wesen der Methode, daß die mit ihr abgeleiteten Gesetze Spezialfälle eines allgemeineren Gesetzes sind, das wiederum nur auf experimentell-induktivem Wege gefunden werden kann. Insofern tritt sie nur scheinbar als isoliert auf, in Wirklichkeit ist sie ein Teilaspekt der induktiv-deduktiven Methode.

In der formalen Logik wird die obengenannte (in der Methodik übliche) begriffliche Definition der Deduktion weiter gefaßt. Hier versteht man unter Deduktion die logische Ableitung von Aussagen aus anderen wahren oder als wahr angenommenen Aussagen mit Hilfe logischer Schlußregeln. *Beispiel:* Im Lehrplan Kl. 8 (1968), S. 19, wird die Herleitung der Beziehung  $W_{el} = U \cdot I \cdot t$  aus der Gleichung  $U = W/Q$  gefordert. Danach wären die als wahr angenommenen Aussagen

$$U = W/Q \quad (1)$$

$$Q = I \cdot t. \quad (2)$$

Aus (1) folgt durch mathematische Umformung

$$Q = W/U. \quad (3)$$

Aus dem formallogischen Schluß (2) = (3) folgt durch mathematische Umformung

$$\underline{W = U \cdot I \cdot t.} \quad (4)$$

Das wesentlichste Mittel der Methode sind die mathematischen Operationen, deren Anwendung häufig die Ableitungen prägnant und elegant und die in ihnen vorkommenden Konstanten physikalisch durchsichtig machen.

Beispiele, weitere Ausführungen und Literatur sind in dem Buch von Geiger<sup>24</sup> und bei Karsten<sup>25</sup> zu finden.

In den letzten Jahren ist die Lösung des Stoff-Zeitproblems in der Schule immer dringender geworden. Die stärkere Anwendung der deduktiven Methode scheint sich hier als Teillösung anzubieten. Je früher und je besser man die Schüler durch implizite und explizite Anwendung der induktiven und deduktiven Methoden zu abstrakt logischem Denken befähigt, desto rationeller läßt sich der Erkenntnisweg gestalten; je rationeller etwas abläuft, desto leichter läßt sich Zeit gewinnen. Aus diesen Gründen fordern die Lehrpläne die Einführung der deduktiven Betrachtungs-

<sup>22</sup> Lange, H.: Ein Beitrag zur Lösung physikalischer Aufgaben mit Algorithmen; Wissenschaftliche Hausarbeit am Pädagogischen Institut Halle, 1967.

<sup>23</sup> Obst, H.: Leistungssteigerung durch Arbeit mit Algorithmen. In „Chemie in der Schule“, 15 (1968), H. 11, S. 475 f.

<sup>24</sup> Geiger, K.: Induktive und deduktive Methode.

<sup>25</sup> Karsten, W.: Zur deduktiven Methode im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 2 (1968), H. 12, S. 532 f.

weise bereits im Physikunterricht ab Klasse 6. Das bedeutet, daß die Methode so vereinfacht werden muß, daß sie dem Leistungsvermögen der betreffenden Klassenstufe angepaßt ist.

Solche Vereinfachungen können dadurch erfolgen, daß man auf mathematische Ableitungen verzichtet und sich auf qualitative Aussagen beschränkt. *Beispiel:* In Klasse 6 wird der Lichtdurchgang durch Prismen aus dem Brechungsgesetz qualitativ deduziert (Unterrichtshilfe Kl. 6, S. 273).

Man kann auch die mathematischen Operationen vereinfachen, indem man z. B. statt des Differentialquotienten den Differenzenquotienten verwendet. *Beispiel:* In Klasse 9 führt man bei ungleichförmigen Bewegungen die Augenblicksgeschwindigkeit  $\bar{v} = \Delta s / \Delta t$  ein.

Schließlich kann man Idealisierungen zugrunde legen und damit die Verhältnisse vereinfachen. *Beispiele:* Teilchenstruktur in Klasse 6; Elektronentheorie in Klasse 8. Die letzten Beispiele machen bei ihrer Verwirklichung deutlich, daß der Lehrer offensichtlich um so mehr Kenntnisse vorgeben muß, je weniger eigene Kenntnisse die Schüler besitzen. Hier liegen die Grenzen der Anwendung der Methode und vor allem die Gefahr, die Vorgaben so weit zu treiben, daß der Unterricht zu einem dogmatischen Verfahren wird.

Beispiele für die allgemeinen Ausführungen findet man bei Geiger<sup>26</sup>, Haspas<sup>27</sup>, Karsten<sup>28</sup>. Naturgemäß muß auch die deduktiv gefundene Lösung experimentell überprüft werden. Am Beispiel der geneigten Ebene (der Lehrplan Kl. 7 fordert die deduktive Ableitung des Gesetzes) soll der Algorithmus der deduktiven Methode dargelegt werden.

#### Algorithmus der deduktiven Methode

Schritte	Denkoperationen
1. Zielstellung (Gesetzmäßigkeit an der geneigten Ebene)	Problem erkennen
2. Wählen eines geeigneten Gesetzes mit oder ohne idealisierungen (Satz von der Erhaltung der mechanischen Arbeit)	ansetzen einer Lösungsmöglichkeit
3. Anwendung spezieller Gesetze oder Definitionen auf Teilvorgänge (Hubarbeit $W_H = G \cdot h$ , Verschiebungsarbeit $W_G = F_G \cdot l$ )	definieren, mathematisch formulieren
4. Anwendung des Gesetzes auf Schritt 3 (mit Idealisierung $R = 0$ ) ( $W_H = W_G$ )	deduzieren
5. Ableitung des neuen speziellen Gesetzes ( $G \cdot h = F_G \cdot l$ )	abstrahieren, mathematisch umformen
6. Prüfung der neuen Erkenntnis	experimentieren
7. Verallgemeinerung (auf alle geneigten Ebenen)	induzieren

Der Algorithmus macht deutlich, daß die Erkenntnis (bis zum Schritt 5) ohne experimentelle Tätigkeit gewonnen wird. Hier liegt die Gefahr, daß aus einer notwendigen mathematischen Durchdringung des Physikunterrichts eine übertriebene Mathematisierung wird und damit im Gefolge die Kreidephysik neu entsteht. Davor bewahrt die Durchführung des 6. Schrittes, der also eine erkenntnistheoretische und didaktische Notwendigkeit ist.

<sup>26</sup> Geiger, a. a. O.

<sup>27</sup> Haspas, K.: Die Bedeutung der Übertragung logischer Elemente . . . , a. a. O., S. 324 ff.

<sup>28</sup> Karsten, a. a. O.

Die deduktive Methode ist häufig, so auch im Beispiel der geneigten Ebene, mit Idealisierungen verbunden und hat damit starke Verbindungen zum Gedankenexperiment (↑ Abschnitt 5.3.1.2.), das nicht selten zum Bestandteil der deduktiven Methode wird. Ein etwas abgewandeltes Beispiel aus Klasse 7 möge das erläutern.<sup>29</sup>

**Zielstellung:** Wie breitet sich der Druck in Flüssigkeiten aus ?

**Grundgesetz:** Satz von der Erhaltung der Arbeit

Teilgesetze bzw. Definitionen: Druck = Kraft/Fläche

Arbeit = Kraft · Weg

Anwendung auf die Apparatur nach Bild 12

**Idealisierungen:**

1. Kolben bewegen sich reibungslos
2. Flüssigkeitsteilchen sind kräfteelos gegeneinander verschiebbar
3. Die von den Teilchen ausgefüllten Volumenelemente sind inkompressibel

**Gedankenexperiment:** Im Druckgefäß wird der Stempel 1 mit der Kraft  $F_1$  nach unten bewegt;

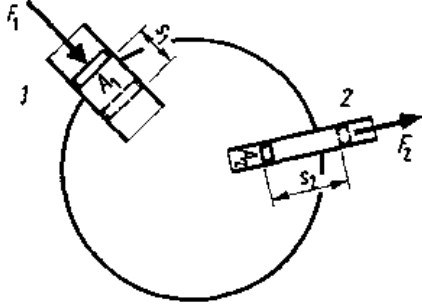


Bild 12 Druckgefäß mit zwei Stempeln als vergegenständlicht gedachte Anordnung des Gedankenexperiments

entsteht der Druck  $p_1 = \frac{F_1}{A_1}$ . Die

vom Stempel 1 aufzuwendende Verschiebearbeit ist  $W_1 = F_1 \cdot s_1 = A_1 \cdot p_1 \cdot s_1 = p_1 \cdot V_1$ .

Diese Arbeit denken wir uns auf Stempel 2 übertragen, der die Arbeit

$W_2 = F_2 \cdot s_2 = p_2 \cdot A_2 \cdot s_2 = p_2 \cdot V_2$  verrichtet.

**Anwendung des Gesetzes:**  $p_1 \cdot V_1 = p_2 \cdot V_2$ .

**Berücksichtigung der Idealisierung:**  $V_1 = V_2$

**Ableitung der neuen Erkenntnis:**  $p_1 = p_2$ , d. h.,

der Druck breitet sich in einer inkompressiblen Flüssigkeit gleichmäßig nach allen Seiten aus.

**Prüfung und Bestätigung:** durch Versuche.

#### 5.2.2.4. Die historisierende (geschichtsbetrachtende) Methode

Die Behandlung historischer Fakten im Unterrichtsprozeß als Bildungs- und Erziehungsmittel ist seit langem bekannt. Schon die Klassiker der Methodik wiesen auf die Bedeutung der historisierenden Methode hin. Poske versuchte, die in Stoffplänen und Lehrbüchern lose aneinandergereihten physikalischen Fakten durch Beachtung des historischen Ganges der Entdeckungen miteinander zu verknüpfen.<sup>30</sup>

H. Hahn meinte, „der Schüler müsse die Wege gehen lernen, auf welchen die großen Bahnbrecher der Wissenschaft neue Wahrheiten gesucht und gefunden hätten“<sup>31</sup>. Dannemann sieht die Bedeutung der Methode darin, daß der Schüler „die Wissenschaft als etwas Gewordenes, aber noch Unfertiges, als etwas Werdendes und Wachsendes auffassen lernt“<sup>32</sup>. Die in diesen Formulierungen implizierten Bildungs- und Erziehungsziele werden nach Grimsehl am besten durch einen solchen Unterricht erreicht, der „sich im großen und ganzen an den historischen Gang der Forschung anschließt“, ohne allerdings jeden Irrweg zu verfolgen, den die Wissenschaft gegangen ist<sup>33</sup> (↑ S. 124, 125).

Diese Gedanken sind im Laufe der letzten Jahrzehnte in allerdings unterschiedlichem Maße Gemeingut aller Lehrpläne und Lehrbücher geworden und haben dabei eine durch den Klassenstandpunkt der herrschenden Gesellschaftsformation bedingte Interpretation gefunden. Die Lehrpläne unserer sozialistischen Schule bringen deutlich zum Ausdruck, daß der Lehrer auch bei historischen Betrachtungen einen klaren, parteilichen Standpunkt im Sinne unserer sozialistischen Gesellschaftsordnung einnehmen und die Schüler in diesem Geist erziehen sollte (↑ Kapitel 2).

<sup>29</sup> Physik, Lehrbuch für Klasse 7 (1968), S. 70/71.

<sup>30</sup> Lehrgang der Aerostatik, Zeitschrift für den physikalischen und chemischen Unterricht, XV (1902), S. 321 f.

<sup>31</sup> Hahn, H.: Wie sind, die physikalischen Schülerübungen praktisch zu gestalten? J. Springer, Berlin 1904, S. 11.

<sup>32</sup> Dannemann, F.: Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage, S. 278.

<sup>33</sup> Grimsehl, F.: Didaktik und Methodik der Physik, S. 58.

Das Studium der gegenwärtig gültigen Lehrpläne läßt deutlich die beiden Hauptaufgaben der historisierenden Unterrichtsmethode erkennen:

1. Die historische Entwicklung der Wissenschaft Physik und ihrer erkenntnistheoretischen Methoden als etwas Gewordenes und sich ständig Weiterentwickelndes, ihre fortwährende Wechselwirkung mit der aus den gesellschaftlichen Bedürfnissen entstandenen Technik und der mit dieser verbundenen Ökonomik sind in engster Verbindung mit den stofflichen Fakten des Lehrstoffes aufzuzeigen.<sup>34</sup>
2. Die erzieherischen Komponenten, die in der dialektischen Verbindung von historischen und fachlichen Fakten liegen, sind durch die Betonung des Zusammenhanges von Wissenschaft und Politik, von Forscherpersönlichkeit und Gesellschaft, von Lehrstoff und Weltanschauung organisch zu entwickeln und fruchtbar zu machen.

Die beiden Aufgaben haben bislang noch keine vollständig befriedigende Lösung gefunden. Unsere gegenwärtigen Lehrpläne sind trotz aller bisher erzielten Fortschritte in ihrer Anlage und ihrer methodischen Realisierung noch zu starr, spiegeln zuwenig unsere philosophischen Erkenntnisse wider und zeigen zuwenig die Wissenschaft in ihrer Entwicklung. Darauf haben in letzter Zeit Hörz<sup>35</sup> und Markuschewitsch<sup>36</sup> hingewiesen, insbesondere auch auf die Hülle des Historischen zur Überwindung dieses Zustandes. Hörz bemängelt in diesem Zusammenhang; daß die Physik im Unterricht zwar oft in historischer Reihenfolge, aber dann häufig ohne Bezug auf ihre moderne logische Struktur dargeboten wird.

Damit wird die philosophische Frage nach dem Verhältnis und der Einheit des Historischen mit dem Logischen berührt, d. h., die Beziehung zwischen dem Prozeß des Werdens der Natur und Gesellschaft und dem geordneten Abbild dieses Prozesses und des in diesem Prozeß Gewordenen im menschlichen Bewußtsein.<sup>37</sup> Beide müssen sich im menschlichen Erkenntnisprozeß wechselseitig durchdringen, wobei je nach der Zielsetzung entweder das Historische oder das Logische dominierend sein kann. Die Schwierigkeiten bei der Gestaltung eines Lehrplans und seiner methodischen Umsetzung liegen darin, daß sich das Logische und das Historische oft auszuschließen scheinen, so wie die Prinzipien der Anschaulichkeit und der Wissenschaftlichkeit des Unterrichts oft schwer miteinander zu vereinbaren sind.

Es ist eine wichtige Aufgabe der Methodik, die historisierende Methode so zu entwickeln, daß aus dem noch häufig anzutreffenden isolierten, unorganischen Nebeneinander von historisierender Betrachtung, fachlichem Sachverhalt und ideologischer Persönlichkeitsformung eine Einheit wird.

Das würde wesentlich zur inhaltlichen Verbesserung des Physikunterrichts und seiner Vertiefung beitragen, weil das Logische vollständig erst als Ergebnis der historischen Entwicklung zu verstehen ist, während das Historische vom erreichten Stand der logischen Entwicklung in seinen Zusammenhängen, in seinen wesentlichen und unwesentlichen Zügen erkennbar wird (↑ Abschnitt 5.1.1.).

Spezielle Hinweise. Bei der praktischen Anwendung der Methode kann man folgende Regeln zugrunde legen:

1. *Die historischen Tatsachen sind organisch mit den physikalischen Sachverhalten zu verbinden.* Das kann nicht durch beiläufige Erwähnung von Namen und Jahreszahlen geschehen, sondern durch Berücksichtigung historischer Fragestellungen, Gedankengänge und Zusammenhänge, die sich z. B. mit der Persönlichkeit eines Forschers, seinem Werk und der Gesellschaft, der er angehört, verbinden. (Beispiele hierfür (Galilei, Archimedes, Guericke, Faraday, Laue, Hahn) in einer Arbeit von Wehner.<sup>38</sup>)

<sup>34</sup> Vgl. dazu: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 105f.

<sup>35</sup> Hörz, H.: Die Modernisierung des Physikunterrichts vom Standpunkt des Philosophen. In: Rationaler und intensiver Physikunterricht, S. 67.

<sup>36</sup> Markuschewitsch, A. L.: Wissenschaft und Schule. In „Pädagogische Forschung“, 8 (1967), Nr. 5, S. 911.

<sup>37</sup> Jung, E.: über die Einheit des Historischen und Logischen im Physikunterricht. In „Wiss. ZS des Pädagogischen Instituts Güstrow“, 2 (1963), S. 71.

<sup>38</sup> Wehner, H.: Über den Wert geschichtlicher Betrachtungen im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 7/8. S. 332 f.

2. *Die historischen Ereignisse* — große Entdeckungen und Erfindungen, wie die Dampfmaschine, die drahtlose Telegraphie, die optischen Instrumente; die Konzipierung der Maßsysteme; Einzelheiten der Elektrotechnik und der Elektronik — *sind in ihren Wechselbeziehungen mit gesellschaftlichen Bedürfnissen und Problemen zu sehen*, wie z. B. mit der Meisterung der wissenschaftlich-technischen Revolution.

Gute konkrete Beispiele für eine derartige Behandlung sind die Arbeiten von Grahow<sup>39</sup> und Heermann<sup>40</sup>. Querverbindungen zum Fach Geschichte geben wertvolle Ergänzungen.

3. *Die historischen Fakten müssen im Sinne der Einheit von Bildung und Erziehung auch der erziehenden Einwirkung auf den Schüler dienen*. In erster Linie sollten sie zur Weltanschaulichen Bildung und Erziehung beitragen<sup>41, 42, 43</sup>, wie im Kapitel 2 näher ausgeführt ist. Ebenso sollten sie die Herausbildung moralischer und ethischer Qualitäten bewirken (wie es z. B. schon in der Überschrift „Verantwortungsvolle Wissenschaftler“ - Joliot Curie, Einstein, Hahn — im Lehrbuch Kl. 9, Vorbereitungsklasse, zum Ausdruck kommt). Schließlich sollten sie aber auch Emotionen hervorrufen, wie den Stolz auf die Leistungen der größten Söhne der deutschen Nation, ohne durch Verschweigen der Leistungen der anderen Völker zu einer falschen nationalistischen Einstellung zu erziehen.

Die Verwirklichung der genannten Aufgaben wird gefördert durch das Vorweisen historischer Abbildungen oder von Originalgeräten der Forscher (z. B. aus dem Mathematisch-Physikalischen Salon des Dresdner Zwingers, von dem auch Fotos zu erhalten sind, oder dem Postmuseum in Berlin mit seiner Sammlung zur Fernstechnik); durch Originalarbeiten (z. B. aus der Sammlung „Oswalds Klassiker der exakten Wissenschaften“ oder Faraday: Naturgeschichte einer Kerze, Reclam, und Einstein/Infeld: Die Evolution der Physik, die zu den besten populärwissenschaftlichen Büchern zählen) oder durch Patentschriften; durch Tonbänder und Schallplatten (z. B. Langspielplatte „Eroberer des Kosmos“. Litera 860038 von VEB Deutsche Schallplatten Berlin); durch Filme und Lichtbilder (die man selber oder in außerunterrichtlichen Zirkeln herstellen kann).

Viel kann das Wort des Lehrers, seine freie, gelegentlich auch anekdotenhafte Erzählung<sup>44, 45</sup>, zu einem erlebnisreichen Unterricht beitragen, unterstützt durch der Situation angepaßte und häufig (!) zu wechselnde Wandbilder großer Physiker (aus dem Staatlichen Kontor für Unterrichtsmittel und Schulmöbel). Hinweise auf die bedeutenden naturwissenschaftlichen Arbeiten Goethes („Beiträge zur Optik“ oder „Anfänge der Farbenlehre“) bieten vorzügliche Anregungen (Bild 13), zeigen den großen Dichter von einer den Schülern unbekanntem Seite und geben eine gute Querverbindung zum Fach Deutsch.<sup>46</sup> Ein ähnliches Beispiel bietet der von Engels hochgeschätzte bedeutendste deutsche vormalistische Philosoph Kant, dessen philosophische Schriften mindestens dem Namen nach den Schülern der Kl. 11 bekannt sind. Im Astronomieunterricht sollte der Lehrer auch auf dessen naturwissenschaftliche Schriften hinweisen, insbesondere auf seine „Allgemeine Naturgeschichte und

<sup>39</sup> Grabow, R.: Zur Entwicklung der drahtlosen Telegraphie in Deutschland in der Periode zwischen 1900 und 1920 und zur Rolle d. Telefunkenkonzerns. In „Physik in der Schule“, 4 (1906), H. 10 u. 11, S. 412 u. S. 461.

<sup>40</sup> Heermann, Chr.: Über Zusammenhänge u. Wechselbeziehungen zwischen Physik und Ökonomie. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 3, S. 97.

<sup>41</sup> Oppermann, L.: Zur weltanschaulichen Bildung und Erziehung, S. 33.

<sup>42</sup> Poppei, G.: Die Bedeutung der Geschichte der Physik für die weltanschauliche Bildung. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 7/8, S. 304.

<sup>43</sup> Ley, H.: Die Behandlung weltanschaulicher Fragen des naturwiss. Unterrichts und das Gesamtsystem der staatsbürgerlichen Erziehung. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), 11. I, S. 1.

<sup>44</sup> Physiker-Anekdoten, Physik Verlag, Mosbach 1953.

<sup>45</sup> Lichtenberg, G. Chr.: Ausgewählte Schriften. Reclams Universal-Bibliothek Nr. 1286-1289.

<sup>46</sup> Beispiel in Haspas, K.: 25 Versuche aus der Optik, S. 88 f.

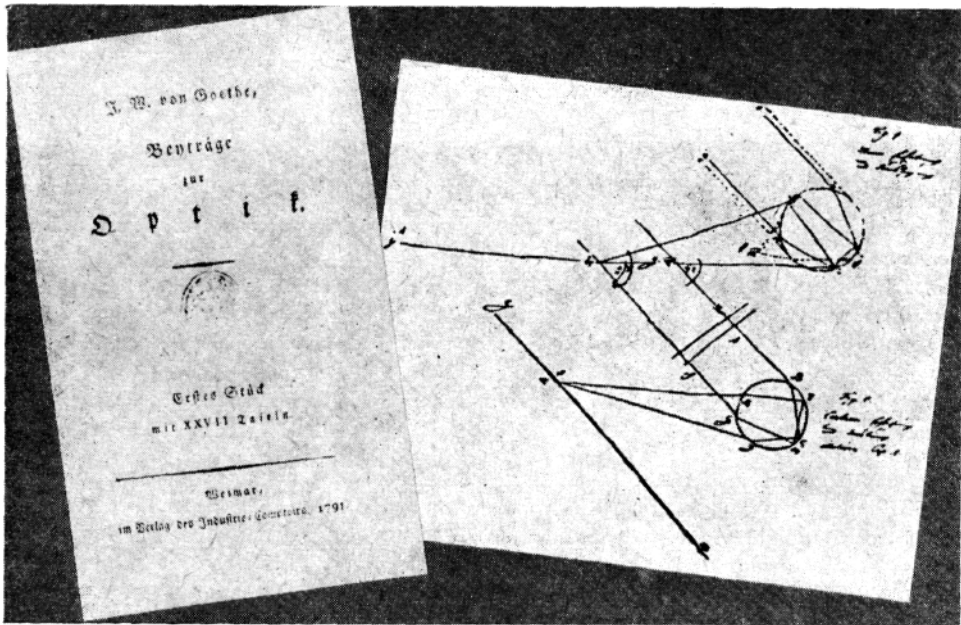


Bild 13 Entstehung des Regenbogens (nach einer Originalzeichnung Goethes)

Theorie des Himmels<sup>47</sup>, die Engels als den „Springpunkt alles ferneren Fortschritts“ ansah<sup>48</sup>.

Auch die Schüler sollten aus der reichlich vorhandenen Literatur (Beispiele s. unten) in der Oberstufe selbständig vortragen oder im Unterricht lesen.<sup>49</sup> Zahlreiche Beiträge in der Zeitschrift „Physik in der Schule“ können Lehrer und Schüler anregen. Der Lehrer sollte sich auch nicht scheuen, Gedenktage, Jubiläen und aktuelle Anlässe (Todes- und Geburtstage bedeutender Physiker, Verleihung von Nobelpreisen und Nationalpreisen) auch dann in den Unterricht einzufügen, wenn eine Verbindung zum gegenwärtig behandelten Stoff nicht gegeben ist.

Theoretische Grundlagen für die beispielhaft angeführten Elemente der psychologisch-didaktischen Gestaltung einer emotionell gesteuerten historisierenden Betrachtungsweise des Unterrichts findet man u. a. bei Rubinstein<sup>50</sup> und in Schulpädagogik, Teil I, Didaktik<sup>51</sup>. Bücher zum Einsatz bei Anwendung der historisierenden Methode Harig, G.: Die Tat des Kopernikus. Urania-Verlag, Berlin 1962.

Harig, G.: Deutsche Forscher aus G Jahrhunderten. Bibliographisches Institut Leipzig, Leipzig, 1966.

Joffe, A. F.: Begegnungen mit Physikern. Teubner, Leipzig 1966.

Schönebeck, E.: Galileo Galilei. Rütten und Loening, Berlin 1958.

Herneck, F.: Bahnbrecher des Atomzeitalters. Buchverlag Der Morgen, Berlin, 3. Auflage 1968.

Schuder, R.: Der Sohn der Hexe. Rütten und Loening, Berlin 1957.

Friedt, H.: Zur Geschichte der Dampfmaschine. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

<sup>47</sup> Kant, J.: Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels. Herausgegeben von Georg Klaus, Aufbau-Verlag, Berlin 1955.

<sup>48</sup> Engels, F.: Dialektik der Natur, Dietz Verlag, Berlin 1952, S. 14.

<sup>49</sup> Vgl. das Beispiel in: Unterrichtshilfen Kl. 6 (1967), S. 233.

<sup>50</sup> Rubinstein: Grundlagen der allgemeinen Psychologie, S. 571 f.

<sup>51</sup> Schulpädagogik, Teil I, Didaktik, S. 64 f. und S. 212 f.

Redecker, G.: Zur Geschichte der Zeitmessung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

Reczak, K.: Abenteuer mit Archimedes. Kinderbuchverlag Berlin, o. J.

Planck, M.: Wege zur physikalischen Erkenntnis. Verlag Hirzel, Leipzig 1934.

Methoden, die vorzugsweise durch ihre psychisch determinierte Eigenart gekennzeichnet sind

Im folgenden werden Unterrichtsverfahren beschrieben, die vor allem psychologische Erkenntnisse über den Lernprozeß berücksichtigen und in erster Linie auf den wichtigen Abstraktionsprozeß und die Begriffsbildung sowie auf die Erhöhung der geistigen Aktivität beim Lernenden abzielen. Zu ihnen gehören

1. die entwickelnden Methoden,
2. die abstrahierenden Methoden (Bildung von Abstraktions-, Konkrektions-, Vereinfachungsreihen; Verfahren der Aufbauphysik),
3. die forschenden Methoden.

*Die ersten beiden Gruppen sind dadurch gekennzeichnet, daß sie zwischen der lebendigen Anschauung und der abstrakten Erkenntnis Entwicklungsreihen bilden.* Diese können sich sowohl auf gedachte oder wirkliche Veränderungen der realen Objekte als auch auf die sich an ihnen abspielenden Vorgänge beziehen. Typisches Merkmal dieser Reihen ist, daß sie stets Bekanntes mit Neuem verbinden, indem sie das Bekannte variieren. Es wird dadurch eine Folge bedingter Verbindungen oder Assoziationen hervorgerufen, die schließlich zu der gewünschten Erkenntnis oder der abstrakten Begriffsbildung führen. In der Eigenart der Methoden liegt es begründet, daß sie stärker als die gnoseologisch orientierten den Lernprozeß unterstützen.<sup>52</sup> Allerdings sind sie zeitaufwendiger als die zeiteffektiven gnoseologischen Methoden. Hierbei muß man jedoch von dem Grundsatz ausgehen, daß der kürzeste, rationellste Weg nicht immer der optimale zu sein braucht (↑ S. 125). Was in didaktischer Sicht heute von den entwickelnden Methoden und ihrer Anwendung im Unterricht zu sagen ist, findet man in der Literatur.<sup>53</sup>

Schließlich muß bezüglich der Aktualität der entwickelnden und abstrahierenden Methoden bemerkt werden, daß bei ihrer Anwendung der Schüler unter der Führung des Lehrers von Teilproblem zu Teilproblem fortschreitet, daß deren Stellung und Lösung zu einer didaktischen Grundform führt, die einerseits an die Problemform (↑ S. 137 f.) heranreicht, andererseits eng verwandt ist mit dem Unterrichtsmodell von Tomaszewsky, das die Unterrichtsstunde als eine Folge von Lehr- und Arbeitsaufgaben sieht.<sup>54</sup>

Die Gruppe der forschenden Methoden ist beim gegenwärtigen Stand des Physikunterrichts und seiner Methodik von höchster Aktualität. Ihr Ziel ist, *die geistige Aktivität der Schüler durch das Stellen und Lösen von Problemen zu hoher Intensität anzuregen.* Die Methoden reichen bis zu dem Verfahren des „Schwarzen Kastens“ (black box); unter besonderen Umständen, etwa in Arbeitsgemeinschaften und häuslichen Arbeiten, können auch Elemente des Verfahrens „Versuch und Irrtum“ in Erscheinung treten. Diese kybernetisch orientierten Verfahren muß der Lehrer zumindest kennen.

#### 5.2.2.5. Die entwickelnden Methoden

Die genetische Methode. Die genetische Methode verwendet neben dem Entwicklungsgedanken natürlich auch die verschiedensten Denkoperationen. Ein erstes Beispiel<sup>55</sup>

<sup>52</sup> Klix: Einige Grundprobleme pädagogisch-psychologischen Denkens, In „Pädagogik“ 5 (1959), S. 387 ff.

<sup>53</sup> Zum Beispiel Klein, H./Tomaszewsky, K. H.: Schulpädagogik, Teil I, S. 475 ff.

<sup>54</sup> In: Unterricht als Aufgabenfolge. Herausgegeben von Tomaszewsky, K. H., Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, Berlin 1965.

<sup>55</sup> Nach Reibedanz, H.: Das Wesen der analytisch-synthetischen Methode. In „Berufsbildung“, (1959), S. 261 ff.

Bild 14 Verschiedene Möglichkeiten Blechwinkel bei unterschiedlicher Materialausnutzung zu stanzen

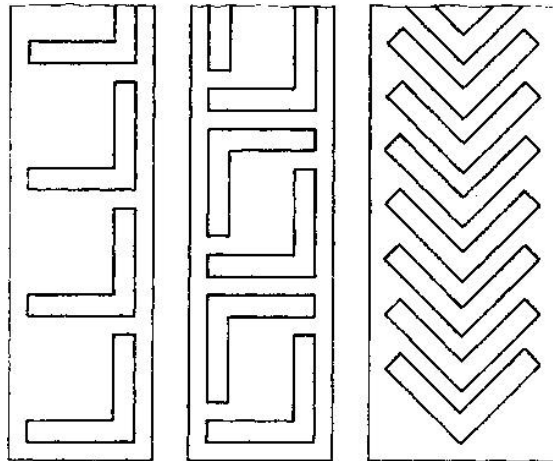
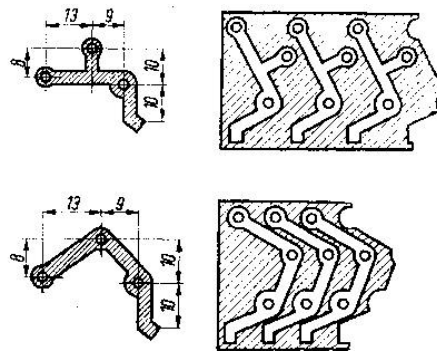


Bild 15 Äquivalente Winkelhebel bei verschiedener Materialausnutzung



zeigt dies besonders deutlich, weil es auf der Grenze zwischen der genetischen und der analytisch-synthetischen Methode liegt.

Es geht von der — polytechnisch determinierten — Aufgabe aus, aus einem Stahlblech Winkel bestimmter Abmessungen bei bester Materialausnutzung zu stanzen. Bild 14 zeigt verschiedene Möglichkeiten mit zunehmend besser werdender Materialausnutzung. Die Ergebnisse sind im Unterricht durch analytisch-synthetische, mehr oder weniger systematische Überlegungen hinsichtlich der Lagen zustande gekommen und anschaulich oder rechnerisch begründet worden.

Das Beispiel zeigt, wie die Methode in einfacher Weise das konstruktive und technische Denken fördert.

Ein zweites gleichgelagertes Beispiel<sup>56</sup> zeigt die Entwicklung des konstruktiv-technischen Denkens in Verbindung mit dem physikalischen Denken auf höherer Abstraktionsstufe.

Es handelt sich um die Aufgabe, einen Winkelhebel so umzukonstruieren, daß die physikalische Wirkungsweise erhalten bleibt, aber der Materialabfall möglichst stark gesenkt wird. Bild 15a zeigt den Ausgangspunkt, Bild 15b die endgültige Lösung.

<sup>56</sup> Nach Kaiser, H.: Wejte zur Entwicklung des technischen Denkens. In „Schule und Produktion“, 3 (1959), H. 6, S. 162.

Die Behandlung der Aufgabe kann in verschiedener Weise durchgeführt werden. Am einfachsten ist der Weg, die Bilder 15a und 15b vorzugeben und nachzuweisen, daß beide Hebel physikalisch gleichwertig sind (rein analytisch-synthetischer Weg). Der schwierigere Weg, aus Bild 15a den Hebel in 15b zu entwickeln (analytisch-synthetisch-genetischer Weg), kann nur bei ausreichenden Vorkenntnissen der Schüler in vertretbarer Zeit gelöst werden.

Das dritte Beispiel zeigt an der funktionalen Entwicklung einer Form eine reine Genese. Es handelt sich um die Entwicklung der Ventilsteuerung am Viertakt-Dieselmotor; es entspricht dem Beispiel im Lehrbuch Kl. 8, jedoch mit anderer Zielstellung (Lehrplan Kl. 8, 1968).

Das Bild 16 zeigt die einzelnen Phasen, die der Denkprozeß in einer typischen Verbindung von Konkretem und Abstraktem, von Hypothesen und ihrer fortwährenden gedanklichen Prüfung zu durchlaufen hat.

Ausgangspunkt: Ein vollständig geschlossener, mit Luft gefüllter Zylinder, in dem sich ein Kolben nach oben bewegt (Teilbild 1). Schlußfolgerung: Dadurch wird die Luft in seinem oberen Teil komprimiert und erwärmt. Lehrerimpuls: Im höchsten Punkt der Kolbenbewegung wird durch eine Düse a Kraftstoff eingespritzt (2), der verbrennt. Schlußfolgerung: Der Kolben wird nach unten getrieben (3). Dazu muß die Düse a geschlossen werden. Aus physikalischen Gründen muß die Luft aus dem unteren Zylinderteil entweichen können, d. h., es muß ein Ventil b eingebaut werden, das offen ist (4). Lehrerimpuls: Im nächsten Takt wird der Kolben nach oben bewegt. Schlußfolgerung: Die verbrannten Gase müssen durch ein neues Ventil c entweichen können (5). Lehrerimpuls: Im nächsten Takt muß Luft angesaugt werden, was bedeutet das? Einbau eines neuen Ventils d und Ventilstellungen wie in (6)! Fortführung der Überlegungen: Danach folgt der Kompressionsvorgang mit den Ventilstellungen (7), dann der Einspritzvorgang mit Arbeitstakt (8) und schließlich der Ausstoßtakt (9). Aus der Analyse der Ventilstellungen ergibt sich die letzte Schlußfolgerung, daß Ventil b bei allen Prozessen stets geöffnet ist, d. h. wegfallen kann, oder anders ausgedrückt: Der Zylinder braucht nicht allseitig geschlossen zu sein (10).

Analysiert man das gesamte Beispiel, so erkennt man, daß es sich nicht wie im Lehrbuch um eine phänomenologische Beschreibung handelt, sondern wie die folgerichtige Anwendung physikalischer Kenntnisse in einer rein geistigen Entwicklung fast zwangsläufig zu einer technischen Konstruktion geführt hat, die tatsächlich einem wirklichen Gerät der Praxis adäquat ist. Physikalisches, konstruktives und technisches Denken sind hierbei bemerkenswert eng miteinander verbunden.

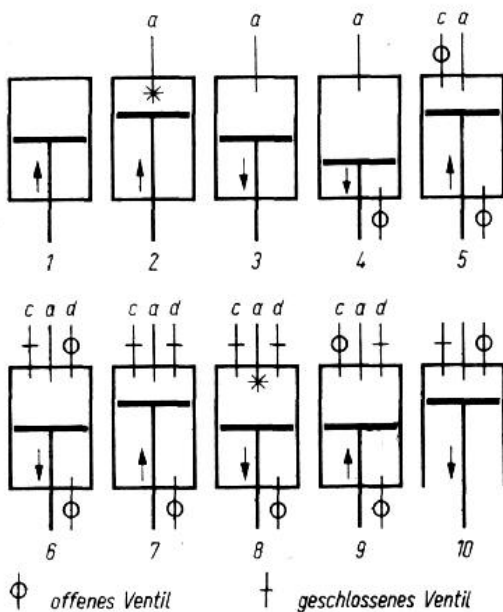


Bild 16 Entwicklung der Ventilsteuerung am Viertakt-Dieselmotor

In ähnlicher Weise kann man als Wiederholung<sup>67</sup> die Ventilsteuerung am 4-Takt-Otto-Motor, die (veraltete) Kolbenschiebersteuerung oder die (moderne) Ventilsteuerung der Dampfmaschine ableiten.

Ein anderes Beispiel<sup>58</sup> aus der Behandlung der Atomphysik in Klasse 10 bzw. 11 zeigt die Entwicklung des Zählrohrs aus dem Kondensator über die Ionisationskammer und den Spitzenzähler (Bild 17). Hier handelt es sich um die Entwicklung einer *Form* (des Zählrohrs) mit teilweiser Realisierung einzelner Schritte.

Ein letztes Beispiel erläutert die Entwicklung eines *geistigen* Sachverhalts. Es betrifft die Darlegung des dynamoelektrischen Prinzips (Lpl. Kl. 9, Lehrbuch Kl. 9, 1966, S. 89).

Ausgangspunkt (Bild 18) ist die beim Schaukelversuch (1) im Leiter induzierte Spannung.<sup>59</sup> Zielsetzung ist die Beantwortung der Frage, mit welchen Mitteln die induzierte Spannung vergrößert werden kann (Problemsituation). Lösungen des Problems: Die Erhöhung kann durch Vergrößern der Zahl der permanenten Magneten erfolgen (2). Die nächste Überlegung betrifft die Verwendung mehrerer Leiterstücke in Parallel- (3) oder Hintereinanderschaltung (4). Weitere Spannungserhöhung kann durch Vergrößerung der Feldstärke mit Hilfe eines Elektromagneten erfolgen (5).

Wesentlichstes Problem: Überwindung des Nachteils einer zusätzlichen Spannungsquelle. Endgültige Lösung durch die Idee von Siemens (6): Lehrerimpuls oder Lehrermitteilung.

Auch an diesem Beispiel zeigt sich, wie die Entwicklung auf der Grundlage bekannter physikalischer Tatsachen rein geistig vorgenommen werden und zu einem technisch realisierbaren Objekt führen kann.

<sup>57</sup> Lehrplan Kl. 8 (1968) und Lehrbuch Kl. 8 (1968) S. 39.

<sup>58</sup> Aus Haspas, K.: Zur methodisch-experimentellen Behandlung der Atomphysik, S. 60. Volk und Wissen Volks" eigener Verlag, Berlin 1962, S. 5.

<sup>59</sup> Physik, Lehrbuch für die Kl. 9 (1966), S. 35 f.

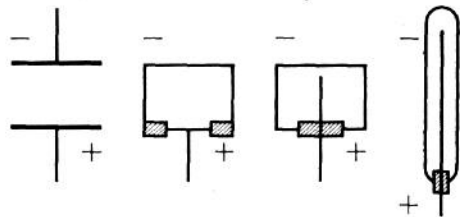
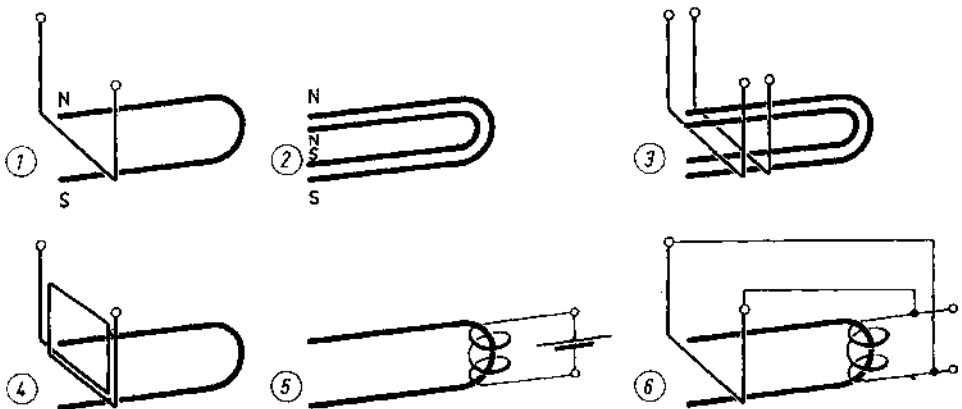


Bild 17 Entwicklung des Zählrohrs aus dem Kondensator über Ionisationskammer und Spitzenzähler

Bild 18 Entwicklung des dynamoelektrischen Prinzips



Aus allen Beispielen wird deutlich, daß die genetische Methode der starken Führung durch den Lehrer, aber auch des gesteuerten Unterrichtsgesprächs bedarf. So hängt die erfolgreiche Anwendung der Methode nicht zuletzt auch von der Fragetechnik des Lehrers ab, von seinen motivierenden und steuernden Impulsen, von seinen Fähigkeiten, die Vorkenntnisse der Schüler zu reaktivieren. Erst unter diesen Umständen wird die Methode ihre starken Potenzen ausschöpfen lassen.

Die Methode läßt sich in eine algorithmische Handlungsfolge fassen, die auch die Ähnlichkeit mit dem Modell der Unterrichtsstunde als Folge von Lehr- und Lernaufgaben (↑ S. 118) deutlich macht:

#### Algorithmus der genetischen Methode

1. Erarbeiten der Zielstellung aus der Problemsituation  
(Erhöhung der Induktionsspannung beim Schaukelversuch)
2. Analysieren der Ausgangssituation  
(Spannung hängt von Feldstärke ab)
3. Aufstellen von Hypothesen und Anwenden auf Ausgangssituation  
(Erhöhung der Feldstärke durch mehrere Magnete)
4. Analyse der durch 3 veränderten Ausgangssituation  
(Spannung hat sich erhöht)
5. Verwerfen oder Annehmen der Hypothesen zu 3  
(Hypothesen waren richtig)
6. Bei Annahme Aufstellen neuer verbesserter Hypothesen und Anwendung auf die Situation nach 3
7. Analyse der durch 6 veränderten Situation  
(Spannung hat sich erhöht)
8. Wenn Hypothese in 6 richtig, aber das Endziel noch nicht erreicht, Fortsetzung des Verfahrens, bis Ziel erreicht.

Die historisierend-genetische Methode stellt eine Verbindung zwischen der genetischen und historisierenden Methode dar. *Bei ihr ist der Ausgangspunkt eine wissenschaftliche Entdeckung, ein erfinderischer Gedanke, seine erste praktische Verwirklichung. Diese Elemente werden in ihrer geschichtlichen Entwicklung bis zum gegenwärtigen Stand verfolgt.* Im Gegensatz zur reinen genetischen Methode, bei der fast ausschließlich die geistige, denkmögliche Entwicklung verfolgt wird, ohne daß die einzelnen Schritte praktisch realisiert werden müssen und können, spiegelt jeder Schritt in der historisierend-genetischen Methode die in der Wirklichkeit abgelaufenen Phasen wider. Sie ist im Grunde die Methode, die bis zum gegenwärtigen Zeitpunkt den Aufbau von Lehrgängen und Lehrbüchern bestimmt, weil sie im allgemeinen im didaktischen Sinne vom „Einfachen“ zum „Komplizierten“ verläuft und damit dem Entwicklungsstand der Schüler, ihrem Abstraktionsvermögen, ihren Kenntnissen am besten anzupassen ist.<sup>60,61</sup>

Es ist letztlich das aus dem 13. Jahrhundert stammende Verfahren von Roger Bacon, das Wissen in derselben Weise und Reihenfolge einzuprägen, wie es erworben worden ist. Über die dadurch bedingten Schwierigkeiten wegen „Weitschweifigkeit“ sind auf S. 125 Ausführungen gemacht worden. Ein moderner Unterricht kann sich ihrer nur noch sehr bedingt bedienen, vor allem dann, wenn didaktische Aufgaben im Vordergrund stehen (Darstellung von Entwicklungslinien, von Zusammenhängen und bei Systematisierungen, bei Wiederholungen und Zusammenfassungen, bei den abschließenden Lektionen in Kl. 10 und Kl. 12). Die moderne

<sup>62</sup> Vgl. dazu: Haspas, K.: Zur methodisch-experimentellen Behandlung der Atomphysik. Volk und Wissen Volks eigener Verlag, Berlin 1962, S. 5.

<sup>61</sup> Vgl. Unzu: Grundlagen der Physikmethodik, S. 112.

Lehrplantheorie neigt immer stärker dazu, sachlogische systematisierende Gesichtspunkte in den Mittelpunkt zu stellen, um so zu einer Konzentration des Lehrstoffes und damit zu einer Steigerung der Effektivität des Unterrichts zu kommen.

Eines der bekanntesten Beispiele für die Methode ist die Behandlung der Dampfmaschine im Rahmen der Wärmekraftmaschinen (Lehrplan Kl. 8 (1968), S. 15), die sowohl der historischen Entwicklung von Gedanken wie ihrer praktisch erfolgten Realisierung nachgeht und alle Faktoren systematisierend überschauen läßt. Das Grundsätzliche der Methode sei deshalb an diesem Beispiel, das die Darstellung im Lehrbuch Kl. 8 interpretiert, näher erläutert. Es besteht in einer Verbindung rationaler und manueller Tätigkeiten der Schüler, von Theorie und Hypothese, die sich aus einer Problemsituation und der daraus erwachsenden Problemstellung ergeben, und praktischer experimenteller Prüfung und Verwirklichung.

**Erste geschichtliche Phase** → Heron von Alexandrien um 100 u. Z.

Problemsituation: Beobachtungen der Verdampfung des Wassers und der Fähigkeit des gebildeten Dampfes, in einem abgeschlossenen Gefäß einen verschiebbaren Stempel zu bewegen, und erste Anwendungen im Altertum. Die Beobachtungen und Experimente werden im Schulversuch nachgeahmt.

**Zweite geschichtliche Phase** → Papin 1690

Problem: Papin erkennt, daß der Heronsche Versuch umkehrbar sein müsse und bei beiden Kolbenbewegungen Arbeit verrichtet werden könne. Problemlösung: Er bewirkt die Kondensation durch Wegnahme des Feuers und äußere Luftkühlung. Nachahmung durch Schülerversuch.

**Dritte geschichtliche Phase** → Newcomen 1711/1712

Problem: Die Arbeitsgeschwindigkeit der Papinschen Maschine war durch die langsame Dampfkondensation bestimmt. Problemlösung: Sie wurde von Newcomen durch äußere und innere Wasserkühlung beschleunigt. Nachahmung durch Schülerversuch. Konstruktive Ausgestaltung: Papins Zylinder und Herons Dampfkugel werden vereinigt.

**Vierte geschichtliche Phase** → Watt 1769/1783

Problem: Die Wirkungsweise der Maschine von Newcomen ist durch den atmosphärischen Luftdruck bestimmt (sie war im Grunde eine Anwendung der Erfindung von Otto von Guericke). Der wesentlich größere Dampfdruck konnte nicht ausgenutzt werden. Problemlösung: Das geschieht durch Watts Erfindung (Patent 1769), den Dampfdruck auf den Kolben beidseitig wirken zu lassen. Weitere Probleme und ihre Lösungen: Zylinder und Dampfkessel werden getrennt, der Kondensator eingeführt, die Kurbel-Drehbewegung konstruiert. Die Kolbensteuerung kann man genetisch entwickeln (hier das Beispiel nicht weiter verfolgt).

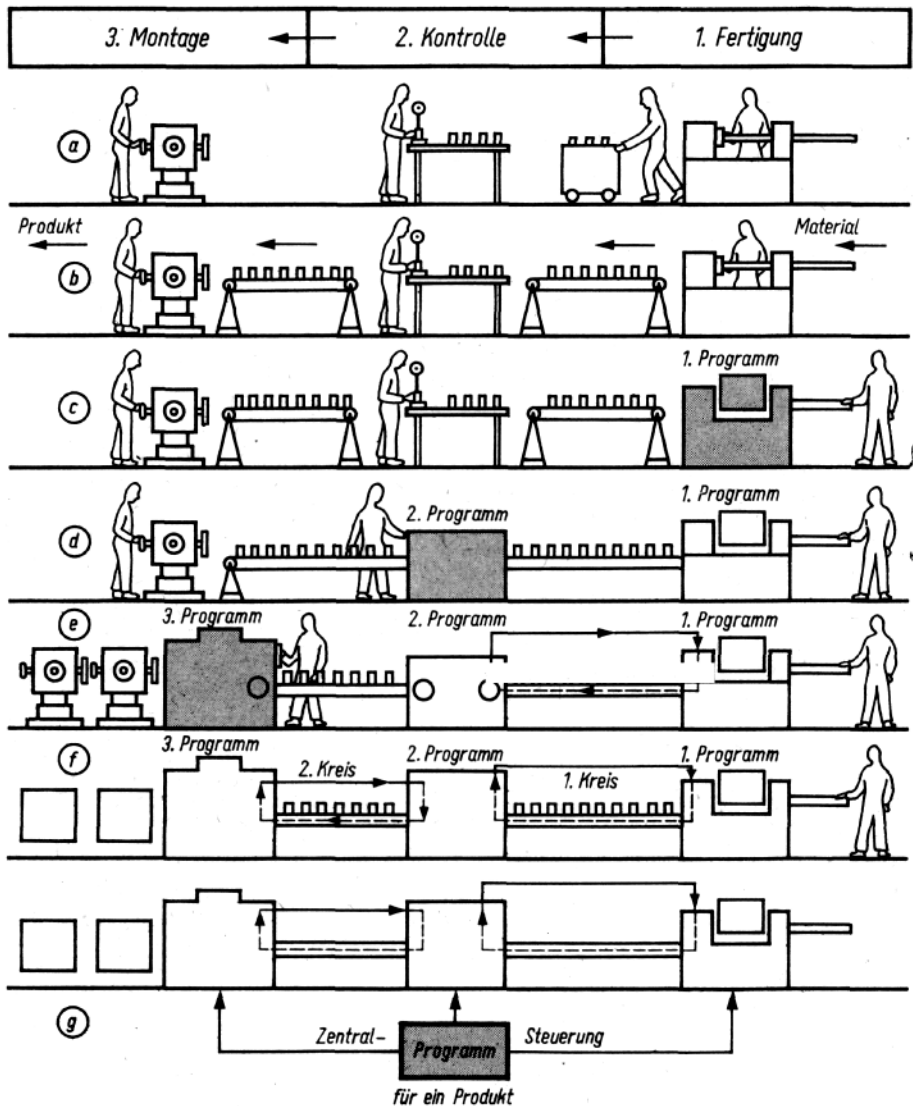
Zur Entwicklung dieses Beispiels vergleiche man die historischen Daten und gesellschaftlichen Bezüge, wie sie im Lehrbuch Kl. 8 (1969), S. 34 bis 37, oder bei Fried, Zur Geschichte der Dampfmaschine, Volk und Wissen 1964, dargestellt sind. Hier wird auch die notwendige Verbindung zur gegenwärtigen Praxis hergestellt. Die Analyse dieses Beispiels zeigt, wie logische und historische Sachverhalte, problematische Situationen und Problemlösungen entwickelnd miteinander verbunden werden, wie zum physikalisch-technischen Denken erzogen wird und wie ökonomische Fragen und gesellschaftliche Bedürfnisse (hier nicht dargestellt) die Entwicklung vorantreiben.

Ein zweites Beispiel zeigt die Genese an der Entwicklung der drahtlosen Nachrichtentechnik vom Hertzschen Schwingungskreis bis zum Fernsehgerät (Lehrplan Kl. 10 OS). Die geschichtliche Entwicklung ging hier von den oszillatorischen Entladungen in einem halboffenen Schwingungskreis aus (Feddersen 1862), wird durch Hertz (1888) mit seinen Untersuchungen der räumlichen Ausbreitung elektromagnetischer Wellen weitergeführt, die in einem zweiten offenen Schwingungskreis von Popow (1895) empfangen werden. Schließlich wird der gedämpfte Schwingungskreis zu einem ungedämpften über den Lichtbogengenerator (Duddel 1900), den Löschfunkensender (Wien 1908), die Glimmlampenschaltungen (Hittorf 1910) und endlich über die Röhrensender (Meißner 1913) zu seiner heutigen Form entwickelt.

Lehrplan und Lehrbuch folgen dieser Entwicklung, *kürzen oder streichen jedoch die Entwicklungsstufen*, die für das Verständnis der jetzigen Form unwesentlich sind, und fassen die Arbeiten (von Duddel, Wien, Hittorf und Meißner) zusammen, weil das wesentliche physikalische Merkmal aller Bauelemente die fallende Charakteristik zwischen Spannung und Stromstärke ist. Man vergleiche dazu die Darstellung im Lehrbuch Kl. 10 (1965) im Kapitel „Die drahtlose Nachrichtentechnik“, S. 105 ff. *Das Beispiel demonstriert die für die historisierend-genetische Methode typische Aufgabe, nicht alles, sondern nur Wesentliches darzubieten.*

Andere Beispiele sind die Behandlung der Atommodelle oder die historische Entwicklung der Lichttheorien (von Newton und Huygens bis zu Einsteins Quantentheorie des photoelektrischen Effekts), wobei die Einzelfakten in den historischen Rahmen einzuordnen und zu systematisieren sind (Lehrplan Kl. 10 bzw. Kl. 11).

Bild 19 Symbolhafte Darstellung der Entwicklung der Automation



Ein letztes Beispiel zeigt eine besondere Darstellungsform der historisierend-genetischen Methode, in dem nur mit symbolhaften Zeichen gearbeitet wird (Bild 19). Es handelt sich um die Entwicklung der Automation, deren einzelne, im Historischen ablaufende Entwicklungsphasen und die Entlastung des Menschen symbolisch in prägnanter Weise nachgezeichnet werden (Lehrplan 1968, Kl. 12, vgl. dazu Lb. Kl. 10, Bild 214/1). Gerade dieses Beispiel erläutert, wie die Methode, der eine gewisse Weitschweifigkeit anhängt, auch mit geringster Redundanz historische Abläufe nachvollziehen kann. Es soll übrigens noch bemerkt werden, daß gerade wegen dieser Weitschweifigkeit die Methode oft abgelehnt wird. Es ist richtig, daß es in vielen Fällen logische Entwicklungen gibt, die rascher zu einem bildenden Ziel führen; man darf aber nicht vergessen, daß dabei die erziehenden Momente oft zu kurz kommen. Aus diesem Grund ist nicht der Weg der richtige, dessen Redundanz ein Minimum ist; ein didaktisch guter Weg, der Bildung und Erziehung berücksichtigt, muß eine bestimmte, optimale Redundanz auf weisen.

Andere Beispiele, die den Anweisungen des Lehrplanes folgen, sind in den Lehrbüchern der verschiedenen Klassen zu finden; beispielsweise:

Aus der Geschichte der Wärmelehre	Lehrbuch Kl. 6 (1967)
Otto von Guericke	Lehrbuch Kl. 7 (1968)
Die historischen Anfänge der Elektrizitätslehre	Lehrbuch Kl. 8 (1969)
Die Entdeckung der Fallgesetze	Lehrbuch Kl. 9 (1967) V. KL
Die Entwicklung der Statik	Lehrbuch Kl. 9 (1966) OS
Die Entdeckung der elektromagnetischen Wellen	Lehrbuch Kl. 10 (1965) OS
Die Entwicklung des Atombegriffs	Lehrbuch Kl. 10 (1965) OS
Energieversorgung und Volkswirtschaft	Lehrbuch Kl. 11 (1964) EOS
Der Atombegriff in Altertum und Mittelalter	Lehrbuch Kl. 12 (1964) EOS

#### 5.2.2.6. Die abstrahierenden Methoden

Die Abstraktions- und Konkretionsreihen. Bereits bei der Begründung der genetischen Methoden wurde bemerkt, daß sie darauf abzielen, zwischen der Anschauung und der aus ihr abstrahierten Erkenntnis eine Reihe von Zwischengliedern aufzubauen, die den Abstraktionsprozeß erleichtern sollen (↑ Abschnitt 5.1.). Dieser Prozeß ist bekanntlich auf der Mittelstufe mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden. Diese liegen vor allem im Umbruch des Denkens, das sich vom konkret-gegenständlichen Auffassen zum abstraktlogischen Denken gerade in diesen Klassenstufen entwickelt. Wenn diese Tatsache nicht berücksichtigt wird, tritt oft an die Stelle des Verständnisses das Gelernte, Nichtbegriffene; das Erlernete wird formales und nicht anwendungsbereites Wissen und unterliegt daher in starkem Maße dem Vergessen. Zu dieser Problematik vergleiche man die Arbeiten von Bogojawlenski und Mentschinskaja<sup>62</sup>, Claus und Hiebsch<sup>68</sup>, Lompscher<sup>64</sup> und den Sammelband Probleme der Lerntheorie<sup>65</sup>. Wesentlich für das Erfassen, Verstehen und Verarbeiten eines physikalischen Sachverhaltes ist die Anpassung an die spezifischen Denkverhaltensweisen des Schülers, deren Entwicklungsstand eine Funktion des Alters ist. U. Manthei hat (in Anlehnung an Grimmer) versucht, den Abstraktionsprozeß in Teilschritte zu zerlegen und die einzelnen Stadien der Denkopoperationen in eine Abstraktions- und Verallgemeinerungsreihe einzuordnen.<sup>66</sup>

Diese „abstrakte“ Abstraktionsreihe, die nur vom Lehrer gesehen wird, muß — vor allem in der Mittelstufe — durch eine „gegenständliche“ Abstraktionsreihe ergänzt werden, die vom Schüler erkannt wird und die den Abstraktionsprozeß vom Gegen-

<sup>62</sup> Bogojawlenski/Mentschinskaja: Psychologische Probleme des Kenntniserwerbs, S. 132 ff.

<sup>63</sup> Claus/Hiebsch: Kinderpsychologie, S. 266 ff.

<sup>64</sup> Lompscher, L.: Kenntniserwerb und geistige Entwicklung in der Unterstufe, S. 97.

<sup>65</sup> Probleme der Lerntheorie, S. 66 ff.

<sup>66</sup> Manthei, U.: Zu den grundlegenden Denkstrukturen des physikalischen Bildungstoffes. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 12, S. 542 ff.

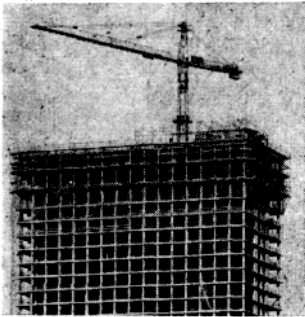

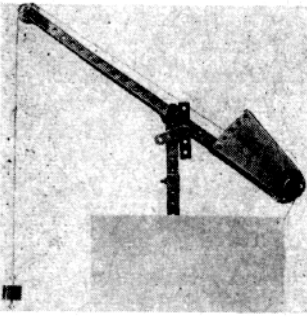
ständig-Anschaulichen her unterstützt oder sogar erst ermöglicht. Sie besteht darin, daß bei der Ableitung eines Zusammenhanges, eines Gesetzes, eines Begriffes, den einzelnen Denkphasen geeignete Anschauungsmittel zugeordnet werden, die insgesamt wiederum eine (gegenständliche) Abstraktionsreihe bilden.<sup>67</sup> Der Grundgedanke geht auf die Tatsache zurück, daß das Verhältnis von konkreten und abstrakten Strukturelementen innerhalb eines Anschauungsmittels ganz verschieden ist (↑ Abschnitt 7.1.1.). Man kann daher den einzelnen Phasen des Abstraktionsprozesses, die immer ärmer an konkret-gegenständlichen Elementen werden, Anschauungsmittel geeigneter Abstraktionsgrade zuordnen<sup>68</sup>. Damit wird die Einheit des Konkreten mit dem von ihm abgeleiteten Abstrakten in so hohem Maße verwirklicht, daß ein optimales Lernergebnis auch bei verschiedenen Aneignungsniveaus der Schüler erzielt wird.<sup>69</sup> Einige Beispiele sollen das erläutern. Im ersten Beispiel handelt es sich um die induktive *Ableitung des Hebelgesetzes* (Kl. 7) (d. h. abweichend vom Lehrplan 1967). Als Ausgangspunkt der lebendigen Anschauung sei ein allen Schülern bekannter Turmdrehkran genommen, wie er auf allen Baustellen zu finden ist. In den Unterricht wird er durch ein Foto (Lehrbuch, Dia) projiziert (Bild 20a), das durch ein Modell (etwa aus Metallbaukasten) vergegenständlicht und gleichzeitig vereinfacht wird (Bild b). Die hierin bereits enthaltenen Anfänge einer Abstraktion werden weiterentwickelt (Bild c) und führen über das Lehrgerät (Bild d) zu einer zweiten Abstraktionsstufe, die durch die Tafelzeichnung (Bild e) zu einer symbolhaften Verallgemeinerung gelangt. Die mathematischen Operationen ergeben in Verbindung mit den Observablen des Experimentierprozesses auf der vierten Abstraktionsstufe schließlich die mathematische Verallgemeinerung in Gestalt der symbolischen Formel (Bild f). Die Analyse des Beispiels zeigt, wie die gegenständlichen Repräsentationsformen aus der lebendigen Anschauung in ihrer unendlichen Mannigfaltigkeit der konkreten Elemente im Laufe des Abstraktionsprozesses immer ärmer an Konkret-Gegenständlichem werden, wie immer mehr differenzierende Merkmale verschwinden und schließlich in der symbolischen Formel aufgehoben sind. Dieser vom Speziellen zum Allgemeinen verlaufenden Entwicklung passen sich die Denkopoperationen der geistigen Abstraktionsreihen an; beide Reihen sind weitgehend adäquat und garantieren damit einen bruchlosen Übergang von der ersten zur zweiten Phase des Erkenntnisprozesses und die einwandfreie vom Schüler „verstandene“ Begriffsbildung. Vom Psychologischen her gesehen, wird der Übergang von der sinnlich-konkreten zur abstrakt-logischen Denkstufe vollzogen.

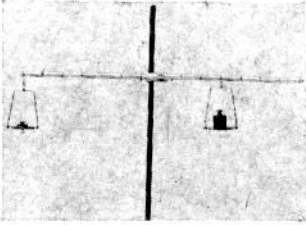
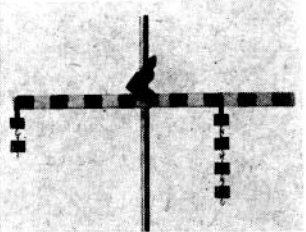
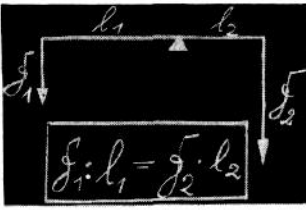
<sup>67</sup> Physikunterricht, Methodisches Handbuch für den Lehrer, S. 62.

<sup>68</sup> Vgl. Lompscher, a. a. O., S. 98.

<sup>69</sup> Vgl. Bogojawlenski/Mentschinskaja, a. a. O., S. 135 f.

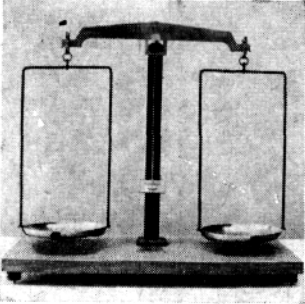
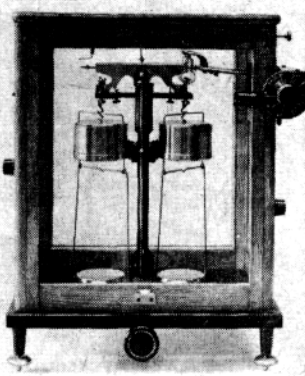
Bild 20 Beispiel einer Abstraktionsreihe

Gegenständliche Abstraktionsreihe		Geistige Abstraktionsreihe	
Repräsentationsform	Anschauungsmittel	Denkoperation	Philosophische Kategorie
<p>Original</p> <p>a</p> 	<p>Original</p> <p>Nachbildung (Foto/Dia/ Lehrbuch)</p>	<p>Anschauen Beobachten</p> <p>Analysieren Vergleichen</p>	<p>Spezielles (Einzelnes)</p>
<p>b</p> 	<p>Modell</p>	<p>Analysieren Vergleichen Synthetisieren</p>	
<p>c<sub>1</sub></p> 	<p>Teilmodell</p>	<p>1. Abstraktionsstufe in zwei Schritten (phänomenologisch abstrahieren)</p>	<p>Besonderes</p>

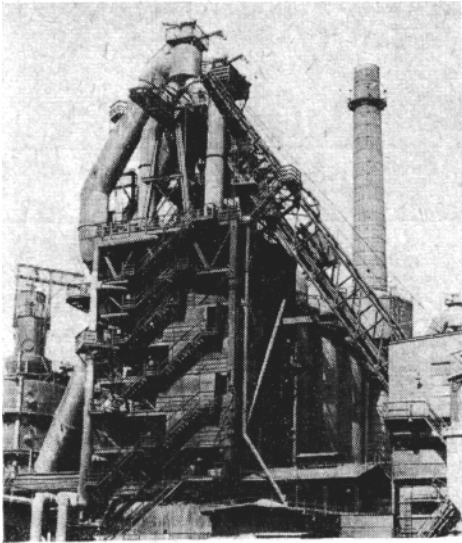
Gegenständliche Abstraktionsreihe		Geistige Abstraktionsreihe	
Repräsentationsform	Anschauungsmittel	Denkoperation	Philosophische Kategorie
c <sub>2</sub> 			Besonderes
d 	Lehrgerät	2. Abstraktionsstufe (kausales Abstrahieren)	
e f 	Tafelzeichnung Symbol	3. Abstraktionsstufe (symbolhafte Verallgemeinerung) 4. Abstraktionsstufe (mathem. Verallgemeinerung, Induktion)	Allgemeines

Das geschilderte Beispiel ist damit noch nicht erschöpft, weil die dritte Phase des Erkenntnisprozesses — von der abstrakten Erkenntnis und ihrer Prüfung und Anwendung in der Praxis — noch durchlaufen werden muß. In erkenntnistheoretischer und psychologischer Sicht verläuft der Prozeß danach vom Abstrakten zum Konkreten, vom Allgemeinen zum Speziellen. Auch dieser Ablauf kann durch geeignete Abstraktionsreihen gesteuert werden, die wegen ihres Verlaufs *Konkretionsreihen* genannt werden sollen. Die Bilder und das Schema 21 zeigen eine solche Konkretionsreihe. Ausgangspunkt ist das Hebelgesetz in seinem Spezialfall, daß beide Hebelarme gleich sind. Es folgen dann Lehrgerät, Modell, Krämerwaage, Analysenwaage. Die Analyse zeigt, wie auch hier die gegenständliche und die geistige Konkretionsreihe weitgehend äquivalent sind, wie aber auch mit steigender Konkretisierungsstufe die geistigen Denkoperationen wieder anwachsen, insofern, als das Original immer komplizierter wird.



Gegen ständliche Abstraktionsreihe		Geistige Abstraktionsreihe	
<i>Repräsentationsform</i>	<i>Anschauungsmittel</i>	<i>Denkoperation</i>	<i>Philosophische Kategorie</i>
d	 <p>1. Original</p>	3. Konkretionsstufe Vergleichen, Prüfen, Anwenden	Spezielles (Einzelnes)
e	 <p>2. Original</p>	4. Konkretionsstufe Anwenden, Ver gleichen, Abstrahieren	

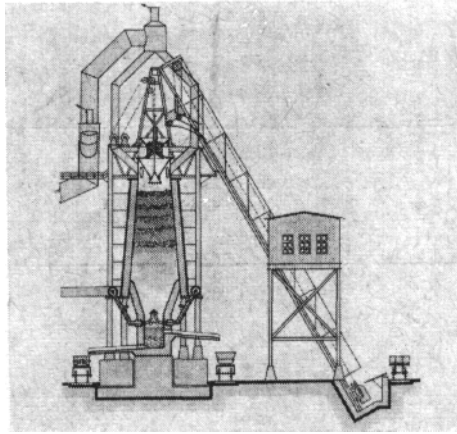
Repräsentationsform



*Anschauungsmittel*  
(Informationsträger),  
Foto

Repräsentationsform

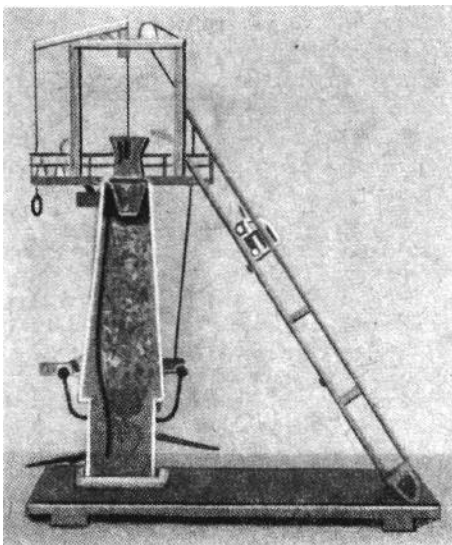
*Bilder 22 a und b*



*Anschauungsmittel*  
(Informationsträger).  
Anschauungstafel

---

Repräsentationsform



*Anschauungsmittel*  
(Informationsträger)  
:  
Modell

Repräsentationsform

*Bilder 22 c und d*



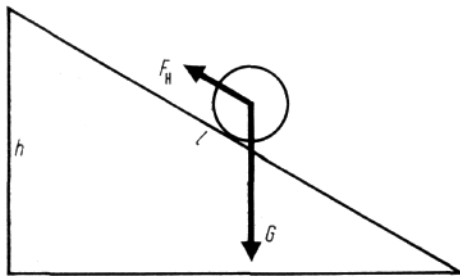
*Anschauungsmittel*  
(Informationsträger):  
abstraktes Lehrgerät

---

Repräsentationsform

Repräsentationsform

Bilder 21 e und f



$$F_H : G = h : l$$

Anschauungsmittel  
(Informationsträger):

Tafelzeichnung

Anschauungsmittel  
(Informationsträger):

symbolische Schreibweise

---

Das zweite Beispiel (Bild 22) zeigt eine Abstraktionsreihe an der geneigten Ebene zur Einführung der abstrakten Versuchsanordnung aus dem Gegenstand der Praxis über affine zu merkmalsaffinen bzw. inaffinen Anschauungsmitteln (↑ Abschnitt 7.1.1.). Im Unterschied zum ersten Beispiel sind Zeichnungen zwischengeschaltet (also 3-dimensionale neben 2-dimensionalen Lehrmitteln).

Es ist die am häufigsten angewendete Abstraktionsreihe im Unterricht. Bei ihr findet nicht nur eine fortwährend zunehmende Abstraktion statt, es wird auch von Schritt zu Schritt der Informationsträger gewechselt. Über die didaktische Bedeutung eines solchen Informationswandels vergleiche man die Arbeiten von Haspas<sup>70</sup> und Claus<sup>71</sup>. Bei den genannten Beispielen wird der Abstraktions- bzw. Konkretionsprozeß in einzelne Stufen zerlegt, deren Höhe vom Abstraktionsvermögen des Schülers abhängt (aber auch durch die vorhandenen gegenständlichen Anschauungsmittel begrenzt wird). Einen nahezu kontinuierlichen Übergang ermöglicht der Lehrfilm. In hervorragender Weise geschieht das beispielsweise beim Film F 607 „Arbeitsweise der Kolbenschiebersteuerung“. Der Übergang von der Totalität der originalen Erscheinung zur abstrakten Erkenntnis wird durch eingeblendete Trickzeichnungen vorgenommen; mit dem gleichen Mittel wird der Konkretionsprozeß unterstützt. Die (bildhaft dargestellten) Anschauungsmittel durchlaufen dabei die Stadien der affinen über die merkmalsaffinen zur inaffinen Abbildung der objektiven Realität, sie spiegeln also in idealer Weise den Abstraktionsprozeß wider.

Natürlich können Abstraktionsreihen, zumindest in ihrer gegenständlichen Form, nicht immer gebildet werden. Mit den zunehmenden Denkfähigkeiten und Erfahrungen der Schüler brauchen auch immer weniger eingesetzt zu werden. Sie finden deshalb ihre Hauptanwendung in der Unter- und Mittelstufe, doch leisten sie auch in der Oberstufe bei der Behandlung komplizierter physikalischer Sachverhalte manchmal entscheidende Dienste.

Ein Spezialfall der Abstraktionsreihen sind die Vereinfachungsreihen.<sup>72</sup> Sie behandeln die Lösung des Problems, komplizierte physikalische und technische Gegenstände und

<sup>70</sup> Haspas, K.: Zu einigen aktuellen Fragen der Erkenntnistheorie im Physikunterricht. In: Rationaler und intensiver Physikunterricht, S. 25.

<sup>71</sup> Claus, G.: Zur Anwendung der Informationstheorie auf lernpsychologische Probleme. In „Pädagogik“, 20 (1965), II. 1, S. 60 ff.

<sup>72</sup> Hering, D.: Zur Faßlichkeit naturwissenschaftlicher und technischer Aussagen, S. 9.

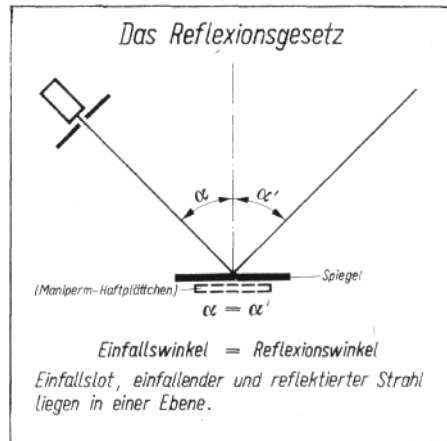
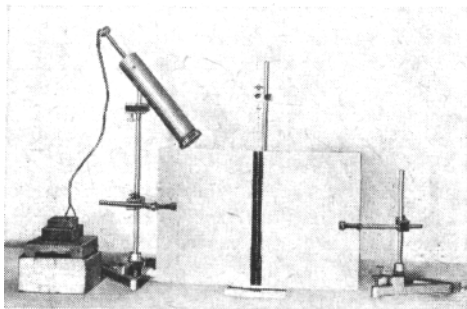


Bild 23 Versuchsanordnung und ihre vereinfachte Darstellung

*Sachverhalte „vereinfacht“ darzustellen.* Eine solche didaktische Vereinfachung fordern die Lehrpläne an verschiedenen Stellen in allen Klassenstufen (z. B. Kl. 6: „elementare“ Behandlung der Optik; Darstellung eines „einfach gefaßten Atommodells“, Erklärung durch „modellhafte Vorstellung“; Kl. 7: Die Schüler sind mit bestimmten Themen nur „bekannt zu machen“; Turbinen sollen nur „erwähnt“ werden; Kl. 9: Die Vorgänge im Akkumulator werden in „vereinfachter Weise“ behandelt).

Diese Forderungen folgen z. T. aus dem didaktischen Prinzip der Faßlichkeit<sup>73</sup> (↑ Abschnitt 5.1.).

Die Erfahrung lehrt, daß es oft schwierig ist, Vereinfachungen wissenschaftlich einwandfrei durchzuführen (↑ Abschnitt 5.1.2.). Die Grundaufgabe für den Lehrer besteht im allgemeinen darin, den komplizierten Sachverhalt so weit zu vereinfachen, bis er eine Ausgangsbasis gefunden hat, die den Vorkenntnissen und der Abstraktionsfähigkeit des Schülers entspricht. Von diesem Niveau aus kann er dann die sachliche Entwicklung des Lehrstoffes beginnen.

Die bekanntesten Aufgaben, die der Lehrer zu lösen hat, hängen mit der Frage der Atommodelle zusammen, mit der Darbietung bestimmter moderner Theorien (Halbleiterelektronik, Relativitätstheorie), mit der Überlegung, wie weit bestimmte Objekte der Praxis (Maschinen, elektronische Meßgeräte) in Einzelheiten zu behandeln sind. In allen diesen Fällen muß eine Vereinfachungsreihe durchlaufen werden, die von dem komplizierten Sachverhalt bis zu jenem didaktisch vereinfachten Ausgangspunkt führt, der dem Leistungsvermögen der Schüler adäquat ist. *Im Unterschied zur Abstraktionsreihe, die der Schüler durchläuft, wird die Vereinfachungsreihe (im allgemeinen) nur vom Lehrer aufgestellt.*

Vereinfachungsreihen beziehen sich häufig auf geistige Sachverhalte (Atommodelle, Theorien), treten aber schon bei einfachsten Fragen auf, z. B. wenn es sich darum handelt, eine experimentelle Versuchsanordnung (Bild 23 a) zeichnerisch (an der Tafel, im Heft) zu erfassen (Bild 23b).

Ein anderes Beispiel zeigt, welche Schritte bei einer Vereinfachung durchlaufen werden müssen oder können. Es ist eine Meßuhr (z. B. bei der Wärmeausdehnung von Stäben in Kl. 8 benutzt) als Hilfsgerät an der Tafel zeichnerisch darzustellen. Das Bild 24 zeigt eine Möglichkeit.<sup>74</sup>

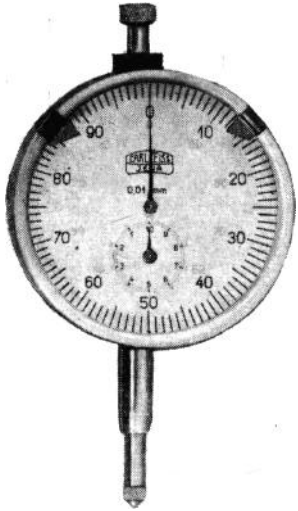
Wieweit die einzelnen Elemente einer Vereinfachungsreihe wirklich durchlaufen werden, hängt natürlich von den Kenntnissen und Erfahrungen des Lehrers ab; häufig wird

<sup>73</sup> Schulpädagogik, Teil I, Didaktik, S. 338 ff.

<sup>74</sup> Aus Hering: Zur Faßlichkeit . . . , a. a. O., S. 88/89.

ihm gar nicht bewußt, welcher komplizierter Vorgang sich in seinem Bewußtsein abgespielt hat. Daher verkennt er auch die Schwierigkeiten, die bei der Abstraktionsbildung bei den Schülern auftreten, vor allem bei der Tafelarbeit. Didaktisch gesehen ist Vereinfachung die Kunst des Weglassens.

Das Beispiel der Meßuhr zeigt, daß die didaktische Vereinfachung von einer differenzierten zu einer allgemeinen Aussage vorgeschritten ist, die sich auf die wesentlichsten Elemente der Gesamtstruktur (der Meßuhr) und ihre gegenseitigen Funktionen (der Wirkungsweise) beschränkt. Das didaktische Endergebnis ist also eine symbolhafte Zeichnung. Derartige graphische Darstellungen bezeichnet man auch als „Muster“ (engl. pattern), ein Begriff, der vor allem in der biologischen<sup>75</sup> und medizinischen Literatur immer mehr verwendet wird. Über die Bedeutung des Musters für den Erkenntnisprozeß hat Ley<sup>76</sup> Ausführungen gemacht. Die Zurückführung struktureller und funktioneller (wesentlicher) Zusammenhänge auf ein Muster ist nicht nur auf den Biologieunterricht beschränkt, sondern hat auch für den Physikunterricht Bedeutung.<sup>77</sup>



<sup>75</sup> Räuber, H.: Die Bedeutung von Mustern zur Klärung des Verhältnisses von Struktur und Funktion bei der Darstellung zytologischer Probleme im Fachunterricht. In: Struktur und Prozeß im Verhältnis von Philosophie und Pädagogik. Fichte-Schriften der Humboldt-Universität, Berlin 1967, H. 3, S. 123 ff.  
<sup>76</sup> Ley, H.: Muster und wissenschaftl. Erkenntnisprozeß. In „Biologie in der Schule“, 15 (1906), H. 6, S. 236.

<sup>77</sup> Haspas, K.: Zu einigen aktuellen Fragen der Erkenntnistheorie im Physikunterricht. In: Rationaler und effektiver Physikunterricht, S. 20.

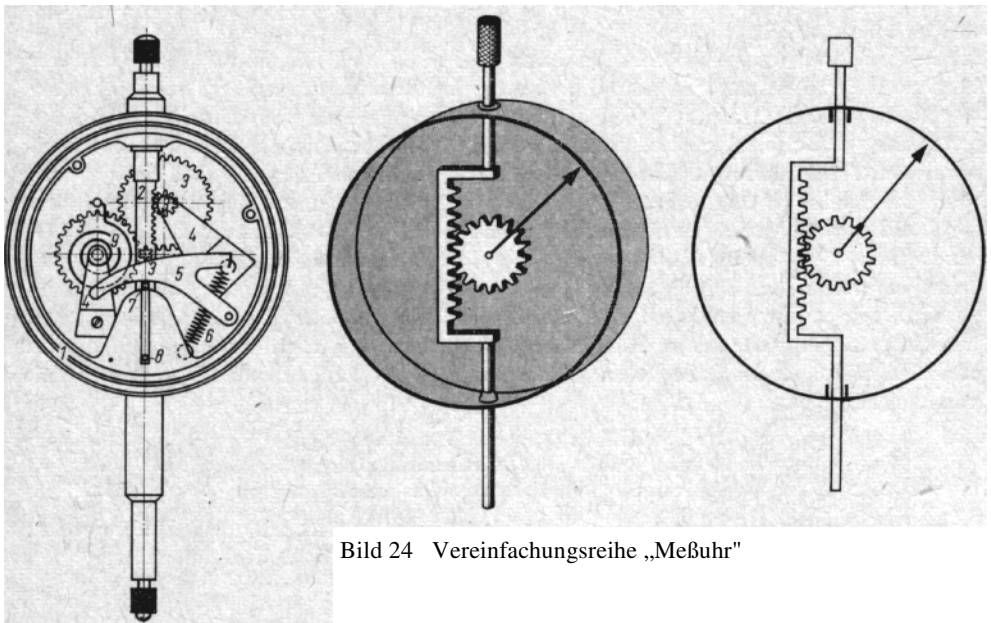


Bild 24 Vereinfachungsreihe „Meßuhr“

Eine besondere Form der abstrahierenden Methoden stellt die Aufbauphysik dar. Die Arbeit mit den Aufbaugeräten gibt dem Lehrer eine Fülle methodischer Möglichkeiten, die geistige und manuelle Selbsttätigkeit der Schüler zu aktivieren.<sup>78</sup> Im folgenden sollen einige Fragen erörtert werden, die die Weiterentwicklung der seit langem bekannten Aufbauphysik und vor allem ihre Beziehung zu den bisher genannten Methoden betreffen.

*1. Aufbaugeräte sind Lehrmittel, die aus einzelnen, vielseitig verwendbaren Elementen vom Lehrer oder vom Schüler in verschiedenartigen Kombinationen zusammengebaut werden können.*

Beispielsweise lassen sich aus Sammellinsen in geeigneter Fassung und Führung (Optische Bank) modellähnlich Lupe, Kamera, Fernrohr, Mikroskop, Projektionsapparat demonstrieren (Lehrstoff Kl. 6), oder aus zwei Spulen und einem Eisenkern lassen sich Luftspule, Elektromagnet, Umspanner vorführen.

Ein einziges weiteres Element (eine Blattfeder) gestattet die Nachbildung von Telegraph, Signalklingel, Unterbrecher (Wagnerscher Hammer) (Lehrstoff Kl. 8).

Die Mehrzahl der Aufbauelemente und -geräte sind merkmalsaffine Nachbildungen

(↑ Abschnitt 7.1.) von Geräten der Praxis (Halterungen, Glasteile), z. T. aber auch affine Reproduktionen (Spulen, Röhren, Linsen, Blenden, Spiegel). Nur wenige sind inaffine Elemente (Loosersches Thermoskop, Hartlesche Scheibe). Darin liegt begründet, daß die Kombinationen der Elemente wiederum mindestens merkmalsaffine Modelle ergeben, die zugleich abstrahierenden und konkretisierenden Charakter haben. Durch die stete Wiederkehr gleicher Elemente wird der Schüler auf das Wesentliche gelenkt, d. h., der Abstraktions- und Konkretionsprozeß wird unterstützt, nicht zuletzt durch die Möglichkeit des einfachen Aufbaus vor den Augen der Schüler und durch die damit verbundene „Einsichtigkeit“ in Apparatur und Vorgang.

*2. Das Arbeiten mit Aufbauelementen und -geräten entspricht im Grunde der genetischen Methode; stellt aber insofern eine Abwandlung dar, als die Genese nicht im Abstrakten als vielmehr im Konkret-Gegenständlichen erfolgt.*

Die Beweglichkeit und Variationsbreite der Aufbauelemente gestattet nicht nur, die einzelnen Denkschritte zu realisieren, sondern auch Geräte aufzubauen, deren Wirkungsweise auf dem gleichen Wirkprinzip beruhen, aber verschiedenartige „Anwendungen“ repräsentieren.

Ein Beispiel (Bild 25) möge diese Möglichkeit erläutern. Es zeigt den Elektromagneten und seine Anwendungen.

Man erkennt, wie mit einfachen zusätzlichen Elementen immer neue Geräte „entwickelt“ werden, die funktionstüchtige Realisierungen gedanklicher Konstruktionen sind. Bemerkenswert ist, daß beim Übergang vom Relais zum Unterbrecher nicht gegenständliche Elemente variiert werden, sondern ein geistiger Sachverhalt (die Schaltung).

Das Beispiel macht ein wesentliches Kennzeichen der Aufbauphysik deutlich: In schöpferischer Selbsttätigkeit werden technisches und funktionales Denken in aktiver manueller Auseinandersetzung mit den realen Objekten geschult, gedankliche Überlegungen und Konstruktionen unmittelbar mit einfachen Mitteln — in der Praxis geprüft und angewendet.

*3. Neben dieser Beziehung zur genetischen Methode besteht auch ein enger Zusammenhang zu den oben beschriebenen Abstraktionsreihen.*

Diese Beziehung liegt in der Möglichkeit und der erklärten Absicht der Aufbauphysik, den Abstraktionsprozeß des Schülers zu erleichtern und seine Fähigkeiten in dieser Hinsicht zu entwickeln.

<sup>78</sup> Haspas, K.: Aufbauphysik — Theorie und Praxis.

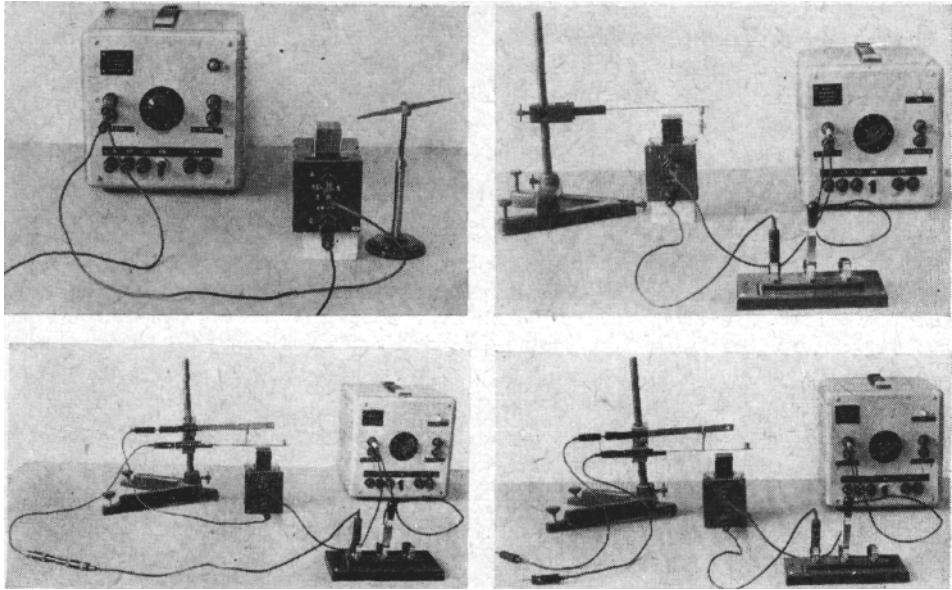


Bild 25 Vom Elektromagneten zum Wagnerschen Unterbrecher

Ein Beispiel soll diese Möglichkeit erläutern. Es bezieht sich auf den Lehrstoff Kl. 8 „Das Magnetfeld einer stromdurchflossenen Spule“; das Thema soll „anschaulich, qualitativ“ behandelt werden.<sup>79</sup>

Der *erste* Schritt ist die Ableitung der Eigenschaften einer (stromdurchflossenen) Spule mit einem Spulenkern mit Hilfe einer gegenständlichen Abstraktionsreihe (z. B. Klingel → Summer → Telegraphenrelais → Modell [aus Spule und Kern] → Tafelzeichnung → Symbol). Dabei wird an die Vorkenntnisse der Schüler aus dem täglichen Leben angeknüpft, während die an sich später zu behandelnden Geräte propädeutisch eingeführt werden. Der *zweite* Schritt beginnt beim Modell (Bild 26a). Der Nachweis des Feldes wird durch die Magnetnadel bewirkt, ihr Ausschlag qualitativ demonstriert. Danach wird die Spule durch eine zweite mit größerer Windungszahl ersetzt (Bild 26 b). Bei gleicher Stromstärke ist der Ausschlag der Magnetnadel größer. Wird die Windungszahl in einem dritten Versuch weiter vergrößert, vergrößert sich bei gleicher Stromstärke auch der Ausschlag der Magnetnadel, d. h., das magnetische Feld wird größer (Bild 26c). Der immer gleiche Aufbau und das immer gleiche Aussehen der Spulen, die sich nur durch ihre Windungszahlen unterscheiden, bewirkt eine immer stärkere Einengung des Beobachtungsfeldes des Schülers auf das einzige variable Element, auf die Windungszahl, deren Vergrößerung offensichtlich eine Vergrößerung der magnetischen Wirkung (des magnetischen Feldes) hervorruft.

Damit wird eine Korrelation zwischen den abstrakten Begriffen „Windungszahl“ und „Magnetfeld“ hergestellt, wie es kaum in anderer Weise möglich ist. Charakteristisch an diesem Verfahren ist, daß der Begriff „Spule“ immer farbloser wird und die gesamte Aufmerksamkeit sich auf die „Windungszahl“ konzentriert, auf das „Wesen“ der Spule. Sinnliche und rationale Abstraktion mit dem Ziel und dem Ergebnis der Begriffsbildung, d. h. der deutlichen und bewußten Herausarbeitung der Invarianzen eines Objekts oder einer Erscheinung, fließen hier in anschaulichster Weise zusammen. Die Steuerung des Erkenntnisprozesses erscheint damit vollkommen.<sup>80</sup>

<sup>79</sup> Lehrplan für das Fach Physik, Kl. 6 bis 10 (1966), S. 22.

<sup>80</sup> Vgl. Wasuro: Das Prinzip der Nivellierung und seine Bedeutung für die Psychologie und Pädagogik. In: Informationsmaterial aus der SU. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1955.

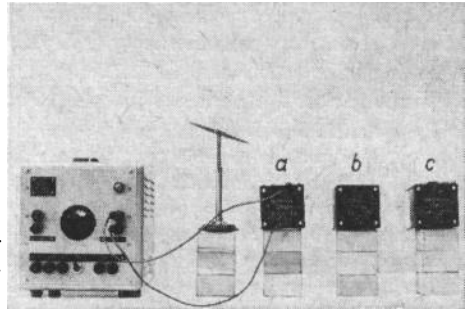


Bild 26 Aufbaugerät zur Abstraktion der Beziehung zwischen Magnetfeld und Windungszahl einer Spule

Der *dritte* Schritt— der hier nicht mehr ausgeführt werden soll — bezieht sich dann auf Verallgemeinerungen (Methode der verbundenen Induktion und Deduktion) und Konkretionen (Praxis, Anwendungen).

4. Für die beispielhaft dargestellten Möglichkeiten der Aufbauphysik gilt, daß sie weder stets angewendet werden sollen noch können.

Sie sollten zwar auf die Mittelstufe beschränkt werden, aber sie können auch für die Oberstufe in Form von komplexen Aufbaugeräten eingesetzt werden. Die angeführten Beispiele sollten vor allem auch deutlich machen, inwieweit die Aufbauphysik Gelegenheit bietet, notwendige psychologische Überlegungen und Erkenntnisse praktisch in der didaktisch-methodischen Gestaltung des Lehrstoffes anzuwenden. Weitere Einzelheiten und Möglichkeiten sind in der angegebenen Literatur enthalten.<sup>81</sup>

#### 5.2.2.7. Die forschenden Methoden

Die Methode des Problemunterrichts ist die wichtigste der forschenden Methoden. Ihre Anwendung geht von der höchst aktuellen Zielstellung aus, die geistige und manuelle Selbsttätigkeit der Schüler zu erhöhen, sie damit zur Selbständigkeit im Denken und Handeln zu erziehen und so die Effektivität des Unterrichts zu steigern (↑ Kapitel 2). Ein Mittel hierzu ist die problemhafte Gestaltung des Unterrichts. Hierauf hat bereits 1915 Poske hingewiesen, der als Begründer der „Problemphysik“ gelten kann.<sup>82</sup> In neuerer Zeit ist die Problematik wieder aufgegriffen und durch Dietze und Kuhrt<sup>83</sup>, Weck u. a. untersucht worden. Dabei stellten sich zwei wichtige Ergebnisse heraus:

1. Durch geeignete Problemstellungen kann der Unterrichtsprozeß so aktiviert werden, daß die Schülerleistungen erheblich ansteigen.
2. Die Leistungen der stärkeren Schüler sind relativ methodenresistent, während die der schwächeren Schüler stark methodenabhängig sind.

Über derartige Leistungssteigerungen mit Hilfe der Problemmethode berichten auch Kupisiewicz bei polnischen<sup>84</sup> und Barker bei englischen Schülern der Grundstufe.<sup>86</sup>

*Das Wesentliche dieser Methode liegt darin, daß die Schüler in Problemsituationen gestellt werden, daß sie die Probleme erkennen, formulieren, möglichst selbständig lösen und die Problemlösungen in der Praxis prüfen und schöpferisch anwenden können.* Ein solches produktives, selbständiges Lernen gibt dem Schüler den echten Anreiz des Suchens und Forschens und ist von hohem Motivationswert. Insofern liegen hier die

<sup>81</sup> Besonders Haspas, K.: Aufbauphysik, a. a. O.

<sup>82</sup> Haspas, K.: Zur Entwicklung und zum gegenwärtigen Stand der Methodik des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In: Wissenschaftliche Zeitschrift der Humboldt-Universität, XVI (1967), 2, S. 279.

<sup>83</sup> Dietz, B./Kuhrt, W.: Durch richtige Problemstellung im Unterricht zu höheren Lernergebnissen. In „Pädagogik“, 15 (1960), H. 7, S. 596 ff.

<sup>84</sup> Kupisiewicz, G.: Über die Effektivität einiger Methoden im naturwissensch. Unterricht. In „Pädagogik“, 15 (1960), H. 10, S. 906.

<sup>86</sup> Barker, D.: Primary school science. Education research London 7 (1965), 2, S. 155.

Anfänge einer wissenschaftlich-produktiven Tätigkeit vor, auch wenn es sich selten um „echte“ Forschungsprobleme und Ergebnisse handelt [Vgl. Forschungsunterricht von Günther in Deutschland (↑ S. 139); „Methode des Entdeckens“ (discovery method) in England; die Methode des „trial-and-error“ in den USA (↑ S. 141)]. Diese didaktischen Erfahrungen sind psychologisch determiniert. Der objektive Verlauf des äußeren Erkenntnisprozesses (von der lebendigen Anschauung über die abstrakte Verarbeitung zur Prüfung der Erkenntnis in der Praxis) kann bekanntlich auch didaktisch-psychologisch interpretiert werden. Danach verläuft der in den Unterrichtsprozeß integrierte innere Erkenntnisprozeß des Schülers von einer *Problemstellung* über die *Lösung des Problems* zur Befestigung der Problemlösung durch ihre *Anwendung* in der Praxis, die wiederum den gedanklichen Schritt der Verallgemeinerung enthält.<sup>88, 87</sup>

Am Beginn des Erkenntnisprozesses steht demnach die Problemsituation<sup>88</sup>, aus der sich die Problemstellung ergibt, der schließlich die Problemlösung oder wenigstens der Versuch dazu erwächst.<sup>89</sup>

Weil der Unterricht ein gesteuerter bzw. geregelter Prozeß ist (↑ Abschnitt 5.1.1.), muß die Problemsituation vom Lehrer provoziert und die Problemlösung geleitet werden. Die Untersuchungen von Weck<sup>90</sup> zeigen, daß ein „wesentliches Merkmal jeder Problemsituation ein Widerspruch zwischen Wissen und Nichtwissen ist“, also auf Wissenslücken im System des Wissens und Könnens des Schülers hinweise. Andererseits kann auch eine Konfliktsituation dadurch hervorgerufen werden, daß Erfahrungen des Schülers, etwa aus dem täglichen Leben, mit wissenschaftlichen Erkenntnissen nicht übereinstimmen (Untersuchungen von Wygotski und U. Manthei). Solche Konfliktsituationen stimulieren mit hoher Effektivität das Streben nach Lösen des Widerspruchs und befruchten in starkem Maße den Lernprozeß (↑ Abschnitt 5.1.1.).

Der Lehrer kann Problemsituationen z. B. durch Überraschungsversuche, Problemversuche<sup>91</sup>, Denkaufgaben, Zitate aus der Literatur<sup>92</sup> setzen.

Zur Lösung des Problems wird ein Gefüge verschiedener, z. T. schon beschriebener Methoden (Analyse, Synthese, Induktion, Deduktion) eingesetzt.

Dabei läßt sich die folgende algorithmische Handlungsvorschrift für die Schülertätigkeiten aufstellen, die an einem Beispiel aus der Optik (Kl. 10 Lichtbrechung) erläutert wird.<sup>93</sup>

Die Problemmethode ist von hohem didaktischem und erkenntnistheoretischem Wert, weil sie der Erkenntnisfindung des Wissenschaftlers am nächsten kommt. Mit ihrer Hilfe vermag man ohne Zweifel am besten die Aufgabe zu lösen, in didaktisch angepaßter Weise die wissenschaftliche Methodologie im Unterricht zu lehren und die schöpferische Kraft der Schüler zu entwickeln. Aber das ist nur eine, wenn auch wichtige Teilaufgabe des Physikunterrichts. Andere Aufgabenstellungen erfordern andere Methoden. Es ist deshalb eine überspitzte Forderung,

<sup>86</sup> Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allg. Psychologie. S. 440 ff.

<sup>87</sup> Rubinstein, S. L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung, S. 26.

<sup>88</sup> Weck, H.: Selbständiges Problemerkennen und Problemlösen.

<sup>89</sup> Bezüglich der gleichen Problematik für Schülerexperimente vgl. man die Arbeit von Schreiter, H.: Zur Typologie der physikalischen Schülerversuche, Dissertation an der TU Dresden 1966, S. 52 f.

<sup>90</sup> Weck, H.: Leistungssteigerung durch Problemstellen. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 3, S. 128 ff.

<sup>91</sup> Vgl. hierzu: Weck, a. a. O., der zahlreiche Problemversuche angibt und sie in bestimmter Weise klassifiziert.

<sup>92</sup> von Krbeck, F.: Erlebte Physik. Akademische Verlagsgesellschaft, Leipzig 1956.

Makojewa, G. P./Zedrik, M. S.: Verwunderliches aus der Physik. Teubner, Leipzig 1966.

Perelman, J. T.: Unterhaltsame Physik. Teil 1, Teil 2, (1962), Teil 3 (1963). Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962 u. 1963. Oder aus der großen Literatur:

Swift, J.: Reisen des Lemmel Gulliver. Hütten und Loening, Berlin 1954. Cyrano de Bergerac: Geschichte der Mondstaaten. Dielerich, Leipzig 1952. Bürger, G. A.: Wunderbare Reisen des Freiherrn von Münchhausen.

Dielerich, Leipzig 1954. Eine andere Quelle sind die populärwissenschaftlichen Zeitschriften, z. B. Jugend und Technik, Wissenschaft und Fortschritt.

<sup>93</sup> Zur Versuchsanordnung vgl. man Physikunterricht, Methodisches Handbuch für den Lehrer. S. 35.

## Algorithmus für die Problemmethode

Schrittfolge	Schülertätigkeit
1. Erfassen der Problemsituation und Wahrnehmen des Problems	1. Beobachten des Lehrerexperiments (Luftlinse in Wasser)
2. Erkennen des Problems, Problemstellung	2. Formulieren des Problems: Wie kommt es, dass eine Konvexlinse paralleles Licht zerstreut?
3. Vermuten durch Herstellen von Beziehungen zwischen dem Bekannten und dem Neuen	3. Reproduzieren von Überlegungen über Lichtbrechung und Brechungsgesetz
4. Aufstellen von Hypothesen zur Lösung des Problems tere Medium handeln."	4. „Es muß sich um Übergänge vom dichteren ins dünnere und wieder ins dichtere Medium handeln."
5. Anwenden der Hypothesen auf die Problemsituation mit dem Versuch seiner Lösung durch Ersinnen experimenteller Handlungen	5. Das brechende Medium der Linse besteht (nach 4) aus einem dünneren Medium, z.B. Luft; Konstruktion des Strahlenverlaufs (z.B. Tafelzeichnung) müßte durch Untersuchungen der Linse nachgeprüft werden.
6. Bestätigung oder Verwerfung der Hypothese durch das Experiment	6. Nachprüfen der Linse, Bestätigung der Hypothese
7. Bei Bestätigung Anwendung der Problemlösung auf neue Sachverhalte. Bei Verwerfung neue Hypothesenbildung und Wiederholung des 5. und der folgenden Schritte.	7. Experimentelle Untersuchung einer Glaslinse im Wasser (Nachprüfen der aus 5 folgenden neuen These, daß die Brennweite im Wasser vergrößert wird)

„daß der gesamte Physikunterricht eine Kette von eng verbundenen Problemen bildet“<sup>94</sup>. Die Problemmethode führt die Schüler zur Lösung an sich bekannter Probleme. Erich Günther erweiterte sie 1922 zum *Forschungsunterricht*, den er folgendermaßen definiert: „Die Methode ist dadurch gekennzeichnet, daß ein in der Literatur noch nicht oder doch noch nicht in dieser Form bearbeitetes Problem, so wie es organisch aus dem Unterricht herausgewachsen ist, an die Spitze der weiteren Betrachtungen gestellt wird und von Schülern und Lehrern gemeinsam experimentiert und theoretisch soweit wie möglich der Lösung zugeführt wird.“<sup>95</sup> Die Methode kann mit dieser Zielsetzung in der Schule kaum verwirklicht werden. Eine ansatzweise Anwendung könnte sie in Arbeitsgemeinschaften und zur Förderung spezieller Begabungen finden. Bezüglich Einzelheiten sei auf eine Arbeit von Heermann<sup>96</sup> verwiesen.

In der pädagogischen Literatur findet man zunehmend die Methoden des **Schwarzen Kastens** (black box) und des **Versuchs und Irrtums** (trial and error) erwähnt. Beide Methoden stammen aus der technischen Praxis, sind in den letzten 20 Jahren Bestandteile der kybernetischen Betrachtungsweisen geworden und werden seit etwa 10 Jahren auf pädagogische Fragen angewendet.

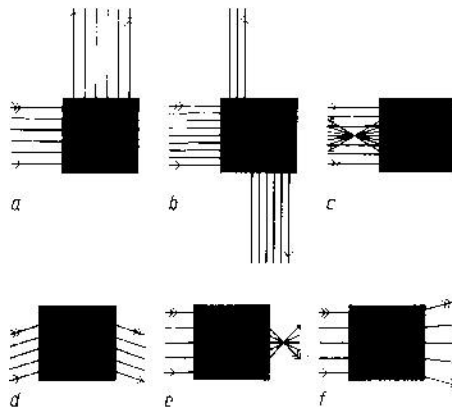
Unter der *black-box-Methode* versteht man ein Verfahren, bei dem ein mehr oder weniger bekanntes System (black-box) durch äußere Einwirkungen (inputs) untersucht und durch seine Reaktionen (outputs) besser erkannt wird. Beispiele aus der Technik:

<sup>94</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 59.

<sup>95</sup> Günther, E.: Wesen und Methode des Forschungsunterrichts. Unterrichtsblätter f. Mathematik und Naturwissenschaften XXVIII (1922), S. 81.

<sup>96</sup> Heermann, Chr.: Über die Einführung von Schülern in die wissenschaftliche Forschungsarbeit. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 10/11.

Fehlersuche in elektrischen Geräten (Radio, Fernseher) oder im Kraftfahrzeug; aus dem Unterricht: Fehlersuche in elektrischen Experimentierschaltungen; Problemstellungen bei Überraschungsversuchen. Hier zeigt sich ein Zusammenhang mit der Problemmethode, der vor allem in der Hypothesenbildung liegt, die zur experimentellen Prüfung des Systems und je nach deren Ausgang zur Verbesserung des „inneren Modells“ führt (↑ Abschnitt 4.1.1.).



Ein unterrichtsmethodisches Beispiel aus der Klasse 6 zeigen die Aufgabenstellungen 203 und 215 aus dem Lehrbuch Klasse 6 (1967) (Bild 27), wo nach dem optischen Gerät (= unbekannter Teil des Systems) gefragt wird, das im Inneren des schwarzen Kastens verborgen ist. Analyse: Bild 27 d z. B. gestattet offensichtlich 3 Hypothesen:

1. Das Innere enthält einen Planspiegel (Reflexion).
2. Das Innere enthält ein Prisma (Brechung).
3. Das Innere enthält eine Flüssigkeit (Totalreflexion).

Bild 27 black-box-Aufgaben aus Klasse 6

Hypothese 3 entfällt für diese Klassenstufe, bleiben 1 und 2 übrig; also: Der Kasten enthält einen Spiegel oder ein Prisma (Bild 28).

Eine Entscheidung bringt eine Variation der inputs: Der Einfallswinkel wird geändert (z. B. vergrößert). Wird der Ausfallswinkel (= Output) vergrößert, handelt es sich um einen Spiegel, wird er verkleinert, um ein Prisma (gestrichelte Strahlengänge im Bild 28). Damit ist das erste innere Modell verbessert; eine endgültige Entscheidung (z. B. über Hypothese 3) kann nur durch weitere inputs (entsprechend der Entwicklung der Wissenschaft bzw. der Schülerkenntnisse) oder durch Zerstörung des Kastens herbeigeführt werden.

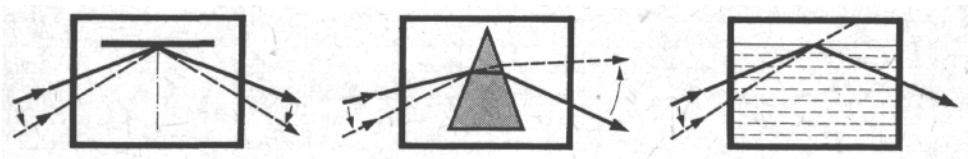


Bild 28 „Inneres Modell“ eines schwarzen Kastens nach Bild 27d durch Variation der Inputs erkundet

Ein anderes Beispiel aus der Mechanik der Kl. 7 beschreibt Wehner.<sup>97</sup>

Ein weiteres Beispiel stammt aus den Aufgaben der 2. Internationalen Physikolympiade

1968.<sup>98</sup> Hier lautet die praktische Aufgabe:

„Sie erhalten drei verschiedene Büchsen, die keinesfalls geöffnet werden dürfen.

In jeder

Büchse ist ein elektrisches Schaltelement eingebaut.

a) Bestimmen Sie, was für ein Schaltelement in der Büchse ist!

b) Bestimmen Sie die charakteristischen Daten der Schaltelemente!“

Zur Verfügung standen zwei Universalmeßinstrumente und je eine Spannungsquelle für Gleich- und Wechselspannung.

<sup>97</sup> Wehner, R.: Über die Behandlung der einfachen kraftumformenden Einrichtungen nach dem präzisierten Lehrplan für die Kl. 7. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 6, S. 283.

<sup>98</sup> Vgl. den Bericht hierüber in „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 9, S. 411.

Der Algorithmus hat wegen der inneren Verwandtschaft mit der Problemmethode einen ähnlichen Aufbau:

1. Beobachten und Analyse der Erscheinung
2. Bilden von Hypothesen durch Vergleich mit Bekanntem
3. Ableiten von (experimentellen) inputs aus den Hypothesen
4. Prüfen des Systems mit den inputs und Aufstellen eines ersten inneren Modells aus der Deutung der Outputs
5. Variation der inputs und Aufstellung eines zweiten (verbesserten oder endgültigen) inneren Modells

Erkenntnistheoretisch bedeutet das Verfahren das Fortschreiten von relativen Wahrheiten niederer Stufe zu solchen höherer Stufe und ist somit ein Abbild des Fortschreitens der Wissenschaft. Das Beispiel zeigt, wie diese Erkenntnis des dialektischen Materialismus bereits in niederer Klassenstufe sinnbildlich eingeführt werden kann. Ist das zu untersuchende System hinsichtlich Struktur oder Funktion gänzlich unbekannt, muß man es entweder durch Analyse in Teilelemente zerlegen, von denen einzelne bekannt sind, oder die inputs rein zufällig wählen und aus den Outputs entsprechende Schlüsse ziehen (Lösen durch Probieren, deshalb *Methode des Versuchs und Irrtums*). Geschichtliche Beispiele spannen sich von der Alchemie bis zu Plancks Entdeckung des elementaren Wirkungsquantums<sup>99</sup> und den Mutationsversuchen mit Hilfe radioaktiver Strahlen. Im Physikunterricht wird diese Methode kaum angewendet; im Chemieunterricht ist die qualitative Analyse ein gutes Beispiel. Daß es hierfür sehr genaue Algorithmen gibt, zeigt jedes Lehrbuch der analytischen Chemie.

Im pädagogischen Bereich sind die Klasse oder der einzelne Schüler für den Lehrer mit einer black-box vergleichbar. Beim gegenwärtigen Stand der pädagogischen und psychologischen Wissenschaften kennt er jeweils nur mehr oder weniger begrenzte Teilsysteme hinsichtlich Struktur und Funktion. Lehr- und Lernprozeß sind noch weitgehend unerforscht; die Einwirkungen des Lehrers (seine inputs) unterliegen noch häufig Zufälligkeiten und grenzen stellenweise an die Methode des trial and error.

So können auch Lehrprogramme aus dem programmierten Unterricht (↑ Kapitel 6) mehr oder weniger als eine black-box betrachtet werden. Die Outputs (= Lernergebnisse bei den Schülern) bewirken eine Verbesserung des „inneren Modells“ des Kastens (= Lehrprogramm) durch die Berücksichtigung der Effektivität der Lernergebnisse und der damit zusammenhängenden Verbesserung des Lehrprogramms (= inputs).

### 5.2.3. *Didaktische und methodische Grundformen zur Festigung und Kontrolle des Gelernten*

#### 5.2.3.1. *Festigung des Gelernten*

Die Festigung des Gelernten im Physikunterricht ist sehr vielgestaltig. Sie darf nicht allein auf die Reproduktion von Wissen oder auf eine Festigung in der Anwendung bestimmter praktischer Tätigkeiten gerichtet sein, sondern muß der Formung aller Seiten der Persönlichkeit dienen. Sie ist deshalb ein sehr bedeutsames Element der pädagogischen Einwirkung und häufig sogar der entscheidende Faktor für den Unterrichtserfolg. Durch den Prozeß der Festigung werden Elemente des Wissens aus dem Gedächtnis reproduziert und, z. T. in umstrukturierter Form, wieder im (Langzeit-)Gedächtnis gespeichert.

Es gibt im Unterricht erfahrungsgemäß nur sehr wenige Situationen, bei denen das erste Bekanntwerden, die Einführung in den Gegenstand, bereits nachhaltige Wirkungen auf die Per-

<sup>99</sup> Planck, M.: Wege zur physikalischen Erkenntnis. Verlag Hirzel, Leipzig 1934, S. 76.

sönlichkeit ausübt. Solche Situationen sind meist von einer starken emotionalen Wirkung begleitet; im Physikunterricht können sie bei historischen Schilderungen, aber auch bei der Konfrontation mit Leistungen der modernen Technik (z. B. beim ersten Besuch eines Kraftwerks) entstehen. Daraus aber abzuleiten, allen Unterricht — im Interesse der Festigung des Gelernten — auf diese Weise zu gestalten, wäre falsch; eine Überhäufung mit „Attraktionen“ stumpft die Schüler emotional leicht ab (↑ Abschnitt 5.1.2.).

Die Festigung des Gelernten muß, strenggenommen, als ein immanentes Element eines jeden Unterrichts betrachtet werden. Es gibt kaum Gegenstände, die nicht der Festigung bedürfen; das Vergessen von Wissen und das Schwinden von Fertigkeiten sind Erscheinungen, die sich einstellen, wenn das Gelernte nicht reaktiviert wird. Außer der immanenten Festigung und bestimmter spontaner Prozesse, die faktisch zur Festigung von Gelerntem beitragen, bedarf es geplanter und zielstrebig durchgeführter Maßnahmen im Unterricht.<sup>100</sup>,

Selbstverständlich wird nicht alles, was die Schüler im Unterricht aufgenommen und verarbeitet haben, in gleicher Weise auch gefestigt. Einer besonders sorgfältigen Festigung bedürfen das Grundwissen und die grundlegenden Fertigkeiten; ein Teil des ergänzenden Wissens wird dagegen nicht gefestigt, sondern — z. B. durch Notieren — außerhalb des Gedächtnisses gespeichert. Die Schüler müssen also nicht nur lernen, Wissen fest einzuprägen, sondern auch die Fähigkeit erwerben, „Wissen zu vergessen“, wenn sie es notiert haben.

Die Lernweise der Schüler bei der Festigung ist hauptsächlich reproduktiv, applikativ und produktiv, zum Teil auch rezeptiv, denn vielfach ist die Festigung des Gelernten mit neuen Einsichten in die Zusammenhänge, die zwischen dem Lerngegenstand und anderen Erkenntnissen bestehen, verbunden. Rein reproduktive Leistungen werden eigentlich nur beim Einprägen (Wiederholen) bestimmter Aussagen oder Abläufe (Training) gefordert; in allen anderen Fällen treten applikative und produktive Lernleistungen (z. B. beim Anwenden des Gelernten) oder, wie bereits erwähnt, rezeptive Leistungen (z. B. beim Systematisieren, wenn neue Erkenntnisse — nämlich über den Systemzusammenhang — erworben werden) hinzu. Bezüglich der Lehrweise spielen vor allem die Anregung (in Form einer Aufgabenstellung oder eines entsprechenden Impulses) und die Anleitung eine wesentliche Rolle, aber auch die Darbietung — vor allem beim Aufzeigen neuer Zusammenhänge — ist für die Festigung des Gelernten nicht ohne Wert.

Auch bei der Festigung des Gelernten kommt dem *Lehrervortrag* als didaktische Grundform eine wesentliche Bedeutung zu. Mit seiner Hilfe kann das zu Festigende ins Bewußtsein der Schüler zurückgerufen (wiederholt) und unter verschiedenartigen Gesichtspunkten geordnet (systematisiert) werden. Zum Beispiel kann auf Verbindungen zur Praxis, vor allem zur Technik, hingewiesen oder das Erkannte durch eine historische Betrachtung erläutert, illustriert oder fundiert werden.

Bei der Festigung des Gelernten ist auch Gelegenheit, weltanschauliche Verallgemeinerungen und Gedanken, die von den Schülern nicht selbständig aufgefunden oder erarbeitet werden können, in einprägsamer und anschaulicher Weise vorzutragen. Ebenso wie der Lehrervortrag hat auch das *Unterrichtsgespräch* seinen Wert für die Festigung des Gelernten; vielfach ist es sogar hierfür besser geeignet als der Lehrervortrag, da es der Aktivität der Schüler größeren Raum gibt und Korrekturen falscher Auffassungen der Schüler durch den Lehrer besser gestattet. So kann das Unterrichtsgespräch bei der Wiederholung Auskunft darüber geben, ob wirklich das Erforderliche von den Schülern erfaßt wurde.

Besonders wichtig für die Festigung des Gelernten sind die vielfältigen Formen der *selbständigen Schülertätigkeit*.

<sup>100</sup> Scholz, K.: Durch neue Formen der Übung und Wiederholung zu anwendungsbereitem Wissen und Können. (Phys. Kl. 6), Pädagogische Lesung 1967.

Auch bei der Festigung des Gelernten ist — wie bei der Einführung in einen neuen Gegenstand — eine klare Zielorientierung für die Schüler erforderlich. Das gilt besonders für das Arbeiten mit Informationsquellen. Stehen die *Festigung von Kenntnissen* und die *Entwicklung geistiger Fähigkeiten* bei der Festigung des Gelernten im Vordergrund, so haben hierfür Planung, Durchführung und Auswertung von *Experimenten zur Anwendung des Gelernten* besonderes Gewicht (↑ Abschnitt 5.3.2.).

Weiterhin ist für die Festigung des Wissens die *selbständige Arbeit mit dem Schulbuch* bedeutsam. Wenn der Lehrer dem methodischen Weg des *Lehrbuchs* folgt, so wird der Schüler beim stillen Arbeiten im Unterricht oder beim häuslichen Lernen dennoch neue Gedanken erschließen, Gehörtes (oder Gesehenes) sich ins Bewußtsein zurückrufen und Gedächtnislücken, die durch Unaufmerksamkeit oder Vergessen entstanden sind, füllen können. Weicht der Lehrer im Unterricht dagegen vom methodischen Weg des Lehrbuchs ab, so steht der Schüler bei der Auseinandersetzung mit dem Gegenstand zunächst vor einer neuen Situation, und es bedarf mancher Überlegungen, ehe die Verbindung zwischen dem im Unterricht Aufgenommenen und dem Text des Buches hergestellt ist. Das muß der Lehrer beachten, und er sollte deshalb besonders im Anfangsunterricht der Physik in Klasse 6 den Schülern diesbezügliche Anleitungen und Hinweise geben. Oftmals sind mangelnde Lernergebnisse in den höheren Klassen (oder in den weiterführenden Bildungseinrichtungen) nicht in erster Linie auf fehlende geistige Dispositionen oder Konzentrationsschwäche, sondern auf mangelnde Beherrschung des Einprägens mit Hilfe des Lehrbuchs und anderer Lernhilfen zurückzuführen.

*Wissenspeicher* in Form von, Nachschlagewerken, Tabellen, Formelsammlungen u. ä. können bei der Festigung des Gelernten besonders dem Ausfüllen einzelner Wissenslücken, dem Rekapitulieren größerer Zusammenhänge oder als Materialgrundlage für die Lösung angewandter Aufgaben dienen; für ein systematisches Einprägen des Stoffes mit seinen inneren Zusammenhängen und äußeren Beziehungen sind sie nicht so gut geeignet wie methodisch aufgebaute Lehrbücher.

Eine wirkungsvolle Form der selbständigen Schülertätigkeit bei der Festigung des Gelernten ist das Lösen *spezieller Aufgaben*, vor allem vielfältiger Denkaufgaben. Bei den Denkaufgaben soll häufig aus bekannten Zusammenhängen ein bestimmter Einzelfall vorwiegend deduktiv gefolgert werden.

Als Beispiel solcher Aufgaben seien genannt: Wie verhalten sich a) ein Hauptschlußmotor, b) ein Nebenschlußmotor bei Leerlauf und bei Belastung? (Elektrizitätslehre, Kl. 9). Oder (nach Grimsehl): Auf einer Tafelwaage steht eine Person, die Waage ist austariert. Was geschieht, wenn diese Person in die Kniebeuge geht? (Mechanik, Kl. 7, oder Kl. 9.) Zahlreiche weitere „qualitative“ Aufgaben ähnlichen Charakters findet man in der Fachliteratur.<sup>101</sup>

Die gleiche Rolle wie Aufgaben dieser Art können Aufforderungen an die Schüler, bestimmte reale Sachverhalte und Beobachtungen physikalisch zu erklären, einnehmen. Wird bei der Festigung des Gelernten hauptsächlich die *Entwicklung und Vervollkommnung des Könnens* (der Fertigkeiten) beabsichtigt, so sind experimentelle Arbeiten, der Umgang mit physikalischen Geräten und das Lösen von Anwendungsaufgaben, besonders von quantitativen Aufgaben, auf allen Klassenstufen zweckmäßig. Bei den Experimenten dieser Art handelt es sich vor allem um die Wiederholung bereits bekannter oder selbst ausgeführter Versuche (vielfach aber mit einer anderen Versuchsanordnung), ebenso um Reihenversuche (↑ Abschnitt 5.3.1.3.), bei denen bestimmte Parameter variiert werden, und um die Ausführung von Beobachtungen, besonders aber von Messungen (↑ Abschnitt 5.3.2.2.). Die *Anwendungsaufgaben* erfordern in der Hauptsache Berechnungen, die von einem

<sup>101</sup> Zum Beispiel Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 150 ff.

physikalischen, d. h. in dimensionierten Größen gegebenen oder vom Schüler selbständig zu entwickelnden Ansatz ausgehen. Deshalb ist neben der rechnerischen Richtigkeit auch die Richtigkeit der Operationen mit Größen zu überprüfen (Dimensionsprobe). Es ist zweckmäßig, auch Anwendungsaufgaben zu stellen, die Zeichnungen (Skizzen), Diagramme oder geometrische Konstruktionen erfordern. Für solche geometrischen Konstruktionen geben vor allem die Mechanik (z. B. Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften, Beschleunigungen, Geschwindigkeiten u. a.) oder die geometrische Optik ausreichend Stoff. Eine große Anzahl von Aufgaben dieser Art sind gleichfalls in der Literatur<sup>102</sup> zu finden.

Aufgaben aller Art können den Schülern mit Hilfe vorbereiteter *Arbeitsblätter* gestellt werden<sup>103</sup> (↑ S. 187 und 192).

Der Festigung des Gelernten dient zu einem Teil die *häusliche Arbeit* der Schüler. Sie kann verschiedene Formen annehmen, ihre Hauptform im Physikunterricht ist das Lernen mit Hilfe des Lehrbuches, des Merkheftes und anderer Wissenspeicher, nicht die umfangreiche schriftliche Ausarbeitung. Schriftliche Arbeiten, wie sie z. B. im Mathematikunterricht, im Deutschunterricht und in den Fremdsprachen gefordert werden, verbieten sich für den Physikunterricht. Es wäre prinzipiell falsch, der Unterrichtsstunde die Einführung und der häuslichen Arbeit die Festigung als unterrichtliche Funktion zuzuschreiben; Grundsatz muß vielmehr sein, die häusliche Arbeit der Schüler in Physik auf ein Mindestmaß zu reduzieren. Als schriftliche Hausaufgabe kommt höchstens die Lösung von Anwendungsbeispielen in Betracht. Eine andere Form der häuslichen Arbeit ist der Schülerversuch, über sein Ergebnis sollte in der Regel nur mündlich berichtet werden (↑ Abschnitt 5.3.2.6.). Bei der Wahl der methodischen Grundform für die Festigung des Gelernten ist zu beachten, daß *sich in der Regel bei der Festigung ein anderer Gedankengang, ein anderer logischer Ablauf des Unterrichts empfiehlt als bei der Einführung des betreffenden Gegenstandes.*

Das gilt auch, wenn Bekanntes wiederholend ins Bewußtsein der Schüler zurückgerufen werden soll. So können z. B. physikalische Zusammenhänge oder Gesetzmäßigkeiten, die bei ihrer Einführung induktiv erarbeitet wurden, nunmehr bei der Festigung deduktiv aus den allgemeinen Erkenntnissen abgeleitet werden; auch der umgekehrte Weg ist möglich, doch wird er seltener Anwendung finden können. Wenn in den Vortrag zur Festigung des Gelernten Demonstrationen einbezogen werden, so ist zu empfehlen, andere Gegenstände zu wählen und auch andere Experimente (bzw. das gleiche Experiment mit einer anderen Versuchsanordnung und anderen Mitteln und Parametern) vorzuführen. Es besteht sonst die Gefahr, daß die Schüler in ihrem Denken einen physikalischen Zusammenhang einzig mit dem gezeigten Gerät verbinden. Das Wiedererkennen des gleichen physikalischen Vorganges bei verschiedenen technischen Anwendungen wird den Schülern erschwert, wenn sie nicht durch die Variation der nebensächlichen Elemente zur Abstraktion des Hauptsächlichen gelenkt werden. Werden z. B. die geometrisch-optischen Erscheinungen sowohl bei der Einführung als auch bei der Festigung (in Kl. 6) nur an der Hartischen Scheibe demonstriert, so kann es den Schülern schwerfallen, sich von dieser Betrachtungsweise zu lösen (↑ Abschnitt 5.3.1.3).

Allgemein betrachtet, eignen sich für die Festigung des Gelernten vor allem jene methodischen Grundformen, die den Schülern ein *hohes Maß an Aktivität und Selbständigkeit* beim Aufsuchen und Verfolgen des Gedankenganges abfordern. Dazu gehören besonders die *analytisch-synthetischen Methoden*, das *Fortschreiten in Konkretionsreihen*, *Problemstellung und -lösung*. Die *forschenden Methoden* können bei der Festigung vor allem dann nutzbringend angewendet werden, wenn es sich um eine vom Schüler selbständig

<sup>102</sup> Zum Beispiel Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 152 ff.

<sup>103</sup> Siehe z. B. Unterrichtshilfen-Physik. 6. Klasse, 1967; 7. Klasse, 1968; 8. Klasse, 1969.

auszuführende Untersuchung eines ihm unbekanntem Sachverhalts handelt, mit der das Ziel verfolgt wird, das Können, besonders die Fähigkeiten in der Anwendung wissenschaftlicher Methoden, zu entwickeln. Diese anspruchsvolle, aber bildungswirksame methodische Form der Festigung des Gelernten kommt vor allem in den höheren Klassen der Oberschule und in der Erweiterten Oberschule in Betracht.

#### 5.2.3.2. Kontrolle der Ergebnisse

Die Kontrolle der Ergebnisse des Unterrichts verfolgt ein zweifaches Ziel: Sie soll eine Grundlage für die weitere Planung und Durchführung des Unterrichts (im Sinne einer Rückkopplung zur Steuerung des Unterrichtsprozesses; ↑ Abschnitt 5.1.) schaffen und die Bewertung der Schüler durch Verbalurteile und Zensuren (Noten) ermöglichen. Pädagogisch wirksam ist nicht nur der eigentliche Kontrollvorgang, sondern auch — vielfach sogar in noch höherem Maße — die Vorbereitung der Schüler auf die Prüfung. Die Prüfungsvorbereitung dient der Festigung des Gelernten, der Ausfüllung von Gedächtnislücken und der Charakter- und Willensbildung.

Auf die besonderen Möglichkeiten und Verfahren der Kontrolle (z. B. Fragetechnik, Gesprächsführung) braucht hier nicht näher eingegangen zu werden; sie gelten im Fach Physik wie in jedem Unterrichtsfach und sind Gegenstand der allgemeinen Didaktik.<sup>104</sup> Es erscheint aber noch der Hinweis notwendig, daß die Kontrolle der Unterrichtsergebnisse nicht die einzige Grundlage für eine Gesamteinschätzung der Persönlichkeit des Schülers bilden kann; eine solche Einschätzung erfordert auch eine Analyse weiterer, nur durch langfristige Beobachtungen feststellbarer Persönlichkeitseigenschaften, die hauptsächlich im Gesamtverhalten zum Ausdruck kommen.

Bei der Kontrolle der Ergebnisse stehen die reproduktive, die applikative und die produktive Lernweise der Schüler eindeutig im Vordergrund. Dementsprechend überwiegt die anregende, „fordernde“ Lehrweise; sie kann unterbrochen — und unterstützt — werden durch Elemente der Anleitung.

Da eine immerwährende Kontrolle jedes einzelnen Schülers nicht möglich ist<sup>105</sup>, sind im Hinblick auf die Bewertung der Schüler neben individuellen auch frontale Kontrollen (z. B. Klassenarbeiten, Klassenbefragungen) notwendig. Bei der Lenkung des Unterrichtsprozesses, bei der Festlegung einzelner didaktischer und methodischer Schritte muß sich der Lehrer außerdem auf Ergebnisse von Zwischenfragen, Beobachtungen der Aufmerksamkeit und der Aktivität der Schüler u. ä. stützen.

Solche Beobachtungen des Verhaltens haben natürlich auch ihren Wert für die Beurteilung der Schüler, vor allem ihres Verhaltens im Unterricht. Werden sie mit den Leistungen in Beziehung gesetzt, so müssen die verschiedenen Gewichte, z. B. einer Einzelantwort und einer Aussage über einen größeren Gegenstand in Form einer Klassenarbeit, sorgfältig beachtet werden.<sup>106</sup>

Eine der häufigsten und zweckmäßigsten didaktischen Grundformen der Kontrolle des Gelernten ist das *katechetische Unterrichtsgespräch*, das Zusammenspiel von Lehrerfrage und Schülerantwort.

Grundsatz jedes katechetischen Unterrichtsgesprächs ist, daß der Schüler im Mittelpunkt steht und soweit wie möglich selbständig antwortet. In der Regel sollte der Lehrer erst dann die Katechese weiterführen, wenn deutlich zu erkennen ist, daß der Schüler seine Ausführungen beendet hat oder den Gedanken nicht mehr selbständig fortzusetzen vermag. Die Fragen zur Einleitung eines katechetischen Gesprächs werden im allgemeinen so gestellt, daß sie sich auf einen umfassenderen Gegenstand beziehen und vielfältige Leistungen, nicht allein eine bloße Reproduktion von Fakten, von den Schülern fordern. Sie sollen vor allem auch das Können

<sup>104</sup> Zum Beispiel Schulpädagogik, Teil I, Didaktik, a. a. O., und Abriss der allgemeinen Didaktik, a. a. O.

<sup>105</sup> Vgl. hierzu Ansätze durch den programmierten Unterricht (Abschnitt 6.2.).

<sup>106</sup> Vgl. dazu: Rassel, S.: Die Kontrolle der Schülerleistungen und ihre Beeinflussung durch Planung des Lehrstoffes und der sich daraus ergebenden Gestaltung des Unterrichts. Pädagogische Lesung 1968.

der Schüler, das Erkennen von Zusammenhängen und das Anwenden des erworbenen Wissens, zu überprüfen gestatten. Im Verlaufe des Gesprächs haben selbstverständlich auch Fragen nach Einzelkenntnissen ihre Bedeutung.

Um unterscheiden zu können, ob die Schüler einen Gegenstand wirklich erfaßt haben oder lediglich mechanisch Auswendiggelerntes wiedergeben, muß der Lehrer häufig weiterführende Fragen oder Aufforderungen formulieren. So läßt z. B. die Antwort auf die Frage „Wie lautet das Weg-Zeit-Gesetz der gleichmäßig beschleunigten Bewegung?“ (Mechanik, Klasse 9) nicht erkennen, ob der physikalische Inhalt richtig erfaßt wurde. Deshalb empfiehlt es sich in diesem Beispiel<sup>107</sup>, statt dessen — oder im Anschluß daran — zu fragen: „Welchen Weg legt ein frei fallender Körper in 6 Sekunden zurück?“ oder „In welcher Zeit fällt ein Stein vom Dach eines 20 m hohen Hauses?“ Besonderes Augenmerk erfordern Definitionsfragen. Wird z. B. die Frage „Was ist Kraft“ (Mechanik, Klasse 7) gestellt, so erkennen die Schüler vielleicht nicht sofort, daß sie eine exakte Definition geben sollen, und beginnen, einzelne Merkmale oder Wirkungen aufzuzählen. Deshalb ist es günstiger, die Schüler unmittelbar aufzufordern, die Definition zu nennen<sup>108</sup>: „Definiere den Begriff ...“ oder zu fragen „Was verstehen wir unter dem Begriff ...“. Definitionsfragen sollen vor allem in den höheren Klassen gestellt werden; in den niederen Klassen wird sich der Lehrer oftmals mit einer Aufzählung einzelner Merkmale des Begriffs begnügen; er muß dann aber die Frage so stellen, daß sie nicht als Definitionsfrage mißverstanden werden kann. Eine gewisse Sonderstellung haben die Definitionen der Gesetzlichen Einheiten; diese Definitionen müssen von den Schülern vom Zeitpunkt ihrer Einführung im Unterricht an exakt wiedergegeben werden können.

Manche Methodiker empfehlen, auf Definitionsfragen weitgehend zu verzichten; dem kann nicht voll zugestimmt werden, zumal vom Lehrplan die Kenntnis der wesentlichen physikalischen Größen und ihrer Definitionen gefordert wird.

Manche Fragen können so gestellt sein, daß sie eine umfassende Betrachtung und Darlegung eines Sachverhaltes fordern, wie: „Welche Unterschiede in der Funktionsweise bestehen zwischen einem elektrischen Reihenschluß - und einem Nebenschlußmotor?“ (Elektrizitätslehre, Klasse 9). Diese Art zu fragen, leitet zu Formen der Kontrolle der Ergebnisse über, die zur didaktischen Grundform der *selbständigen Schülertätigkeit* gehören. Eine ähnliche Stellung zu den didaktischen Grundformen hat auch die *verdichtete Befragung*, die von Resnikow, Peryschkin und Snamenski<sup>109</sup> empfohlen wird. Bei dieser Form der Kontrolle werden zwei Schülern gleichzeitig vorbereitete Aufgaben komplexen Charakters gestellt; während der eine Schüler antwortet, bereitet der andere die Lösung (z. B. an der Tafel) vor. Nach Beendigung der Kontrolle des ersten Schülers wenden Lehrer und Klasse ihre Aufmerksamkeit dem zweiten Schüler zu. Die Vorteile dieser Form liegen vor allem in der rationellen Ausnutzung der Zeit, auch der Zeit für die unmittelbare Vorbereitung der Schüler auf die Prüfung.

*Schülerreferate* haben ihren Ort vor allem in den höheren Klassen (besonders in den Klassen 9 und 10 sowie in der Erweiterten Oberschule). Sie können sich auf die Beschreibung von Gegenständen und Erscheinungen, auf die Schilderung von Vorgängen und auf die Erklärung physikalischer und technischer Sachverhalte beziehen. Ihre Vorstufe in den niederen Klassen sind kurze, aber in sich geschlossene, zusammenhängende mündliche Darlegungen. Jedes Schülerreferat bedarf einer gründlichen Vorbereitung. Der Schülervortrag sollte, was Zeitdauer und Form betrifft, auch mit den Anforderungen abgestimmt werden, die an der mündlichen Abschlußprüfung der Oberschule (bzw. der Reifeprüfung der Erweiterten Oberschule) die Norm sind. Bei der

<sup>107</sup> Physikunterricht, Methodisches Handbuch für den Lehrer, a. a. O., S. 25.

<sup>108</sup> Ebenda, S. 26.

<sup>109</sup> Grundlagen der Methodik, S. 169.

Planung und Beurteilung der Schülervorträge ist — ebenso wie bei ausführlicheren schriftlichen sprachlichen Schülerleistungen in Physik — eine Abstimmung mit dem Lehrer des Faches Deutsche Sprache und Literatur erforderlich.

Eine vollständige schriftliche Aussage zu einem bestimmten Thema wird hauptsächlich in *Klassenarbeiten* gefordert, sofern diese nicht auf das Beantworten von Fragen und Lösen einzelner Aufgaben beschränkt bleiben. In den Klassen der Erweiterten Oberschule haben sich *Jahresarbeiten* über ein größeres Stoffgebiet bewährt (↑ S. 193). Für die Kontrolle der Ergebnisse können weiterhin *Schülerexperimente*, der *Bau von Modellen* und das *Arbeiten* mit diesen sowie das Lösen *praktischer Aufgaben* nutzbar gemacht werden. Dabei sollte nicht nur auf die Ausführung der Tätigkeiten Wert gelegt werden, sondern auch auf die theoretischen Zusammenhänge des betreffenden Experiments der Objekte. Diese Erläuterung wird — mit Ausnahme des Versuchsprotokolls — in der Regel nur in mündlicher Form zu fordern sein.

### 5.3. Das Experiment im Physikunterricht

#### 5.3.1. Das Lehrerexperiment

##### 5.3.1.1. Allgemeine Bemerkungen zum Experiment und zum Experimentalunterricht

Eine der wesentlichsten methodischen Grundformen des Physikunterrichts verwendet die Durchführung von Experimenten; man nennt sie deshalb auch die *experimentelle Methode*<sup>1</sup>. In didaktischer Sicht gehört sie zu den im Abschnitt 5.2.2. besprochenen erarbeitenden Methoden. Ihr besonderes Merkmal ist, daß bei ihr die manuelle Tätigkeit stärker betont ist als bei den logisch-psychologisch determinierten Methoden, die vorzugsweise der geistigen Verarbeitung des aus dem manuellen Tun Gewonnenen dienen.

Die Physikmethodik geht beim gegenwärtigen Stand ihrer Entwicklung von der Tatsache aus, daß das Experiment ein integrierender Bestandteil des Erkenntnisprozesses im physikalischen Unterrichtsprozeß ist. Es soll in dessen verschiedenen Stufen und Phasen eingesetzt werden, wobei die Schüler erkennen sollen, daß das Experiment nicht nur Mittel zur Gewinnung neuer Erkenntnisse ist, sondern auch das wesentlichste Kriterium für den Wahrheitsgehalt einer Hypothese oder einer ins Allgemeine induzierten mehr oder weniger speziellen Erkenntnis und daß es schließlich eine Form der praktischen Umgestaltung der Wirklichkeit ist<sup>2</sup>. *Das Experiment wird hier als methodologisches Mittel betrachtet.*

In dieser Grundhaltung kommt die Forderung zum Ausdruck, nicht nur Fakten zu lehren, sondern auch die Wege ihrer Gewinnung (↑ Kapitel 2). Das wissenschaftliche Niveau des naturwissenschaftlichen Unterrichts ist „durch tieferes Eindringen in das Wesen der Prozesse und in die Gesetzmäßigkeiten durch das Herausarbeiten richtiger Modellvorstellungen von den wichtigsten naturwissenschaftlichen Grundstrukturen und -prozessen“<sup>3</sup> und durch „stärkere Betonung und Anwendung der experimentellen Methoden und Arbeitsweisen der Naturwissenschaften“<sup>4</sup> zu erhöhen. Aus diesen Gründen sind „das Demonstrationsexperiment und die praktischen experi-

<sup>1</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 120.

<sup>2</sup> Haspas, K.: Einige erkenntnistheoretische Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4, S. 173 f.

<sup>3</sup> Dietzel, K.: Die Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichts in den nächsten Jahren beim schrittweisen Aufbau des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4, S. 156.

<sup>4</sup> Dietzel, a. a. O., S. 157.

mentellen Schülerarbeiten didaktisch und methodisch gründlich durchdacht in den Unterrichtsprozeß des Lehrers und den Erkenntnisprozeß des Schülers einzuordnen" und „das Experiment als wesentliche Methode . . . für die allseitige Bildung und Erziehung" optimal zu nutzen<sup>5</sup>. *Das Experiment ist also methodologisches Mittel im Erkenntnisprozeß und auch Lehrgegenstand*: Die Schüler sollen das Experimentieren lernen. Mit der Durchsetzung dieser Forderung wird das Schulexperiment aus seiner noch häufig anzutreffenden rezeptiven Darbietung und seiner Rolle als reines Anschauungsmittel (↑ S. 215) herausgelöst. Es wird als Mittel zur Erhöhung der Selbsttätigkeit und der Aktivität der Schüler eingesetzt und bildet somit die Grundlage ihrer schöpferischen Eigentätigkeit.<sup>6</sup> Die so im Groben dargelegten Aufgaben des experimentellen Unterrichts werden in den späteren Ausführungen noch verfeinert und Wege zu ihrer Lösung angegeben. Schon jetzt hat sich als wesentlich gezeigt, daß das Experiment sowohl methodisch-erkenntnistheoretische als auch didaktisch-erzieherische Funktionen zu erfüllen hat. Soweit die letzteren überwiegen, sprechen wir deshalb vom *Schulexperiment*. Abgrenzung und Zusammenhang zwischen Forschungsexperiment und Schulexperiment lassen sich am besten durch eine kurze Darstellung der geschichtlichen Entwicklung des Experiments erläutern.

Sie verläuft vom planlosen, ungesteuerten Probieren der geschichtlichen Vorzeit über die bewußt gestellte „Frage an die Natur" des Mittelalters bis in die Gegenwart, wo das Experiment auch in die Gesellschaftswissenschaften Eingang findet und seine Untersuchungsbereiche immer komplexer werden. Dabei hat sich auch sein erkenntnistheoretischer Charakter verändert.

*Das wissenschaftliche Experiment war zuerst nur eine zielgerichtete Einwirkung auf natürliche Objekte und Prozesse durch Setzen bestimmter Bedingungen in einem ausgewählten System und ein Beobachten der eingetretenen Veränderungen und Ereignisse.*

Häufig wurde und wird das Experiment noch stärker beschränkt auf den reinen Meßvorgang, der sich im Meßgerät abspielt, und dessen quantitative Auswertung über das Setzen einer Meßeinheit und das Auffinden mathematischer Beziehungen zwischen den Meßgrößen erfolgt. Mit der zunehmenden Bedeutung der Theorie auch für die experimentellen Naturwissenschaften änderte sich auch die Struktur des Experiments. Mit ihm verbanden sich die aus bestimmten, wiederum experimentell gewonnenen Fakten sich ergebenden Hypothesen, die selber oder ihre Deduktionen durch das Experiment auf ihre Richtigkeit geprüft wurden. Es zeigten sich damit die Zusammenhänge zwischen Theorie und Praxis, zwischen Hypothese und verifizierbarer Erkenntnis — zwischen erkenntnistheoretischen Kategorien also —, die im Experiment widergespiegelt werden. Damit wurde es sowohl zur Quelle der Erkenntnisse als auch zum Kriterium für den Wahrheitsgehalt einer vorerst hypothetischen Erkenntnis.

Im methodologischen Sinne wurde es zur *experimentellen Methode*; in erkenntnistheoretischer Betrachtung erweist es sich als eine Form der Praxis; bei seiner Durchführung verbinden sich Denken, Handeln und Beobachten.

*Die experimentelle Methode läßt sich danach als ein Struktur- bzw.*

*Bedingungsgefüge auffassen, das „die Folgerung von experimentell prüf baren Aussagen aus Hypothesen, die Durchführung von Experimenten und die Deutung ihrer Ergebnisse" umfaßt.*<sup>7</sup> Diese skizzierten Etappen — Probieren, Experiment, experimentelle Methode — übernahm der naturwissenschaftliche Unterricht der allgemeinbildenden Schule in unterschiedlicher Breite und Tiefe. Die vorwissenschaftliche Periode des Probierens kam allerdings kaum zur Geltung, wenn man von gewissen Bestrebungen der Reformpädagogik absieht, die Natur durch das Kind spontan „entdecken" zu lassen. In großem Umfang dagegen wurde, wenn überhaupt ein experimenteller Unterricht stattfand, das Experiment im engeren Sinne übernommen.

<sup>5</sup> Dietzel, a. a. O., S. 158.

<sup>6</sup> Dietzel, a. a. O., S. 158.

<sup>7</sup> Parthey, H., Wahl, D.: Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften, S. 12.

Die experimentelle Methode als Unterrichtsverfahren wurde bis in die jüngste Zeit hinein kaum beachtet. Die natürlich auch im Unterricht betriebene Hypothesenbildung wurde und wird vom Experiment getrennt, das vorzugsweise als Instrumentarium zum Gewinnen von Meßwerten dient, denen auf induktivem Wege und mit Hilfe des Methodengefüges (↑ Abschnitt 5.2.2.) die Erkenntnis entnommen wird. Erst in den jüngsten Veröffentlichungen werden in zunehmendem Maße dem Experiment ausdrücklich die Strukturelemente der experimentellen Methode zugeschrieben und diese verbunden mit dem subjektiven Denkprozeß des Experimentierenden, der dem Erkenntnisprozeß eingegliedert ist, so daß das Experiment den Charakter eines Prozesses erhält.

So formuliert z. B. Manthei<sup>8</sup> in Anlehnung an Backe<sup>9</sup>:

*„Seinem Wesen nach ist das Experiment ein Prozeß, bei dem der gesetzmäßig ablaufende Naturvorgang in der Versuchsanordnung (physikalischer Prozeß) im Gegensatz zur Naturbeobachtung zu beliebiger Zeit eingeleitet, durch die gedankliche Widerspiegelung des Experimentierenden (Denkprozeß) gefaßt und in das Erkenntnisssystem eingegliedert wird» (Erkenntnisprozeß) ... Im Experiment als einem planmäßigen Ablauf im naturwissenschaftlichen Erkenntnisprozeß tritt somit eine durchgängige Wechselwirkung zwischen dem physikalisch-objektiven Naturprozeß und dem Denkprozeß des Subjekts auf.“* Die auftretenden Wechselwirkungen zwischen dem Objektiven und dem Subjektiven<sup>10</sup> bilden den Ausgangspunkt für eine kybernetische Betrachtungsweise des Experiments, auf die später noch eingegangen wird (↑ S. 151).

Die angeführte Definition läßt sich auf das Schulexperiment übertragen: Zur Verwirklichung der obengenannten Grundaufgaben muß dieses unter didaktischer Zielsetzung in Verbindung mit erkenntnistheoretischen Elementen gesehen werden und objektive und subjektive Seiten im Rahmen des Unterrichtsprozesses miteinander verbinden. Mit dieser Blickrichtung bemerkt Dietzel: „Im Unterrichtsprozeß sind dazu

- das zu lösende Problem und die zu untersuchenden Vorgänge zunächst exakt heraus zuarbeiten, in Teilschritte zu zerlegen sowie Hypothesen über wahrscheinliche Ergebnisse mit den Schülern zu diskutieren;
- mit den Schülern die Wege für die experimentellen Untersuchungen zu erörtern und die dazu erforderlichen Bedingungen zu klären; ,
- die Schüler anzuregen, die möglichen experimentellen Versuchsanordnungen selbst zu entwickeln und sich auch an dem konstruktiv-technischen Aufbau der Versuchsanordnung zu beteiligen;
- der eigentliche Beobachtungsprozeß und die messend mathematisch-rechnerische Erfassung des Versuchsablaufs und der Versuchsergebnisse gründlich mit den Schülern vorzubereiten;
- die qualitative bzw. quantitative Auswertung der Versuchsergebnisse zu diskutieren und mit den vorhererwarteten, erwarteten Ergebnissen zu konfrontieren.“<sup>11</sup>

Zu diesen wissenschaftsmethodologisch determinierten Teilelementen des Schulexperimentes kommen noch weitere hinzu: das Bilden von Begriffen aus den abgeleiteten Erkenntnissen; das Prüfen und Bestätigen der Erkenntnisse durch Deduktion und Anwendung in der Praxis; das Entwickeln von manuellen und geistigen Fähigkeiten und Fertigkeiten; das Bewußtmachen des Zusammenhangs zwischen Hypothese, Experi-

<sup>8</sup> Manthei, W.: Die methodisch-didaktische Aufbereitung physikalischer Demonstrationsversuche. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 6, S. 251.

<sup>9</sup> Backe, H.: Das physikalische Lehrmittel. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959, S. 7.

<sup>10</sup> Näheres hierzu bei Hörz, H.: Materialismus und moderne Physik. In „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, Sonderheft 1966, S. 67.

<sup>11</sup> Dietzel, a. a. O., S. 158/159.

ment und Theorie, zwischen, Problem und Versuchsapparatur; das Anwenden der logischen Denkmethode. Hinzugefügt werden müssen weitere, vor allem psychisch bedingte Elemente, die die erzieherischen Potenzen des Lehrstoffs und seine Methode betreffen: die Steuerung des gesamten experimentellen Ablaufs durch Motivationen, Stimuli, wie sie Erfolg und Mißerfolg bedeuten, und emotionelle Elemente. Alle diese Strukturelemente treten mehr oder weniger vollständig bei verschiedenartiger, vom Lehrziel abhängiger Akzentuierung beim Schulexperiment auf und stehen in einem dialektischen, prozeßähnlichen Zusammenhang, so daß man umfassend von einem schulischen Experimentierprozeß sprechen sollte<sup>12</sup>. Damit läßt sich das Schulexperiment folgendermaßen definieren<sup>13</sup>:

*Unter einem Schulexperiment ist ein vom Lehrer mehr oder weniger gesteuerter Prozeß zu verstehen, in dem der Schüler (oder stellvertretend für ihn der Lehrer) an einer möglichst selbstersonnenen und selbstkonstruierten Geräteanordnung eine Hypothese prüft oder Aufgabe löst, die er allein oder mit Unterstützung durch den Lehrer aufgestellt hat, und in dem er mit Hilfe geistiger Mittel selbständig zu bestimmten Erkenntnissen gelangt. In diesem Prozeß wird er durch vom Lehrer gesetzte Motivationen und Stimuli sowie durch positive und negative Erfolgsmomente geleitet und bestimmten erzieherischen Einwirkungen, auch durch das Kollektiv, in dem er arbeitet, unterworfen.*

Diese Definition ist im Grunde eine Reduktion des allgemeinen Unterrichtsmodells von Drefenstedt auf den Experimentierprozeß, indem sie das dialektische Wechselverhältnis zwischen dem Objektiven (gesellschaftliche Anforderungen, Ziele, Inhalt) — repräsentiert durch den Lehrer — und dem Subjektiven beim Schüler (Persönlichkeit, Tätigkeit, Entwicklung) — widerspiegelt (↑ Abschnitt 5.1.1.). (Man beachte die Widerspiegelung der Definition des Schulexperiments im Lehrbuch Kl. 6 (1967) auf den Seiten 87 und 88.)

Die Definition macht die entscheidende Schlüsselposition des Schulexperiments deutlich. In ihm spiegeln sich alle Seiten des Unterrichtsprozesses wider. Es verbindet bildende und erzieherische<sup>14</sup> Momente, entwickelt manuelle und geistige Fähigkeiten und Fertigkeiten, stellt enge Beziehungen zur Praxis her, erarbeitet die grundlegenden Gesetze, die auch die Grundlage der polytechnischen Bildung sind, läßt durch die Gleichartigkeit des Experimentierprozesses das Gemeinsame der naturwissenschaftlichen Fächer Physik, Chemie und Biologie deutlich werden und stellt Querverbindungen zu den Fächern Mathematik, Astronomie und Geographie her. Durch seine Einbettung in den Erkenntnisprozeß werden Elemente einer materialistischen Weltanschauung bereitgestellt, die im Fach Staatsbürgerkunde zum Tragen kommen. *Naturgemäß lassen sich nicht alle physikalischen Fakten durch Experimente vermitteln.* Dazu reichen weder die Zeit noch im allgemeinen die Experimentiermittel aus. Das bedeutet nicht, daß das Experiment im Unterricht Seltenheitswert haben sollte, sondern vielmehr, daß ein wohlabgestimmtes Verhältnis zwischen dem experimentell-praktischen und dem theoretisch-logischen Teil des Unterrichtsprozesses entsprechend den beiden Seiten des Erkenntnisprozesses bestehen sollte.

Es wäre auch verkehrt, wenn der Lehrer versuchen wollte, *alle* Strukturelemente des Experimentalprozesses in *einem* Experiment anzuwenden. Vielmehr müssen bei jedem Schulexperiment Schwerpunkte von Teilelementen gebildet werden, die in organischer Weise mit dem Lehrstoff verbunden sind. Das bedeutet für den Lehrer, die Vielzahl der Elemente des Experimentierprozesses in ähnlicher Weise auf den Lehrstoff zu ver-

<sup>12</sup> Man vergleiche damit den Terminus „experimenteller Erkenntnisprozeß“. In: Das Experiment im Chemie-Unterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 57.

<sup>13</sup> Haspas, K.: Der Experimentalunterricht in den naturwissenschaftlichen Fächern und seine Beziehung zur Praxis

und zum polytechnischen Unterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 12, S. 526.

<sup>14</sup> Über die im Experiment enthaltenen erzieherischen Elemente vgl. man: Rossa, E.: Das naturwissenschaftliche Experiment als Mittel der Erziehung.

teilen, wie dieser in einem Stoffverteilungsplan fixiert ist. Während also bei dem einen Experiment die Entwicklung manueller Fertigkeiten im Vordergrund steht, wird bei einem zweiten das physikalische Denken geschult, ein drittes gibt Anlaß zu methodologischen oder philosophischen Erörterungen, ein viertes stellt die Verbindung mit der Praxis heraus, ein fünftes wirkt durch geeignete Motivationen besonders erzieherisch, ein sechstes stimuliert z. B. den Leistungswillen. Insgesamt gesehen ist die Summe aller dieser Einwirkungen der spezifische Beitrag des Experiments zum komplexen Bildungs- und Erziehungsprozeß im Physikunterricht.

Die Weiterentwicklung der Methodik bringt sie immer stärker auch mit anderen Wissenschaften zusammen. Dazu gehört in zunehmendem Maße die Kybernetik, weil die kybernetischen Teildisziplinen, wie Steuer- und Regelungstheorie, Informations- und Kommunikationstheorie und die Algorithmentheorie, besonders geeignet erscheinen, pädagogische Gesetzmäßigkeiten und Prozesse auffinden und beschreiben zu können (↑ S. 89). Auch das Experiment kann man im Sinne der Informationstheorie als ein System betrachten, das Signale oder Informationen aufnimmt, gegebenenfalls speichert, umwandelt, kodiert und schließlich in direkter oder verschlüsselter Form nach außen abgibt. Der Informationsträger kann dabei sehr verschieden sein und innerhalb des Prozeßablaufs seine Gestalt wechseln. Bild 29 zeigt eine schematische Darstellung. Hierin bedeutet EG das gegenständliche Experimentiergerät, das in Wechselwirkung mit der objektiven Realität (bzw. mit den ablaufenden Prozessen) OP steht und, durch die Informationen  $I_i$  (inputs) gesteuert, durch die umgewandelten (kodierten) Informationen  $I_k$  auf OP einwirkt. Durch diese Einwirkung gibt OP Meßinformationen  $I_m$  an EG ab, wo sie gegebenenfalls gewandelt und dekodiert und als neue Informationen  $I_o$  (outputs) nach außen, z. B. an den Beobachter (Experimentator), abgegeben werden.

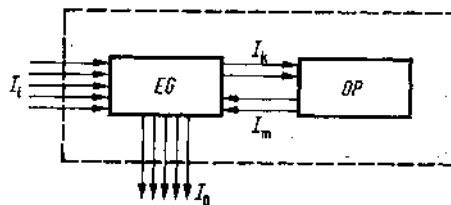


Bild 29 Das Experiment als informationstheoretisches System

Man erkennt sofort die didaktische Bedeutung eines solchen Modells. Es kommt beim Experimentieren offensichtlich darauf an, die erhaltenen Informationen richtig zu entschlüsseln, d. h. die Versuchsergebnisse richtig zu deuten. Die Aufgabe des Unterrichtsprozesses ist es, dem Schüler die richtigen Schlüssel zu geben bzw. ihm die Fähigkeit anzuerziehen, sich die passenden Schlüssel anfertigen zu können.

Dieses informationstheoretische Modell läßt außer acht, daß im allgemeinen, mit Bestimmtheit im mikrophysikalischen Bereich, eine wechselseitige Rückwirkung zwischen EG und OP und dem Experimentator S stattfindet. Das bedeutet, daß es sich beim Experimentieren kybernetisch gesehen offensichtlich um einen Regelprozeß handelt, wobei der Experimentator als Regler, das Experimentiergerät als Regelstrecke aufgefaßt werden können. Das Bild 30 deutet diese Verhältnisse schematisch an. Bild 31 gibt einen Überblick über die Kompliziertheit der Relationen<sup>15</sup>, wenn man sich die Versuchsapparatur komplex, etwa aus Einwirkungsgerät (EG) und Meßgerät (MG) zusammengesetzt denkt.

Eine (solche Auffassung — auf die im Einzelnen hier nicht eingegangen werden kann — ergibt die Möglichkeit, den Begriff des Experimentes zu verallgemeinern und, wie schon früher bemerkt (↑ S. 150), auf gesellschaftliche Prozesse anzuwenden, wie sie z. B. in der Pädagogik

<sup>15</sup> Nach Kunert, K.: Zu erkenntnistheoretischen und methodologischen Fragen des physikalischen Experiments. Hier wird das physikalische Experiment als „Verfahren zur Bestätigung, Gewinnung und zum Nachvollzug physikalischer Aussagen“ definiert. In: Wissenschaftliche Beiträge - Pädagogisches Institut Halle-Kröllwitz - 1968.

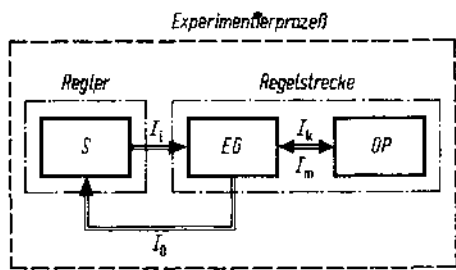


Bild 30 Das Experiment als geregelter Prozeß

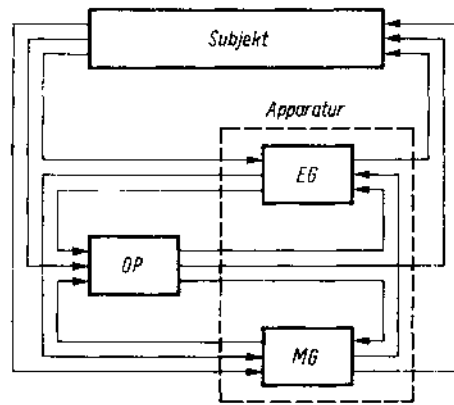


Bild 31 Relationen zwischen den einzelnen Strukturelementen des Experimentierprozesses

untersucht und beschrieben werden.<sup>18</sup> Faßt man den Unterrichtsprozeß mit dem ihm eingebetteten Experimentierprozeß als kybernetisches System auf, auf das der Lehrer experimentell (im allgemeinsten, auch pädagogischen, Sinne) einwirkt und damit die „Verhaltensweise“ des Systems beeinflusst, wobei er selber wieder durch die Rückkopplung mit den anderen Elementen des Systems beeinflusst wird, so kann man das „Verhalten“ des Lehrers im kybernetischen Sinne als Experiment bezeichnen.

*Damit würde sich folgende sehr allgemeine, für die gegenwärtige Pädagogik allerdings noch kaum direkt anwendbare Definition ergeben, die auf die zukünftige Entwicklung hinweist:*

*Ein Experiment ist eine Verhaltensweise kybernetischer Systeme, die durch eine systematische Einwirkung auf die sich im System abspielenden Prozesse als Resultat dieser Einwirkungen Informationen gewinnen läßt, durch deren Verarbeitung die Verhaltensweise des Systems beeinflusst werden kann.*<sup>17,18</sup>

### 5.3.1.2. Zur Klassifikation der Schulexperimente

Wie bemerkt, zeigt der schulische Experimentierprozeß Strukturen (↑ S. 150), und seit langem bemüht man sich, zwischen ihm und dem Unterrichtsprozeß Beziehungen herzustellen, d. h. äquivalente Strukturen aufzufinden.

Die erstrebte Zuordnung versuchte man in der „klassischen“ Methodik in einfachster Weise durch die bekannte *didaktische Klasseneinteilung* der Experimente (Einführungsversuche, Problemversuche, Überraschungsversuche, Erkenntnisversuche, Bestätigungsversuche, Wiederholungsversuche usw.).<sup>19</sup> Dadurch wurde eine im allgemeinen formale didaktische Zuordnung zwischen Experiment und Unterrichtsprozeß geschaffen, die sich jedoch als inhomogen und nicht eindeutig und deshalb als nur bedingt brauchbar erweist.<sup>20</sup>

Eine andere Einteilung nach dem *gerätetechnischen Aufwand* (Gedankenversuche, Freihandversuche, Modellversuche usw.) ist ebenso inhomogen, wie ihre Zuordnung zum Unterrichtsprozeß nicht eindeutig ist.

<sup>16</sup> Vgl. dazu: Parthey, H., Wahl, D.: Die experimentelle Methode, S. 212 ff.

<sup>17</sup> Vgl. dazu: Wörterbuch der Kybernetik, S. 191.

<sup>18</sup> Vgl. den Hinweis auf das Verhältnis zwischen Kybernetik und Pädagogik auf S. 17.

<sup>19</sup> Vgl. dazu die Erläuterungen bei: Backe, H.: Experimentiertechnik im naturwissenschaftlichen Unterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1954, S. 9 ff.

<sup>20</sup> Vgl. dazu: Physikunterricht, Methodisches Handbuch für den Lehrer, S. 34.

Das wird besonders deutlich beim Freihandversuch. Darunter versteht man meist vom Lehrer, aber auch vom Schüler, ausgeführte Experimente mit einfachsten gerätetechnischen Mitteln. Dabei verzichtet man häufig auf Stativmaterial (die Versuche werden aus der „freien Hand“ vorgeführt), komplizierte Aufbauten, Meßinstrumente. Ihr Zweck ist (ähnlich wie es bei der Wandtafelarbeit (↑ S. 221) auch sein kann), manchmal nur die mehr oder weniger flüchtige „Illustrierung“ der Gedanken des Lehrers; sie dienen aber auch der Motivation, der Problemstellung, dem Hausversuch. Diese Experimente können in allen Phasen des Unterrichts- und Erkenntnisprozesses eingesetzt werden. Sie erzeugen in erster Linie die lebendige Anschauung und aktivieren dadurch in einfachster Weise den Lehr- und Lernprozeß. Der Lehrer sollte sie viel häufiger einsetzen, als das zur Zeit geschieht. Eine umfangreiche Sammlung findet man bei Hahn<sup>21</sup> und Girke-Sprockhoff<sup>22</sup>. Weitere Ausführungen bei Heyder<sup>23</sup>.

Auch andere z. T. umfangreiche Einteilungsprinzipien, etwa nach Verwendungszweck, Forschungsetappen, Strategie, Meßgenauigkeit, wie sie von Parthey/Wahl<sup>24</sup> vorgeschlagen werden, scheinen lediglich eine pragmatische, nicht aber logisch einwandfreie Klassifizierung zu ermöglichen.

Eine geeignetere, weil eindeutiger Klassifikation des Schulexperiments besteht in seiner *Zuordnung zur objektiven Realität*.

Danach könnte man folgende Gruppen unterscheiden:

### **Klassifikation der Schulexperimente nach ihrem Verhältnis zur objektiven Realität**

1. Experimente mit gegenständlichen Mitteln in einem der objektiven Realität identischen oder adäquaten Bereich. Dazu zählen die meisten Schulexperimente (darunter technische Modellversuche<sup>25</sup> oder Versuche mit funktionsfähigen Modellen).
2. Experimente mit gegenständlichen Mitteln in einem der objektiven Realität höchstens analogen, meist quasianalogen Bereich. Dazu zählen manche Modellversuche (z. B. mit Schnittmodellen, während technische Modellversuche zur Gruppe 1 gehören) und Analogieversuche<sup>26</sup> (z. B. Stoßversuche mit Stahlkugeln in einem Uhrglas als Nachahmung des Potentialtopfmodells; Versuche mit Wasser zur Veranschaulichung des Elektronenflusses oder der elektrischen Spannung).
3. Experimente mit rein geistigen Mitteln in einem der objektiven Realität adäquaten oder mindestens analogen Bereich. Zum adäquaten Bereich zählen Gedankenexperimente (z. B. reibungslose Bewegung einer punktförmigen Masse; Mayers Bestimmung des Wärmeäquivalents; Stevins-Kette), zum analogen in gewissem Umfang (dynamische) Modellvorstellungen (z. B. Prozesse in einem Atommodell).

Die dritte Gruppe bedarf noch einiger Erläuterungen: *Gedankenexperimente* bedeuten ein Versetzen von Tatsachen aus dem Bereich des Wirklichen in den Bereich des denkbar Möglichen. Das „denkbar Mögliche“ hat hier den Sinn, daß durch geeignete Idealisierungen das praktisch Unmögliche denkbar wird. In solchen Idealisierungen, die das typische und wesentliche Merkmal des Gedankenexperiments sind, liegt der entscheidende Unterschied zu anderen Experimenten (↑ Beispiel auf S. 114). Einstein hat darauf aufmerksam gemacht, daß nicht alle Erkenntnisse durch ver-

<sup>21</sup> Hahn, II.: Physikalische Freihandversuche.

<sup>22</sup> Girke-Sprockhoff: Physikalische Schulversuche. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1950 bis 1967 (10 Teile).

<sup>23</sup> Heyder, W.: Die Stellung des Freihandversuchs im System der Experimente des Physikunterrichts und seine Bedeutung für die Entwicklung des Erkenntnisvermögens der Schüler. Inauguraldissertation an der Philosophischen Fakultät der Universität Rostock, 1967.

<sup>24</sup> Parthey, H., Wahl, D.: Die experimentelle Methode, S. 183.

<sup>25</sup> Vgl. dazu Meyer, G.: Zum wissenschaftlichen Modellbau in physikalisch-technischen Arbeitsgemeinschaften. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 12, S. 552 f.

<sup>26</sup> Unter Analogieversuchen sind Experimente zu verstehen, die bestimmte Bereiche der objektiven Realität mit diesen wesensfremden Mitteln veranschaulichen oder nachahmen.

Bild 33 Vergegenständlichtes Kristallgittermodell

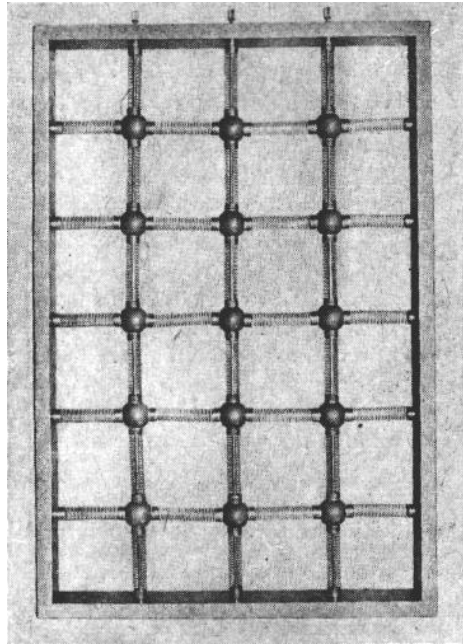
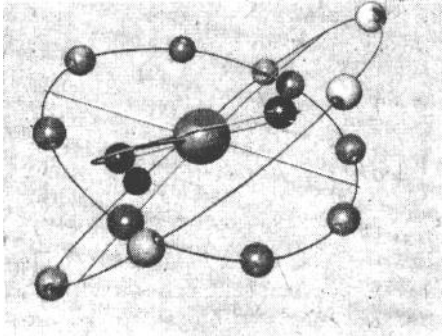


Bild 32 Vergegenständlichtes Atommodell



allgemeinernde Induktion, sondern auch durch „idealisierte Versuche“ entstehen, wie z. B. das Trägheitsgesetz von Galilei oder seine Ableitung des Fallgesetzes; er gibt auch noch zahlreiche andere Beispiele.<sup>27, 28</sup> Der Übergang vom Gedankenexperiment zu *Modellvorstellungen* ist fließend; reine Idealisierungen (z. B. Massenpunkt, punktförmige Ladung, Lichtstrahl) sind, sofern sie isoliert betrachtet werden, weder das eine noch das andere, weil sie keine Entsprechungen in der objektiven Realität finden, also keineswegs diese — auch nicht in Teilbereichen — widerspiegeln.<sup>29</sup>

Modellvorstellungen können durch vergegenständlichte Modelle veranschaulicht werden, z. B. Atommodelle durch Gebilde aus Draht und Holzkügelchen (Bild 32) oder Kristallgitter durch Holzkügelchen, die durch Schraubenfedern miteinander verbunden sind (Bild 33). Mit letzterem kann man auch „experimentieren“. In der Literatur werden Modellvorstellungen auch als ideelle, ihre Vergegenständlichungen als materielle Modelle bezeichnet. Im erkenntnistheoretischen Sinne ist ein Modell „ein System, das als Repräsentant eines komplizierten Originals auf Grund mit diesem gemeinsamer, für eine bestimmte Aufgabe wesentliche Eigenschaften“<sup>30</sup> konstruiert wird, um z. B. das Original didaktisch vereinfacht im Erkenntnisprozeß zum Gegenstand von Erkenntnissen zu machen. Das Modell ist also gewissermaßen ein „Ersatzobjekt“, in dem die objektive Realität vereinfacht wiedergespiegelt oder abgebildet wird.

Das Modell und seine Anwendungen im Erkenntnisprozeß gewinnen zunehmend an Bedeutung. Nicht nur in den Naturwissenschaften, sondern auch in den Gesellschaftswissenschaften (Pädagogik, Psychologie) bis hin zu den volkswirtschaftlichen Problemen der materiellen Produktion tritt immer stärker die Methode der Modellierung der Relationen und Prozesse in diesen Bereichen in Erscheinung.

<sup>27</sup> Einstein/Infeld: Die Entwicklung der Physik. Rowohlt Taschenbuch Verlag, Hamburg 1961.

<sup>28</sup> Sticker, B.: Erfahrung, Experiment und Gedankenexperiment in der Physik. In „Der mathematische und naturwissenschaftliche Unterricht“, 21 (1968), H. 3, S. 81 f. (gute Schilderung der Galileischen Gedankenexperimente).

<sup>29</sup> Mach, E.: Über Gedankenexperimente. In „Zeitschrift Physikalischer und chemischer Unterricht“, 10 (1897), H. 1, S. 1.

<sup>30</sup> Wüstneck, L. D.: Zur philosophischen Verallgemeinerung und Bestimmung des Modellbegriffs. In „Deutsche Zeitschrift für Philosophie“, 11 (1963), H. 12, S. 1522.

Diese beiden Gründe — didaktische Vereinfachung eines komplizierten Originals und die zunehmende Bedeutung der Modellierung für die Wissenschaft und die Praxis — haben dazu geführt, in den neuen Lehrplänen „die Arbeit mit Modellen für physikalische Vorgänge und Erscheinungen“<sup>31</sup> stärker zu betonen. Ein weitgehend ausgeführtes Beispiel für die Anwendung eines Modells im Unterricht findet man bei Brüggener<sup>32</sup>.

Eine Einführung in die recht komplizierten philosophischen und pädagogischen Probleme der Modellmethode und in die umfangreiche Literatur gibt Rarsten<sup>33</sup>.

Experimente mit gegenständlichen Modellen werden in der Literatur als *Modellversuche* bezeichnet. Der Gebrauch dieses Begriffs — insbesondere auch seine Abgrenzung zum Analogieversuch — ist in der Praxis weder einheitlich noch eindeutig. Auch\* in der Klassifikation auf S. 153 werden verschiedene Arten von Modellversuchen angeführt. Eine Einordnung erscheint deshalb dringend notwendig.

Geht man von dem auf S. 154 zitierten Modellbegriff und der Einteilung in ideelle und materielle Modelle aus, so kann man zunächst unterscheiden:

Modellvorstellungen — Modellversuche  
(geistige Mittel)                      (materielle Mittel)

Die Modellversuche lassen sich dann klassifizieren, wenn man das Verhältnis der verschiedenen Bereiche der objektiven Realität betrachtet, die dem Original und dem materiellen Modell zugeordnet sind. Dann kann man folgende Einteilung treffen:

### **Klassifikation der Schulexperimente nach ihrem Modellcharakter**

1. Modellversuche
2. Analogieversuche
3. Gedankenversuche
4. Idealisierungen

Die folgende Untergliederung zeigt den Zusammenhang zwischen den Unterklassen:

Bezeichnung	Beispiel	Affinitätsbereich
Technische Modellversuche	Versuche im Strömungskanal	identisch/adäquat
Versuche mit funktionsfähigen Modellen:		
a) originalähnlich	Versuche mit Modell-	adäquat
	dampfmaschine	
b) originalnachgebildet	Versuche mit selbst-	adäquat
	gebautem Feuermelder	
Versuche mit nichtfunktionsfähigen Modellen	Versuche mit Schnitt-	analog
	modellen	
Analogieversuche	Versuche mit Kettenmodell	quasianalog
	eines Saughebers Stevins-	
Gedankenversuche	Kette	adäquat/analog

Daß die Analogieversuche sich den Modellversuchen zuordnen lassen, zeigt das angegebene Beispiel (vgl. Girke/Sprockhoff, Dritter Teil, S. 85). Bild 34 demonstriert ein praktisches Beispiel (passend zum Lehrplan Kl. 8, 1968, S. 21) für einen (technischen) Analogieversuch.

<sup>31</sup> Honecker, M.: Ergebnisse der Einführung neuer Lehrpläne und -methoden an den zehnklassigen allgemeinbildenden Oberschulen. In „Neues Deutschland“ vom 12. 6. 1968.

<sup>32</sup> Brüggener, K.-H.- Zur Behandlung der elektrischen Größen und Gesetze des Gleichstromkreises (Kl. 8) auf der Grundlage von Modellvorstellungen der Elektronentheorie. Bezirkskabinett für Weiterbildung, Erfurt 1966.

<sup>33</sup> Rarsten, W.: Die erkenntnistheoretische und didaktische Bedeutung von Modellen im Physikunterricht. In: Rationaler und intensiver Physikunterricht, S. 28 ff.

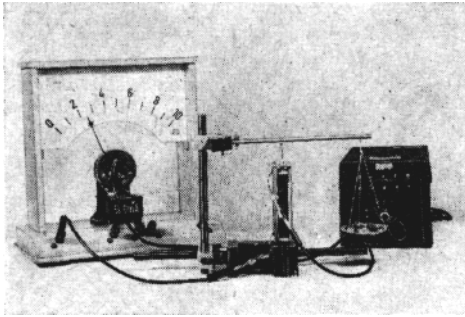


Bild 34 Messung nichtelektrischer Größen (Gewichtskraft) durch elektrische (Widerstandsänderung) als Beispiel für einen Analogieversuch

Gedankenexperimente kann man auch als Modell- bzw. Analogieversuche betrachten, die nur in der ideellen Bewußtseinssphäre durchgeführt werden. Dann werden auch die Idealisierungen dazu gerechnet werden können, indem ein Gedankenversuch ausgeführt wird, bei dem eine physikalische Größe zu einem Idealwert abstrahiert wird (z. B. die in einem materiellen Gebilde auftretende Reibungskraft auf den Wert Null).

Sowohl materielle als auch ideelle Modelle sind in Gültigkeitsgrenzen eingeschlossen. Diese werden im erkenntnistheoretischen Sinne durch die Abbildungstreue des Modells bestimmt, d. h. wie gut dieses die objektive Realität in einem Bereich widerspiegelt.

Bei der didaktischen Verwendung der Modelle sind sowohl ihr Abstraktionsgrad als auch ihre Gültigkeitsgrenzen zu berücksichtigen, die stets in einer der Klassenstufe angepaßten Weise anzugeben sind. In den unteren Klassenstufen (etwa Kl. 6) sind sie weniger abstrahiert, d. h., sie geben die Wirklichkeit auch nur mehr oder weniger grob wieder (z. B. Teilchenstruktur in Kl. 6, einfachste Atommodelle). Bei größerer Abstraktionsfähigkeit des Schülers kann auch der Abstraktionsgrad des Modells steigen, d. h., es wird die Wirklichkeit genauer wiedergegeben (z. B. Verwendung von Orbitalmodellen in Klasse 10 oder 12). Insofern geben die Einteilungsschemata dem Lehrer Anhaltspunkte für den Einsatz bestimmter Modelle in bestimmten Unterrichtssituationen.

Gedankenexperimente sind im allgemeinen deduktiv und quantitativ (Beispiel: Galileis Trägheitssatz), Idealisierungen führen meist zu induktiven Schlüssen.

Gelegentlich bezeichnet man auch jenen Teil des Experimentierprozesses, der der Konstruktion des Experimentiergerätes und der Durchführung des Versuches vorangeht, als Gedankenexperiment<sup>34</sup>. Im Sinne einer sauberen Begriffsbildung sollte man zweckmäßiger gedankliche Vorüberlegungen sagen; ein Experiment, das in Gedanken ausgeführt wird, braucht deshalb noch kein Gedankenexperiment zu sein.

Eine weitere Möglichkeit der Klassifizierung des Schulexperiments liegt in seiner *Einordnung in den Erkenntnisprozeß* (↑ S. 147). Die Zuordnung der Strukturen des Experimentierprozesses zu den Strukturen des Erkenntnisprozesses ist von besonderer methodischer Bedeutung. Wegen der gegenseitigen Durchdringung verschiedener Strukturebenen (didaktische, psychologische, erkenntnistheoretische) sind die Verhältnisse jedoch sehr kompliziert und beim gegenwärtigen Stand der Methodik noch nicht gelöst.<sup>35</sup>

Folgendes läßt sich sagen: Geht man von den drei Phasen des Erkenntnisprozesses: Anschauung — abstrakte Verarbeitung — Prüfung in der Praxis — als den wesentlichen Strukturelementen des Erkenntnisprozesses aus, so müßte man diese mit der Struktur des Experimentierprozesses in Verbindung setzen. Nach der auf S. 150 genannten Definition würden darin

<sup>34</sup> Kerschensteiner, G.: Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts, S. 128.

<sup>35</sup> Sammelband: Struktur und Prozeß im Verhältnis von Philosophie und Pädagogik. Wissenschaftliche Schriftenreihe der Humboldt-Universität zu Berlin, 1968, S. 35 ff.

folgende hauptsächliche, z. T. sehr Komplexe Strukturelemente zu finden sein: Problemstellung — Hypothese — Geräteanordnung — Problemlösung — Prüfung— Anwendung — Steuerung und Erziehung durch Motivation, Stimuli, Erfolgsmomente. Schon aus dieser Aufzählung wird deutlich, daß es nicht möglich erscheint, zwischen allen Strukturelementen des Erkenntnis- bzw. Experimentierprozesses eine Korrelation herzustellen. Die Elemente sind dafür zu inhomogen.

Wohl aber ist es möglich, einzelne Strukturbereiche des Experimentierprozesses den Elementen des Erkenntnisprozesses zuzuordnen:

Zuerst einmal ist das Experiment eine Quelle der geistig und manuell gewonnenen Erfahrung, die lebendige Anschauung hervorruft; es korrespondiert demnach mit der ersten Phase des Erkenntnisprozesses.<sup>36</sup>

Reduziert man die Strukturelemente des Experimentierprozesses auf die rein geistigen Elemente, werden also die manuellen bewußt fortgelassen, so kommt man zur geistigen Vorbereitung des Experiments bzw. zum reinen Gedankenexperiment. Beide sind eindeutig dem abstrakten Denkablauf im Erkenntnisprozeß zugeordnet, also seiner zweiten Phase.

Schließlich zeigt es sich, daß deduktive Experimente wie auch häufig technische Versuche Strukturelemente aufweisen, die eindeutig der dritten Phase des Erkenntnisprozesses zugeordnet werden können.

Diese grobe Koordinierung<sup>37</sup> läßt sich noch verfeinern. Im speziellen betrachtet lassen sich den einzelnen Stufen des Erkenntnisprozesses einerseits bestimmte didaktische Strukturelemente einordnen und ihnen andererseits bestimmte didaktisch klassifizierte (↑ S. 152) Schalexperimente zuordnen.

Die erste Stufe des (schulischen) Erkenntnisprozesses ist in den Anfangsklassen eng verbunden mit der Umwelt, der Erfahrung und dem Erlebnisbereich des Schülers. Sein Wissen steht häufig auf vorwissenschaftlicher Stufe. Die Anschauungsmittel sind vorzugsweise Originale, d. h. Teilobjekte der Wirklichkeit, oder spiegeln sie in wenig abgewandelter Form wider. Aus diesen Elementen wird die Anschauung als der Ausgangspunkt der Erkenntnis aufgebaut. Auf der Oberstufe werden diese Elemente zunehmend abstrakter, ebenso die Anschauungsmittel; analytisch-synthetische Denkopoperationen werden bewußt eingesetzt. Auf dieser Stufe herrschen Einführungsversuche, Überraschungsversuche, Problemversuche vor.

Die zweite Stufe ist gekennzeichnet durch die geistige Verarbeitung der Anschauung, aus der die Erkenntnis als qualitativer funktionaler Zusammenhang oder als quantitatives Gesetz abstrahiert wird. Induktive und deduktive Verfahren werden angewendet, logisches Schlußfolgern und Urteilen tritt je nach Klassenstufe entsprechend präzisiert auf. Die Anschauungsmittel und die Experimente sind vorwiegend abstrahierend.

Auf dieser Stufe werden vorherrschend Erkenntnisversuche, Bestimmungsversuche, Gedankenexperimente, Modell- und Analogieversuche eingesetzt.

In der dritten Stufe erfolgt die Rückkehr vom Abstrakten zur Praxis, von der Erkenntnis zur Anwendung, vom Besonderen zum Speziellen. Deduktive Elemente bestimmen den Denkprozeß, die praktische Anwendung bzw. die Prüfung der gewonnenen Erkenntnis die manuelle Tätigkeit. Die Anschauungsmittel nähern sich wieder dem Original oder werden mit ihm identisch. Das Wissen ist auf eine höhere Stufe gehoben worden.

Zu den verwendeten Experimenten gehören: Bestätigungsversuche, Anwendungsversuche, polytechnische Versuche, technische Versuche, Wiederholungsversuche.

Einen ausgezeichneten Versuch, auch die Schülerexperimente mit ihren unterschiedlichen didaktischen Funktionen in die Phasen des Erkenntnisprozesses einzuordnen, findet man bei Schreiter<sup>38</sup>.

<sup>36</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 119.

<sup>37</sup> Vgl. dazu: Rossa, E.: Das naturwissenschaftliche Experiment als Mittel der Erziehung, S. 52 ff.

<sup>38</sup> Schreiter, H.: Zur Typologie der physikalischen Schülerversuche. Dissertation an der Technischen Universität Dresden. 1966, S. 114 ff.

### 5.3.1.3. Die praktische Durchführung von Schulexperimenten

Im folgenden sollen einige praktische Gesichtspunkte besprochen werden, die bei der Durchführung des *Lehrerexperimentes* zu beachten sind, während das *Schülerexperiment* im Abschnitt 5.3.2. behandelt wird.<sup>39</sup>

Die *Hauptphasen* bei der Durchführung von Schulexperimenten ergeben sich aus der Definition des Schulexperiments (↑ S. 150). Die erste umfaßt die Elemente der Problemsituation mit der Motivation und der Problemstellung mit ihren stimulierenden Potenzen und Hypothesen und die gedankliche Konzeption eines Lösungsversuchs. Es ist die Phase der geistigen Vorbereitung.

Die zweite hat den konstruktiven Aufbau der Versuchsanordnung und die Durchführung des Experimentes zum Inhalt. Die dritte schließlich enthält Auswertung und Anwendung.

Die mit diesen Phasen verbundenen Gesichtspunkte werden hier nur relativ kurz erörtert, weil dazu eine Arbeit von Manthei<sup>40</sup> vorliegt. Die nachfolgenden Ausführungen geben deshalb nur das Wesentliche wieder und ergänzen durch Bemerkungen, die über das bei Manthei Gesagte hinausgehen und neuere Erkenntnisse vermitteln.

**1. Zur Vorbereitung des Schulexperimentes.** Ein wesentliches Ziel des Experimentierprozesses ist es, beim Schüler die Fähigkeit der geistigen Durchdringung des gesamten Schulexperimentes in allen seinen Teilphasen zu entwickeln: Das Experiment ist als Lehrgegenstand (↑ S. 148) zu betrachten. Dazu gehört unter anderem die geistige Vorbereitung des Experimentes.

Es ist eine durch die Erkenntnisse der Psychologie gesicherte Tatsache, daß die Fähigkeit, eine Handlung gedanklich zu vollziehen, die Voraussetzung für den Vollzug einer äußeren Handlung und in Verbindung damit für den Lernprozeß ist.<sup>41</sup> Dazu ist es notwendig, eine Orientierungsgrundlage<sup>42</sup> zu schaffen, die eine vorläufige Vorstellung von der zu lösenden Aufgabe und vom Handlungsablauf vermittelt. Diese kann verschieden vollständig sein, sie kann spontan oder bewußt geplant (und vom Lehrer gesteuert) sich bilden. Aus bekannten Erkenntnissen, aus eigenem Denken und gesteuerten Impulsen durch den Lehrer bildet sich ein inneres Modell, das die Qualität der äußeren Handlung bestimmt. Die Orientierungsgrundlage umfaßt demnach ein ganzes System von Orientierungspunkten, deren Gesamtheit die Lösung der Aufgabe mehr oder weniger möglich macht<sup>43</sup> und deren Erarbeitung in der Vorbereitungsphase des Experimentes von wichtiger bildender und erzieherischer Bedeutung ist (↑ Abschnitt 5.1.).

Die Bildung des inneren Modells und seine Umsetzung in einen praktischen Handlungsvollzug durch die geistige und manuelle Tätigkeit des Schülers wird durch verschiedene Faktoren bestimmt. Ein wesentlicher Faktor hängt mit den Bedürfnissen und Bestrebungen des Menschen und den sich daraus ergebenden *Motiven* seiner geistigen und manuellen Tätigkeit zusammen.<sup>44</sup>

Diese Motive sollen eine *Problemsituation* bewirken, in der der Schüler in einen Zustand besonderer Ansprechbarkeit, Formbarkeit und innerer Bereitschaft versetzt wird. Erst dann, wenn die aus der Problemsituation sich ergebende *Problemstellung* für den Schüler wichtig und bedeutungsvoll wird, entwickelt sie seine schöpferische Aktivität.<sup>45</sup>

Die Lernmotive der Schüler sind sehr mannigfaltig, veränderlich und abhängig von der Persönlichkeitsstruktur. Sie reichen von allgemeinen Motiven (Lernen als gesellschaft-

<sup>39</sup> Vgl. dazu auch: Physikunterricht — Methodisches Handbuch für den Lehrer, Kapitel II 2 und II 3.

<sup>40</sup> Manthei, W.: Die methodisch-didaktische Aufbereitung physikalischer Demonstrationsversuche. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 6 und 7/8.

<sup>41</sup> Wir schließen uns in den folgenden Ausführungen den theoretischen Überlegungen von Galperin an.

<sup>42</sup> Galperin, P. I.: Die geistige Handlung als Grundlage für die Bildung von Gedanken und Vorstellungen. In: Probleme der Lerntheorie, S. 36.

<sup>43</sup> Probleme der Lerntheorie, a. a. O., S. 107.

<sup>44</sup> Leontjew, A. N.: Probleme der Entwicklung des Psychischen, S. 346.

<sup>45</sup> Rosenfeld, G.: Zur Theorie und Praxis der Lernmotivation, S. 72.

liche Pflicht; als Berufsvorbereitung; als Mittel für gute Noten belohnt zu werden; zur Befriedigung des Erfolgswünschens; aus Freude am Lernen u. a.) bis zu speziellen, die im naturwissenschaftlichen Unterricht besonders in Erscheinung treten. Dazu zählen:

Freude am Experimentieren, Basteln, Konstruieren, Erfinden; Befriedigung des Erkenntnisdranges und der Neugier durch eigenes Handeln; die meßbare Nachprüfung eigener Überlegungen (Hypothesen); das damit verbundene Erfolgserlebnis. Dazu zählen weiter:

Freude an der logischen Entwicklung von Gesetzmäßigkeiten und das Erleben der „ganzen“ Zahl (bei den in den Gesetzen auftretenden Exponenten); das Sichwundern; das Eindringen in die Geheimnisse der Natur („... daß ich erkenne, was die Welt im Innersten zusammenhält“); die Freude an der ästhetischen Schönheit mancher Versuche (Dispersions- und Polarisationserscheinungen); die Verbindung mit dem Lebensbereich des Schülers (Radio, Fernsehen, Motorrad, Auto).

Diese Aufzählung macht deutlich, welche Rolle die Persönlichkeit des Lehrers spielt, wie er es versteht, den Lehrstoff mit der geeigneten Motivation zu verbinden, daraus die zweckmäßigsten Stimuli abzuleiten, Emotionen zu erwecken, über einen möglichst großen Teil der Stunde wachzuhalten, Spannung und Entspannung abwechseln zu lassen.

Mittel hierzu sind: die Zielorientierung der Stunde anzugeben; die Probleme zu entwickeln; Lösungsversuche anzuregen; Forderungen zu stellen; die schöpferische Phantasie zu wecken; die Schüler sprechen zu lassen.<sup>46</sup>

Anregungen für die Schüler können geeignete Problemversuche sein (z. B. Brownsche Bewegung); vor allem Überraschungsversuche<sup>47</sup> können „Konfliktsituationen“ oder „innere Widersprüche“ hervorrufen (↑ Abschnitt 5.1.1.), die stärkste Stimuli auslösen und Wettbewerbsgedanken in das Klassenkollektiv bringen können (Luftlinse in Wasser; Lochkamera; optische Täuschungen; Kapillaren in verbundenen Gefäßen; Thermodiffusion; polarisiertes Licht; hydro- und aerostatische Paradoxa; Widerstand einer Glühlampe bei verschiedenen Spannungen).

Solche Konfliktsituationen kann man auch dadurch hervorrufen, daß man die Schüler vor schwierige Situationen stellt (Fehlersuche in einer elektrischen Schaltung, z. B. in einem Radioapparat; Reparatur eines elektrischen Meßinstrumentes; Umgang mit komplizierten Meßgeräten wie z. B. Oszillograph oder Tongenerator; selbst das Biegen und Bearbeiten von Glasröhren).

Die einwandfreie Lösung solcher Aufgaben löst im allgemeinen positive Erfolgsmomente beim Schüler aus, die sich in positive Motivationen, die auch in die Folgezeit reichen können, umsetzen.

Die Motivationen und die Handlungen des Schülers sind eng mit seinem inneren Erleben und den damit verknüpften Emotionen verbunden. „Die emotionellen Prozesse gewinnen positiven oder negativen Charakter, je nachdem, ob die Handlung, die das Individuum ausführt, und die Einwirkung, der es unterliegt, in positiver oder negativer Beziehung zu seinen Bedürfnissen, Interessen und Einstellungen steht.“<sup>48</sup> Sie bewirken vorzugsweise den dynamischen Aspekt der Tätigkeit des Schülers.

Aus der Problemstellung ergibt sich die Suche nach der *Lösung des Problems* (↑ S. 138), sofern die aus der Problemsituation erwachsenen Stimuli ausreichen, die Aktivität der Schüler weiterzutreiben.

Der erste Schritt wird die Aufstellung einer Hypothese sein, der zweite die Suche nach Möglichkeiten, sie zu prüfen oder zu verifizieren.

<sup>46</sup> Damit wird die Bildung des inneren Modells mit der Ebene der äußeren Sprache verbunden (Galperin), woraus die Bedeutung der Sprache und des Sprechens für die materiellen Handlungen hervorgeht.

<sup>47</sup> Ein Überraschungsversuch ist ein Experiment, dessen Ergebnis der „praktischen“ Erfahrung, dem „gesunden Menschenverstand“, einer vorgefaßten Meinung (Hypothese) widerspricht,

<sup>48</sup> Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie, S. 572.

Ausgeführte Beispiele bei Lechner<sup>49</sup>, bei Holz/Lechner<sup>50</sup> und für Schülerexperimente bei Schreiter<sup>51</sup>. Man vergleiche die Ausführungen im Abschnitt 5.2.2.7. und besonders die algorithmische Darstellung auf S. 169.

**2. Zur Durchführung des Schulexperiments.** Nachdem die Problemstellung geklärt, die Hypothesen gebildet und die Versuchsanordnung prinzipiell entwickelt worden sind, beginnt deren Realisierung, d. h. der Aufbau und die Durchführung des Versuchs. Während die ersten Schritte im Klassenkollektiv getan wurden, setzt nunmehr die eigene Tätigkeit des Lehrers ein, wobei er höchstens durch ein oder zwei Schüler unterstützt wird.

Sofern das bisher geschilderte Verfahren geübt wurde, müssen die benötigten Geräte- teile auf dem Experimentiertisch oder einem Vorbereitungstisch schon vorher bereit- gestellt sein. Das bedeutet, daß der Lehrer die Lösungsmöglichkeiten und die Varianten bereits vorher durchdacht bzw. entsprechend gesteuert hat. Der Zusammenbau selber erfordert experimentelles Geschick und die gleichzeitige Beschäftigung der Klasse (geistige Einbeziehung in den Versuchsaufbau, Stillbeschäftigung durch Mitzeichnen oder Rechnen, Vorbereitung eines Versuchsprotokolls).

Einfacher für den Lehrer ist das zur Zeit noch am häufigsten geübte Verfahren, die Experimentieranordnung vor der Stunde aufzubauen und das fertige Gerät der Klasse vorzuführen. Beide Verfahren haben Vorzüge und Nachteile. Das letztere ist sicherer, die Gefahr des Mißlingens etwa durch Zerstören von Einzelteilen (z. B. Glasröhren) ist kleiner, es ist (scheinbar) zeitsparend, richtet die Aufmerksamkeit auf das Wesentliche, konzentriert die Beobachtung, vermeidet das Abschweifen, fördert das analytisch- synthetische Denken. Der Lehrer kann sich der Klasse widmen, wird selbst nicht ab- gelenkt, kennt die Meßresultate und kann deshalb Fehlleistungen sofort korrigieren. Das erste Verfahren hat die Vorteile, daß das Versuchsgerät vor den Augen der Schüler entsteht, daß sie aktiv mitwirken können; daß es ein- und durchsichtig erscheint, das synthetische Denken fördert, die Aktivität stärker beeinflußt.

Man erkennt bei dieser Aufzählung, daß die Vorteile des einen Verfahrens den Nach- teilen des anderen entsprechen und umgekehrt. Für die Praxis empfiehlt sich deshalb eingemischtes Verhalten. Bei einfachen Versuchsanordnungen und in unteren Klassen- stufen bevorzuge man den Aufbau in der Unterrichtsstunde; bei komplizierten Auf- bauten mit schwieriger Justierung (Interferenzversuche; Bestimmung des Planckschen Wirkungsquantums) und in den oberen Klassenstufen führe man fertige Versuchs- aufbauten vor und mache sie durch gedankliche Überlegungen und Tafelzeichnungen (oder durch den Einsatz von Bild, Film, Lehrbuch) in ihrer logischen Struktur deutlich. Man vergleiche hierzu die Ausführungen über die Methoden der Aufbauphysik (↑ Ab- schnitt 4.2.2.6.).

Das Experimentieren wird durch das Beachten einiger praktischer Regeln erleichtert und erfolgreicher.

**Erste Grundregel: Jeder Versuch, unabhängig von den beiden obengenannten Ver- fahren, muß vom Lehrer vorher durchprobiert werden.** Nur so ist er sicher, daß der Versuch gelingt, kennt er die Meßergebnisse, weiß er die Gefahrenquellen (↑ Abschnitt 5.4.) einzuschätzen, bemerkt er rechtzeitig die Unbrauchbarkeit eines Meßgerätes. Zur Erleichterung seiner Vorbereitungen verwendet er eigene Versuchskarteien, Literatur (z. B. Girke-Sprockhoff, Zeitschriften, Experimentierbücher), Unterrichtshilfen, Schü- lerprotokolle (z. B. aus dem Praktikum, aus Arbeitsgemeinschaften).

<sup>49</sup> Lechner, H.: Anwendungsbereite Kenntnisse durch elementares Projektieren im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 4, S. 166.

<sup>50</sup> Holz, H., Lechner, H.: Elektrische Messung nichtelektrischer Größen — Bindeglied zwischen Physikunterricht und polytechnischem Unterricht. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 6, S. 257 f.

<sup>51</sup> Schreiter, H.: Zur Typologie der physikalischen Schulversuche. Dissertation TU Dresden 1966, S. 44 f.

Zweite Grundregel: **Das Experiment muß klare, eindeutige, für alle Schüler verständliche Ergebnisse liefern.** Dazu gehört, daß die Geräte allen Schülern gut sichtbar sind (der Lehrer sehe sich seine Apparatur von der letzten Bankreihe unter den gleichen Bedingungen wie in der Physikstunde an), daß die Reaktionen der Meßgeräte nicht zu geringfügig oder die Meßfehler zu groß sind, daß der wesentlichste Teil im Beobachtungsmittelpunkt steht (↑ Abschnitt 7.1.). Der Lehrer prüfe die Erfüllung dieser Forderungen durch einen Schüler der letzten Bankreihe.

Dritte Grundregel: **Zu jeder Versuchsanordnung gehört eine Tafelzeichnung.** Sie dient der Analyse der Experimentieranordnung, der Heraushebung des Wesentlichen, der Hinlenkung der Schüler auf das oder auf ein zu erwartendes Resultat, der Verbindung zwischen der realen Anordnung und ihrer abstrakten Widerspiegelung im Bewußtsein des Schülers. Sie hilft die alte Faraday-Frage klären: „Worauf muß bei diesem Versuch geachtet werden?“ Weitere Hinweise im Kapitel 7.1.

Vierte Grundregel: **Jede Versuchsanordnung ist auf mögliche Gefahrenquellen zu prüfen.** Auf solche Möglichkeiten wird im Abschnitt 5.4. hingewiesen. Der Lehrer gehe im vollen Bewußtsein seiner Verantwortlichkeit für Gesundheit und Leben seiner Schüler und für die Werterhaltung der ihm anvertrauten, oft kostspieligen Geräte an eine entsprechende Prüfung.

Sofern der Lehrer die Grundregeln nicht beachtet hat und damit die Schüler das Wesentliche nicht erfaßt haben oder der Versuch mißlungen ist (wovor auch der beste Lehrer bei sorgfältiger Vorbereitung nicht immer bewahrt bleibt), **muß** der Versuch wiederholt werden. Das ist einesteils unbefriedigend, weil das mühsam aufgebaute Spannungsfeld (Motivation!) unzeitig zusammenbricht und damit in den meisten Fällen negative Erfolgsmomente beim Schüler hervorgerufen werden; andererseits erfährt der Schüler ein wesentliches Kennzeichen des Experiments: seine Wiederholbarkeit zu beliebiger durch den Experimentator zu bestimmender Zeit. Die Wiederholung kann in der gleichen Stunde geschehen, wenn der Lehrer nach ruhigem, zielstrebigem Suchen den Fehler in kurzer Zeit gefunden hat. Dabei sollte er nicht die Klasse außer acht lassen, sie gegebenenfalls durch einen Schüler bei der Fehlersuche beteiligen oder sie in sinnvoller Weise (durch geeignete Stillbeschäftigung) in einem möglichst frühen Stadium von eventuell auftretender Schadenfreude ablenken. Ist der Fehler nicht zu finden, wird der Versuch abgebrochen und in der nächsten Stunde wiederholt.

### **Wiederholungsversuche**

Experimente können auch geplant wiederholt werden. Solche Fälle treten auf bei der Bestimmung von Naturkonstanten ( $g$ -Bestimmung, Elastizitätsmodul) oder von Proportionalitätskonstanten (mechanisches und elektrisches Wärmeäquivalent), deren Genauigkeit durch eine größere Zahl von Messungen (und durch Fehlerausgleichsrechnungen) erhöht werden kann. Eine andere geplante Möglichkeit ist die Wiederholung von Versuchen durch Schüler bei der Stoffwiederholung oder in Abschlußprüfungen; hier dient die Wiederholung der Prüfung des Verständnisses oder der Leistungskontrolle.

### **Varierte Versuche**

*Eine besondere Form des Wiederholungsversuchs ist der variierte Versuch.* Hierbei besteht die Variation darin, daß in derselben Versuchsanordnung eine der unabhängigen physikalischen Größen variiert und die dadurch bedingte Änderung der abhängigen Größe beobachtet bzw. gemessen wird. Auf diese Weise wird der funktionale Zusammenhang beider Größen entweder qualitativ (in Form der Kleiner-Größer- oder Größer-Größer-Beziehung, z. B. bei der Ableitung der Linsengleichung, der Bestimmung des Ohmschen Gesetzes) oder quantitativ (in Form eines Gesetzes) mit Hilfe der in 5.2.2. beschriebenen Methoden erarbeitet. *Der variierte Versuch ist die am häufigsten verwendete Versuchsform.*

### Parallelversuche

Beim gegenwärtigen Stand der Methodik macht sich eine besondere organisatorische Form des variierten Versuchs immer stärker bemerkbar. Bisher wurden die variierten Versuche hintereinander ausgeführt (*Reihenversuche*). Um beispielsweise die Abhängigkeit der Temperaturerhöhung von der Wassermasse festzustellen (Kl. 8), wurde die gleiche Wärmemenge in nacheinander folgenden Versuchen (einer Versuchsreihe) verschiedenen Wassermassen zugeführt. Es liegt eigentlich nahe, *in gleichen oder annähernd gleichen Versuchsordnungen die Versuche nebeneinander und gleichzeitig auszuführen* (*Parallelversuche*) (Bild 35) (↑ S. 173ff.).

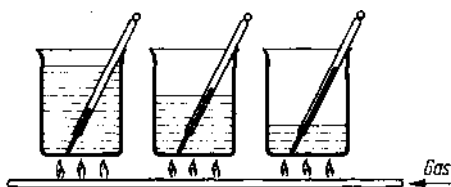


Bild 35 Grundsätzliche Demonstrationsanordnung für Parallelversuche

Diese wohl zuerst von Roth<sup>52</sup> in größerem Umfang verwirklichte und theoretisch begründete Möglichkeit ist eine folgerichtige Anwendung der seit langem bekannten Analogiemethode, deren wesentliches Element das Vergleichen zweier oder mehrerer Systeme (von Gegenständen, Erscheinungen, Vorgängen) in adäquaten oder analogen Bereichen ist (Vergleich von mechanischen, optischen, elektrischen Schwingungen; Gegenüberstellung von Translations- und Rotationsbewegungen u. a.). Der typische Unterschied zur Analogiemethode liegt bei dem neuen Verfahren darin, daß die zu vergleichenden Systeme (z. B. Versuchsapparaturen oder Versuchsabläufe) gleichzeitig dargeboten werden. Poljakowa<sup>53</sup> nennt diese Methode die „gleichzeitige (simultane) Gegenüberstellung“ und findet in ihren Untersuchungen (1957) deutlich bessere Lernergebnisse bei Anwendung dieser Methode als bei isolierter Darbietung.

Bei der geistigen Verarbeitung der Parallelversuche sind — wie bei jedem Vergleich — analytisch-synthetische Denkkakte von besonderer Bedeutung. Der Vergleich „ist eine Analyse, die mittels einer Synthese erfolgt und zur Verallgemeinerung, also zu einer neuerlichen Synthese führt“<sup>54</sup>. Damit gewinnt auch die im Abschnitt 5.2.2.1. behandelte analytisch-synthetische Methode eine spezielle Erweiterung.

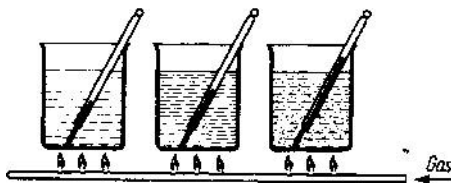
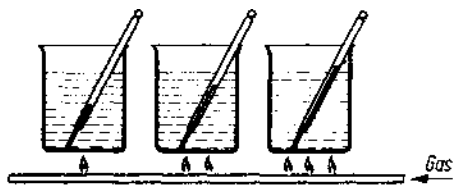
Psychologisch gesehen führt die geistige Auseinandersetzung der Schüler mit relativ zusammengesetzten und doch wieder vergleichbaren Apparaturen (oder Systemen im kybernetischen Sinne) zu größerer Aktivität, zu einer genaueren und auch dauerhafteren Differenzierung und synthetischen Abstrahierung einer physikalischen Beziehung oder eines Gesetzes oder eines Begriffes. Hier besteht eine gewisse Beziehung auch zu den Methoden der Aufbauphysik (↑ Abschnitt 4.2.2.6.). Gleichzeitig wird die Effektivität der Unterrichtsstunde erhöht.

<sup>52</sup> Nach persönlicher Mitteilung um 1960.

<sup>53</sup> Zitiert in Lompscher, L.: Kenntniserwerb und geistige Entwicklung in der Unterstufe. S. 62.

<sup>54</sup> Rubinstein, S. L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung. S. 37.

Bild 36 Abgewandeltes Beispiel nach Bild 35      Bild 37 Abgewandeltes Beispiel nach Bild 35



Es gibt verschiedene Möglichkeiten, das Verfahren abzuwandeln. Das Bild 36 zeigt ein Beispiel<sup>55</sup>, in dem verschiedene Wärmemengen jeweils gleichen Wassermassen zugeführt werden; in Bild 37 sind die Stoffe, die untersucht werden, verschieden. Das letzte Beispiel gab die Anregung zur Konstruktion des neuen Wärmeausdehnungsgerätes nach Tyndal, bei dem nach einem Vorschlag von Roth in einem Versuch drei verschiedenartige Metallstäbe gleichzeitig erwärmt werden (Bild 38).

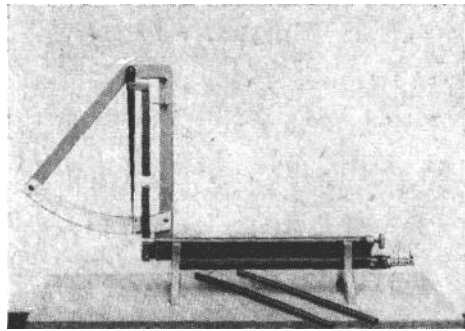
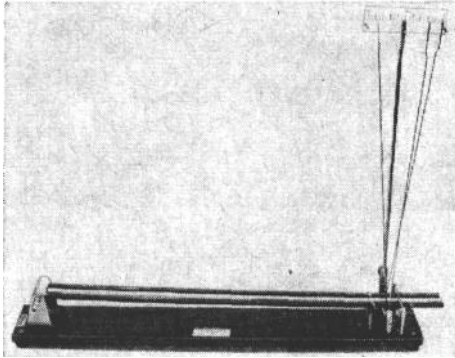


Bild 38 Handelsübliches Gerät zur Verwirklichung des Gedankens der Parallelversuche

Bild 39 Im Vergleich zum Bild 38 erfordert die Einfachanordnung eine geringere Beobachtungs- und Abstraktionsfähigkeit

Bei den Parallelversuchen<sup>56</sup> liegt in den unteren Klassenstufen (Kl. 6 bis 8) das Hauptaugenmerk auf dem Vergleichen als Tätigkeit; die Schüler müssen das Vergleichen bei komplizierteren physikalischen Geräten und Versuchen erst lernen (Bild 39). In den höheren Klassenstufen (Kl. 9 bis 12) tritt das Lernmotiv stärker zurück, hier dienen

<sup>55</sup> Die Beispiele der Bilder 35 bis 37 nach Roth (noch unveröffentlichte Dissertation).

<sup>56</sup> Andere Beispiele findet man bei Girke/Sprockhoff, Teil 8, Bild 64/1 und 68/2. Auf dem gleichen Prinzip beruht das Loosersche Thermoskop. Die angeführten Anordnungen findet man interpretiert in Unterrichtshilfen (Kl. 6, 1967), S. 140 und bei Haspas, K.: Aufbauphysik, S. 49ff.

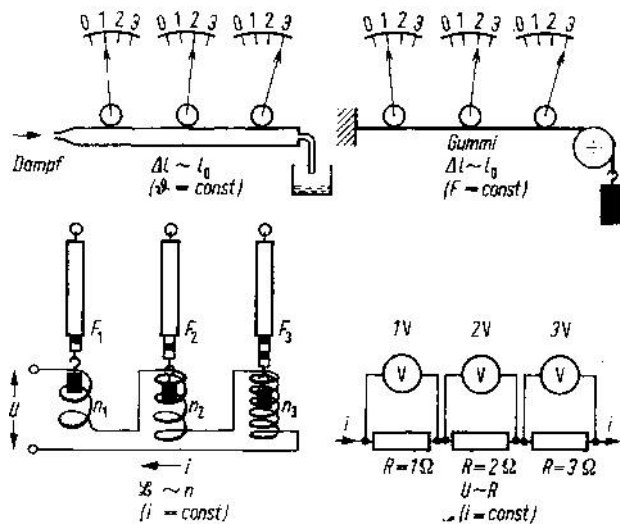


Bild 40 Beispiele für Parallelversuche als Mittel der Rationalisierung nach dem Grundgedanken des Bildes 38

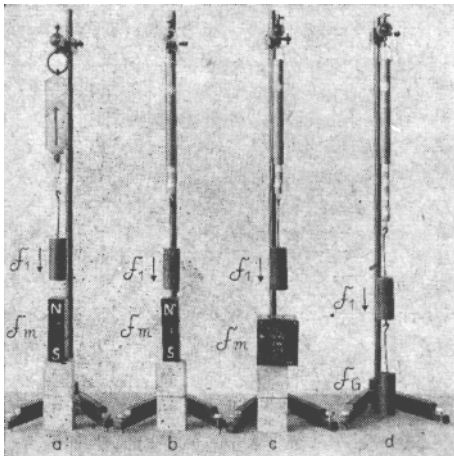


Bild 41 Auslenkung  $\Delta l$  einer Schraubenfeder durch Feldkräfte  $F$  als Beispiel für adäquate (a bis c) bzw. analoge (c und d) Versuchsanordnungen

die Parallelversuche der *Rationalisierung* der Unterrichtsstunde, indem die zeitaufwendigen Reihenversuche durch die zeitsparenden Parallelversuche ersetzt werden. Das Bild 40 zeigt Versuchsanordnungen aus verschiedenen Teilgebieten des Physikunterrichts.

Man kann die bisher beschriebenen Parallelversuche in der Weise stärker abwandeln, daß einzelne Elemente der Versuchsanordnungen variiert werden, d. h. *daß die Bauelemente der zu vergleichenden Versuchssysteme mehr oder weniger ähnlich gemacht, werden*. Sind die Bauelemente bzw. die Versuchsanordnungen ähnlich, wie im Bild 41 a bis c, bezeichnet man die mit ihnen ausgeführten Versuche als *adäquat*.

Werden die Bauelemente bzw. die Versuchsanordnungen unähnlich, wie im Bild 41c und d, werden die Experimente als *analoge* Versuche bezeichnet.

Charakteristisch für adäquate und analoge Versuche ist, daß die ihnen zugeordneten Versuchsanordnungen zueinander *merkmalsaffin* sind<sup>57</sup>.

Betrachtet man noch solche Versuchsanordnungen, bei denen die Versuchsaapparaturen weitgehend gleich sind, die zu ermittelnde Gesetzmäßigkeit dieselbe ist (wie bei Schülerexperimenten in gleicher Front oder die Versuche nach den Bildern 35 bis 37), kann man von *kongruenten* Versuchen mit *affinen* Versuchsanordnungen sprechen.

Geht man vom Systemcharakter der genannten Versuche aus, so bilden offenbar kongruente Versuche *homologe Systeme*, während adäquate und analoge Versuche als *analoge Systeme* bezeichnet werden können.

Charakteristisch für diese drei Versuchstypen ist erstens, daß ihre Versuchsanordnungen mehr oder weniger ähnlich sind, und zweitens, daß die in ihnen festzustellende Gesetzmäßigkeit in allen verglichenen Fällen mathematisch dieselbe ist.

Vergleicht man jedoch Fälle, die weder in den wesentlichsten Elementen ihrer Versuchsanordnungen ähnlich noch in den sich in ihnen widerspiegelnden Gesetzmäßigkeiten gleich sind, erhält man *heterologe Systeme* mit *inaffinen* Versuchsanordnungen. Beispiele hierfür sind der Vergleich eines Dispersionsspektrums mit einem Beugungsspektrum (Lehrplan Kl. 11 u. 12 (1968), S. 24) oder der Vergleich der Wirkungsweise einer Röhre mit der eines Transistors (Kl. 10). Bei diesen vergleichenden Versuchen kommt es weniger auf das Gemeinsame als vielmehr auf das Differenzierende, Andersartige in den Versuchsanordnungen und Gesetzmäßigkeiten an. Man könnte sie deshalb *differenzierende* Versuche nennen (Bild 42).

Mit diesen Begriffsfestsetzungen gewinnt man die Möglichkeit einer Klassifikation der Parallelversuche, wenn man als ordnende Parameter die Affinität zwischen Versuchsanordnung VA und die Gleichheit der Gesetzmäßigkeiten G zugrunde legt. In der folgenden Tabelle ist eine solche Ordnung dargestellt.

<sup>57</sup> Zur Bezeichnungsweise vergleiche man S. 216.

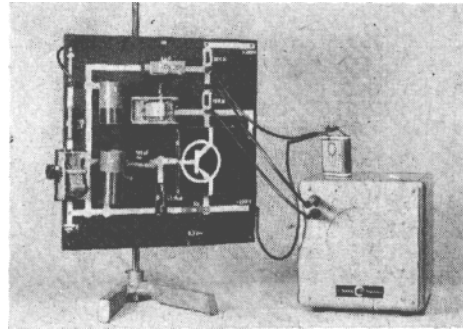
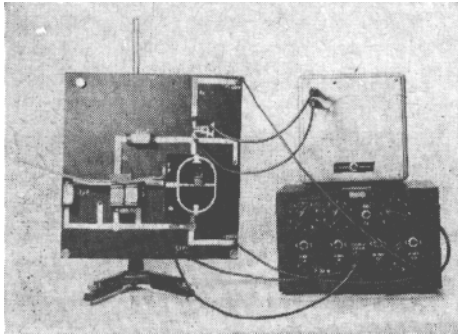


Bild 42 Vergleich zwischen Röhre (a) und Transistor (b) als Beispiel für heterologe Versuchsanordnungen mit differenzierenden Versuchen

### Klassifikation von Parallelversuchen

#### 1. Affine Versuchsanordnungen (homologe Systeme)

- a)  $VA_1 = VA_2$ : Versuchsanordnungen gleich  
 b)  $G_1 = G_2$ : Gesetzmäßigkeiten gleich } **kongruente** Versuche

Beispiele: Schülerexperimente in gleicher Front; Versuche nach Bild 35 bis 37

#### 2. Merkmalsaffine Versuchsanordnungen (analoge Systeme)

- a)  $VA_1 \sim VA_2$ : Versuchsanordnungen ähnlich  
 b)  $G_1 = G_2$ : Gesetzmäßigkeiten gleich } **adäquate** Versuche

Beispiel nach Bild 41 a bis c

- a)  $VA_1 \neq VA_2$ : Versuchsanordnungen nicht ähnlich  
 b)  $G_1 = G_2$ : Gesetzmäßigkeiten gleich } **analoge** Versuche

Beispiel nach Bild 41c und d

#### 3. Inaffine Versuchsanordnungen (heterologe Systeme)

- a)  $VA_1 \not\sim VA_2$ : Versuchsanordnungen nicht ähnlich  
 b)  $G_1 \neq G_2$ : Gesetzmäßigkeiten nicht gleich } **differenzierende** Versuche

Beispiele: Vergleich Röhre — Transistor (Bild 42); Vergleich Dispersions-Beugungsspektrum.

Die didaktische Bedeutung einer derartigen Klassifikation liegt darin, daß das Vergleichen auf verschieden hoher Abstraktionsstufe liegt und durch das Affinitätsgefälle beim Übergang von homologen zu heterologen Systemen der Klassensituation und den Alterseigentümlichkeiten der Schüler weitgehend angepaßt werden kann<sup>58</sup>. Erste Ansätze zur schulpraktischen Verwirklichung dieser vergleichenden Methode (oder auch Analogiemethode) findet man in Lehrplänen angedeutet (z. B. Lpl. Kl. 6 [1968] (S. 19) und in einigen Lehrbüchern ausgeführt (vgl. Analytisch-synthetische Methode). Weitere Beispiele in: Physikunterricht, Methodisches Handbuch für den Lehrer, Berlin 1961, S. 194; Lehrbuch Kl. 9 (1965) (S. 90 f.)

Die Parallelversuche gewinnen eine besondere didaktische Bedeutung bei zusammenfassenden systematisierenden Wiederholungen besonders in den Abschlußklassen, vor Prüfungen und bei den zusammenfassenden Lektionen in Kl. 10 bzw. 12. Bild 43 zeigt ein Beispiel<sup>59</sup>. Hier sind analoge Versuche aus verschiedenen Teilgebieten der Physik zusammengestellt.

<sup>58</sup> Vgl. dazu Manthei, W.: Die Erkenntnisstufung beim vergleichenden Zuordnen physikalischer Versuche. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 9, S. 378.

<sup>59</sup> Aus Manthei, W.: Die inhaltlich-methodische Gestaltung der Schwingungs- und Wellenlehre. In „Physik in der Schule“, 4 (1960), H. 7/8, S. 327.






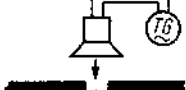


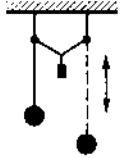
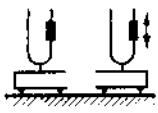
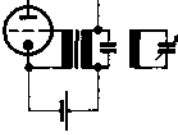
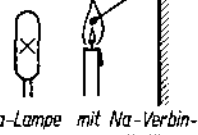
	Mechanik	Akustik	Elektrik	Optik
Brechung	 <p>flacher <math>\Delta</math>-Körper in Wellenwanne</p>	 <p>CO<sub>2</sub> in einem Prisma mit Seidenwänden</p>	 <p>Paraffinprisma</p>	 <p>Glasprisma</p>
Beugung	 <p>Wasserwellen in einer Wellenwanne</p>			
Resonanz				 <p>Na-Lampe mit Na-Verbin- dung gelb färben</p>

Bild 43 Analoge Versuchsanordnungen zur Systematisierung und Wiederholung

**3. Zur Auswertung der Schalexperimente.** Über die Auswertung von Schalexperimenten sind in den Lehrbüchern, in den Unterrichtshilfen und in der Zeitschrift Physik in der Schule so viele umfangreiche und bis in spezielle Einzelheiten gehende Ausführungen für alle Klassenstufen gemacht, daß sich die folgende Darstellung auf eine Zusammenfassung der wichtigsten Grundsätze und auf einige Hinweise auf neuere Erkenntnisse der speziellen Erkenntnistheorie (Bedeutung der Semiotik und der Informationstheorie für die Auswertung der Schalexperimente) beschränken kann.

Die Grundaufgabe besteht darin, entweder aus der reinen Beobachtung (z. B. von Freihandversuchen) oder aus Meßwerten qualitative oder quantitative Beziehungen bzw. Gesetze abzuleiten. Die damit verbundenen didaktischen Aufgabenstellungen sind in Bild 44 dargestellt.<sup>60</sup> In erkenntnistheoretischer Hinsicht erkennt der Schüler in dieser Phase am deutlichsten die methodologische Bedeutung des Experiments (↑ S. 147) als Quelle der Erfahrung und Ausgangspunkt unserer Erkenntnisse. Qualitative Versuche können auch der Problemstellung, der Illustrierung von Gedanken (etwa von Modellvorstellungen), der Bildung von Emotionen (durch funktionsfähige Modelle wie Spielzeugeisenbahnen, Dampfmaschinen) dienen. Sie finden ihren Niederschlag als Merksätze, die an die Tafel oder ins Heft geschrieben werden, wobei sie — besonders in den Klassen der Mittelstufe — nicht mit dem Lehrbuch identisch sein sollten<sup>61</sup>, oder als Tafelzeichnung. Sie sind häufig ein Kettenglied bei der methodischen Entwicklung eines Lehrziels.

Bei quantitativen Versuchen werden entweder funktionale Zusammenhänge abgeleitet (Relationen wie z. B. kleiner—größer; Beispiele: Stromstärke und Widerstand an einem Leiter; Gegenstandsweite und Bildweite bei einer Linse) oder quantitative Gesetze (z. B.  $I = U/R$ ). Man bedient sich dabei der im Abschnitt „Erarbeitende Methoden“

<sup>60</sup> Aus Unterrichtshilfen Physik, 6. Kl. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 7/8, S. 357.

<sup>61</sup> In diesen Fällen fehlt jede stimulierende Wirkung auf den Schüler, sich aktiv mit dem Inhalt des Merksatzes auseinanderzusetzen.

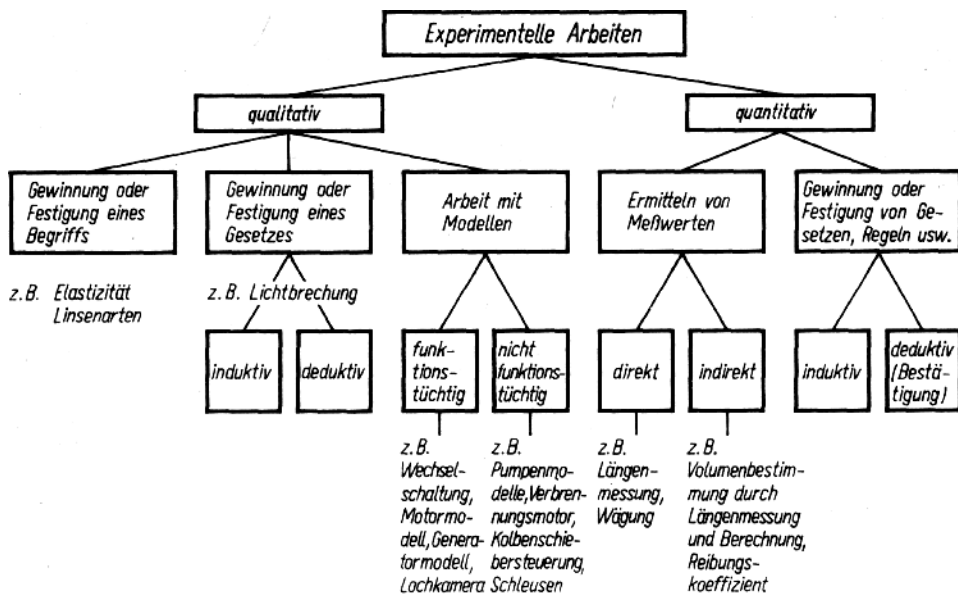


Bild 44 Didaktische Aufgabenstellungen bei qualitativen und quantitativen Versuchen

dargestellten Verfahren. Zur Ableitung der quantitativ ausgedrückten Gesetze ist die Genauigkeit der Messungen wesentlich. Je geringer Erfahrung, Übung und Abstraktionsvermögen der Schüler sind, desto genauer sollten die Meßwerte sein. In unteren Klassen muß der Lehrer zuerst für eine geeignete 'Abrundung' sorgen, dann in zunehmendem Maße auf Meßfehler und Fehlerausgleichsrechnungen hinweisen. Im allgemeinen sollte der Meßfehler  $\pm 5\%$  nicht übersteigen; sonst sollte man von der Bestimmung der Größenordnung sprechen (Beispiele: Bestimmung des Elastizitätsmoduls; des Planckschen Wirkungsquantums). Andererseits sollte sich der Lehrer vor Übertreibungen hüten. Beispiel: Bestimmung einer Wassermasse von etwa 1000 g auf 1 g genau. Auf gleicher Linie liegt die häufig bei Schülern zu beobachtende Tatsache, die „Genauigkeit“ von Rechnungen durch eine möglichst große Zahl von Dezimalen zu „erhöhen“. Das Abschätzen gehört zur geistigen Durchdringung des Versuchs in der Vorbereitung und in der Auswertung. Naturgemäß ist die Genauigkeit einer Versuchsanordnung vom materiellen und zeitlichen Aufwand abhängig. Im Interesse einer vernünftigen Bildungsökonomik sollte der Lehrer Aufwand und Ergebnis in die richtige Beziehung setzen.

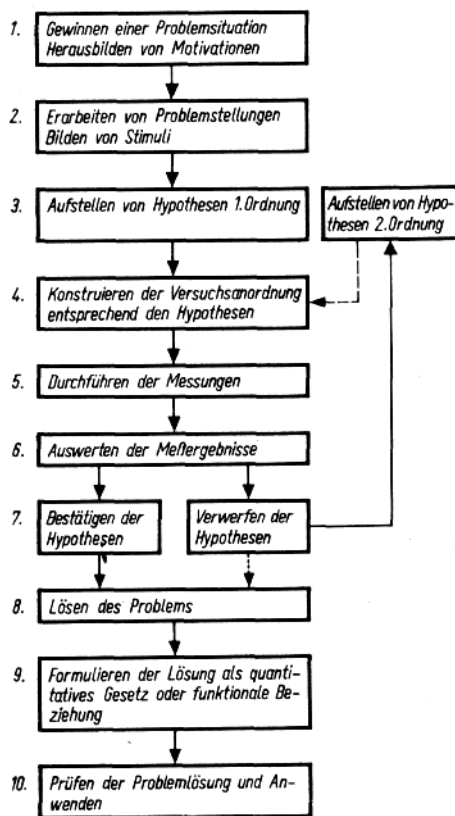
Bei der Auswertung sind das Aufstellen einer Meßreihe (Paarmengenbildung), ihre graphische Darstellung und die aus ihnen sich ergebende Ableitung des Gesetzes entscheidende Glieder im gesamten Experimentierprozeß. (↑ Beispiele S. 109 und 187) Von gleicher Wichtigkeit wie das Vermögen, den logischen Zusammenhang zwischen Experiment, Meßwerten, graphischer Darstellung und Formel erkennen zu können, ist die Fähigkeit des Schülers, diesen Prozeß mündlich schon während des Versuchs oder später (bei der Wiederholung; der Anwendung; der Leistungskontrolle) wiedergeben zu können. Es ist eine bekannte Tatsache, daß das den Schülern bis in die Mittelklassen große Schwierigkeiten, insbesondere bei der mit der Auswertung des Experimentes verbundenen Begriffsbildung, bereitet.<sup>62</sup> Auf noch größere Schwierigkeiten

<sup>62</sup> Haspas, K.: Einige erkenntnistheoretische Fragen des naturwissenschaftlichen Unterrichts. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4, S. 175.

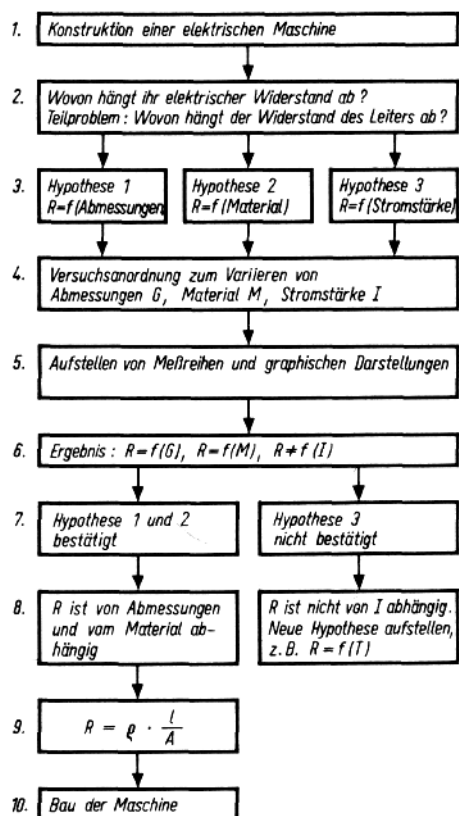
stößt der Schüler bei der Deutung und Interpretierung der als mathematische Gleichung ausgedrückten physikalischen Erkenntnis. Die Gleichung stellt in erkenntnistheoretischem Sinne ein Symbol dar, wie etwa auch Schaltschemata, Versuchsskizzen, graphische Darstellungen und Tafelzeichnungen. Alle diese Symbole sind im Grunde nur Fixierungen der von dem Experiment abgegebenen Signale (↑ S. 151) und gedankliche Abbilder des realen Objektes und der sich an ihm abspielenden, im Experiment erkundeten Erscheinungen. Der Informationsgehalt dieser Signale und der sie vertretenden Symbole hängt von der Erfahrung (Übung) und von den Kenntnissen des Schülers ab. Diese Erfahrung ist in den mittleren Klassen relativ gering, deshalb fällt den Schülern das Operieren mit den Zeichen schwer. Schon die Zuordnung zwischen dem Objekt und dem es darstellenden Symbol — die Sigmantik (/ S. 18) — gelingt häufig nicht<sup>63</sup>, noch schwieriger ist das Herausarbeiten der Bedeutungsfunktion (Semantik). Weitere Ausführungen zu diesem für die Methodik immer bedeutsamer werdenden Thema findet man bei Klaus<sup>64</sup>.

4. Algorithmische Darstellung des Experimentierprozesses. Die wesentlichen Schritte des Experimentierprozesses lassen sich im folgenden Schema allgemein darstellen; die beim Abarbeiten des Algorithmus auftretenden Handlungsvollzüge sind an einem Beispiel erläutert.

Algorithmus für den Experimentierprozeß



Beispiel für die Anwendung des Algorithmus

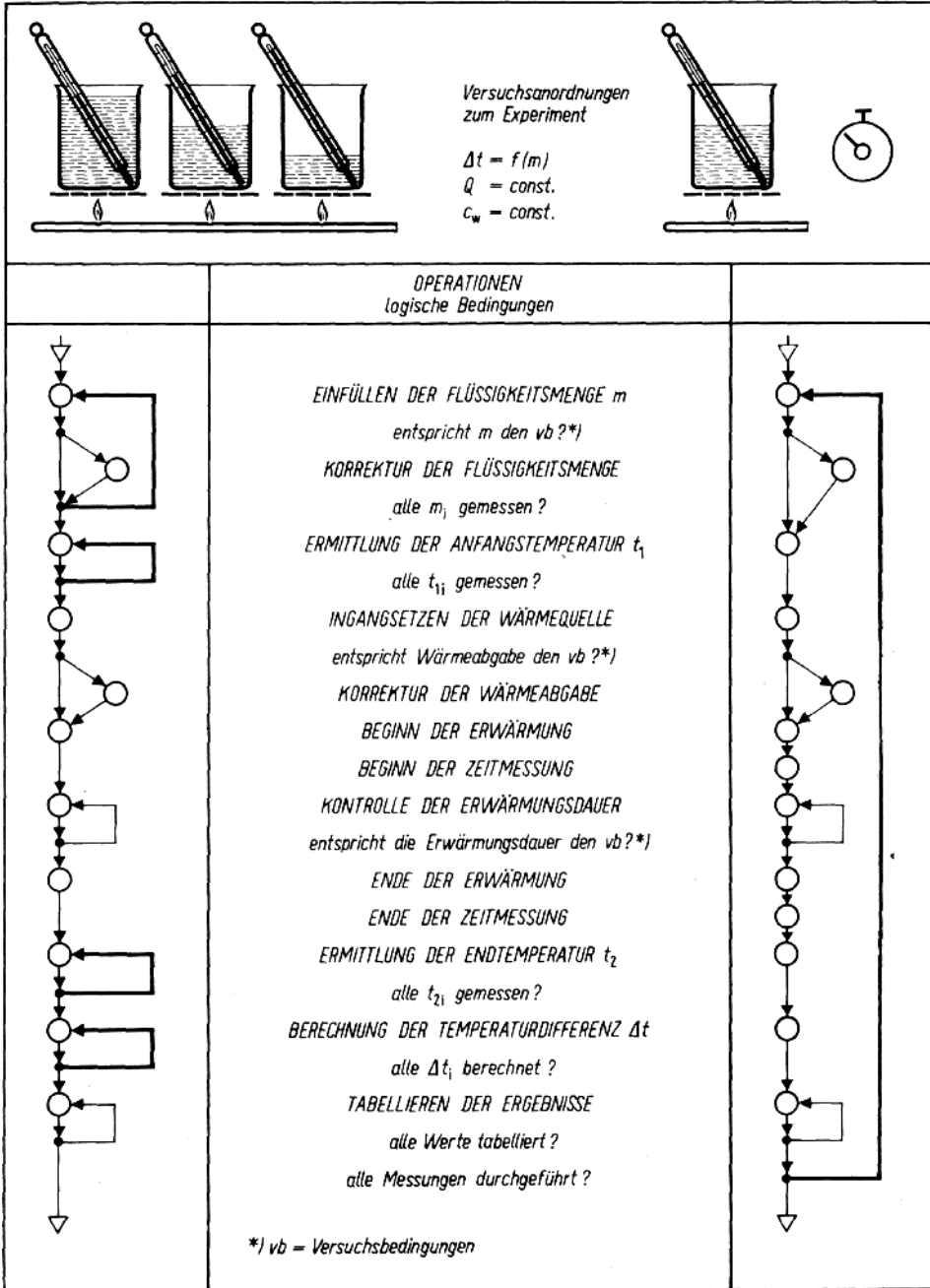


<sup>63</sup> Haspas, K.: Einige erkenntnistheoretische Fragen, S. 175.

<sup>64</sup> Klaus, G.: Spezielle Erkenntnistheorie. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966.

Der angegebene Algorithmus ist nicht „streng“ im Sinne der auf S. 111 gegebenen Definition, er müßte sonst wesentlich verfeinert und bis auf elementare Grundoperationen aufgliedert werden. Die hierbei auftretenden Schwierigkeiten zeigt eine Arbeit

Bild 45 Graphen von Lösungsalgorithmen der Parallelversuche nach Bild 35 im Vergleich zu einem isolierten Versuch



von Roth<sup>65</sup>, der einen Algorithmus für das auf S. 162 beschriebene Beispiel eines Parallelversuchs gibt und auch die Graphen veranschaulicht. Die vorstehende Darstellung (Bild45) zeigt die Rothsche Lösung.

### 5.3.2. *Das Schülerexperiment*

Eine besondere Stellung im Experimentalunterricht nehmen die Schülerexperimente ein. Sie dienen neben der Kenntnisvermittlung vor allem der Fähigkeits- und Persönlichkeitsentwicklung der jungen Menschen und tragen dazu bei, in der Schule geistige und manuelle Arbeit miteinander zu verknüpfen, das theoretische *Kennen* naturwissenschaftlicher Fakten und Probleme durch die praktische Tätigkeit beim Experimentieren zu einem *geistigen* und *manuellen Können* der Schüler auszuweiten. Die Schüler sollen durch ihr Selbsttun bei der Planung und Durchführung der Schülerexperimente, beim Aufbau der Experimentieranordnungen und bei der Auswertung der Experimentierresultate die Art und Weise des Experimentierens und der Erkenntnisgewinnung näher kennenlernen (↑ S. 148). Ein solch hohes Ziel läßt sich im Unterricht aber nur durch den regelmäßigen, wohlausgewogenen Einsatz von Schülerexperimenten erreichen und erfordert für die Schüler eine länger Zeit der Einarbeitung und Gewöhnung an die experimentelle Arbeitsweise. Aus diesem Grunde sind Schülerexperimente nicht sporadisch und voneinander losgelöst, sondern unter dem Gesichtspunkt der systematischen Wissens- und Könnensentwicklung auf lange Sicht geplant durchzuführen. Die verbindlich durchzuführenden Schülerexperimente sind im Lehrplan an den entsprechenden Stellen besonders ausgewiesen, was nicht ausschließt, darüber hinaus weitere Schülerexperimente in den Unterrichtsprozeß organisch einzubauen.

#### 5.3.2.1. *Geschichtliche Entwicklung*

Die Forderung nach praktischen Schülerexperimenten im Schulunterricht oder als Freizeitbeschäftigung ist gelegentlich schon in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts von Theoretikern der Pädagogik und von einigen fortschrittlichen Schulpraktikern erhoben worden, doch scheiterten ihre Vorschläge und Programme meist an den schlechten Schulverhältnissen und der volksfeindlichen Schulpolitik der herrschenden Klasse. Erst mit der schnellen Entwicklung der Produktivkräfte in der Übergangsphase zum industriellen Kapitalismus um die Mitte des 19. Jahrhunderts war in den deutschen Schulen eine gewisse Hinwendung zum Experimentalunterricht zu beobachten, der sich in den Realschulen der Industrie- und Handelszentren am ehesten auswirkte; in den reinen Landwirtschaftsgebieten dagegen (z. B. in Ostelbien) vollzog sich dieser Wandlungsprozeß nur sehr zögernd und schleppend. Die Ausbildung pädagogischer Theorien über die Selbsttätigkeit der Schüler, der Übergang von der handwerklichen Einzelanfertigung der Lehrmittel zur Serienproduktion in den Industriebetrieben, die Einrichtung physikalischer Praktika an den Universitäten und Hochschulen, die relativ frühe Einführung chemischer Schülerübungen, die Durchsetzung physikalischer Schülerübungen an englischen, amerikanischen und französischen Schulen und die Hinwendung zum Handfertigkeitsunterricht an deutschen Schulen führte am Ende des 19. Jahrhunderts an verschiedenen höheren Schulen zur Einrichtung physikalischer Schülerübungen. Bahnbrecher für die theoretische Propagierung und den praktischen Einsatz physikalischer Schülerübungen an den höheren Schulen Deutschlands waren Bernhard Schwalbe und Hermann Hahn (Berlin), Karl Noack (Gießen), Ernst Grimsehl (Hamburg) u. a. An den deutschen Volksschulen setzte die

<sup>65</sup> Roth, H.: Die quantitative Strukturanalyse von Lösungsalgorithmen als Mittel zur Optimierung von Meßvorgängen beim physikalischen Experiment. In „Wissenschaftliche Zeitschrift der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt“, Jg. IX (1967), S. 255.

Entwicklung — von einigen Ausnahmen abgesehen — erst im 20. Jahrhundert ein, kam aber wegen der reaktionären Schulpolitik der herrschenden Bourgeoisie nie zur vollen Entfaltung.

Die Zweckmäßigkeit und Notwendigkeit zur Einrichtung von Schülerübungen wurden in den folgenden Jahren theoretisch vielfach diskutiert und von vielen Lehrern mehr und mehr anerkannt. Im Lehrplan von 1901 für die höheren Schulen Preußens heißt es: „Derartige Übungen, die bei richtiger Leitung einen nicht zu unterschätzenden erzieherischen Wert haben, sind unter Umständen auch für das Gebiet des physikalischen Unterrichts zulässig.“<sup>66</sup> In den Vorschlägen der Unterrichtskommission der Gesellschaft Deutscher Naturforscher und Ärzte (Meraner Reformvorschläge von 1905) wurde der Grundsatz formuliert: „Für die physikalische Ausbildung der Schüler sind planmäßig geordnete Übungen im eigenen Beobachten und Experimentieren erforderlich (↑ S. 9/10).“<sup>67</sup>

Zu einer allgemeinen, umfassenden Durchsetzung der Schülerübungen kam es zunächst weder an den höheren Schulen noch an den Volksschulen. In Preußen waren nach einer Untersuchung von J. Norrenberg aus dem Jahre 1909 an 20% aller Gymnasien, an 62% aller Realgymnasien, an 91% aller Oberrealschulen und an 6% aller Nicht-vollanstalten naturwissenschaftliche Übungen eingeführt worden, von denen 40% in Physik, 60% in Chemie und Biologie erteilt wurden.<sup>68</sup> Eine reiche Literatur aus jener Zeit spricht zwar für das große Interesse vieler Lehrer an Fragen der Schülerübungen (eine ausführliche Literaturzusammenstellung darüber findet man in dem Buch von Hermann Hahn: Handbuch für physikalische Schülerübungen, Berlin 1908), doch darf diese Tatsache nicht darüber hinwegtäuschen, daß Schülerübungen nicht in dem Maße wie beschrieben auch praktiziert wurden.

Die Ausbreitung und praktische Durchsetzung der physikalischen Schülerübungen wurde durch die Auswirkungen des ersten Weltkrieges, durch die Inflation und die große Wirtschaftskrise Ende der zwanziger Jahre selbst in den gehobenen bürgerlichen Schulen aufgehalten und zum Teil wieder rückgängig gemacht, obgleich die Schülerübungen in der Zeit der Reformpädagogik theoretisch fast überall anerkannt waren. In den Volksschulen waren die Schülerübungen nie über gewisse Ansätze hinausgekommen und sind nur in Ausnahmefällen praktiziert worden.

Zur Zeit der faschistischen Diktatur in Deutschland wurde den Schülerübungen keine besondere Bedeutung beigemessen.

Beim Aufbau der antifaschistisch-demokratischen Schule nach dem zweiten Weltkrieg sind bald die ersten Versuche zur Belebung des experimentellen Unterrichts unternommen worden. Die zentrale Stellung des Experiments im naturwissenschaftlichen Unterricht wurde betont und bereits im Lehrplan von 1947 deutlich hervorgehoben; ähnliche Hinweise und Bemerkungen findet man in den später herausgegebenen Lehrplänen regelmäßig wieder. Etwa seit Mitte der fünfziger Jahre wurde die Durchführung von Schülerübungen stark propagiert und z. B. durch Preisausschreiben gefördert.<sup>69</sup> Bei der betonten Hinwendung auf die Schülerübungen und Praktika konnte auf die reichen Erfahrungen in der sowjetischen Schule zurückgegriffen werden,<sup>70</sup> wodurch der gesamte Entwicklungsprozeß wesentlich beschleunigt wurde. Ein wichtiger Schritt zur allgemeinen Durchsetzung physikalischer Schülerexperimente wurde

<sup>66</sup> Dannemann, F.: Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage. Hannover u. Leipzig 1907, S. 36.

<sup>67</sup> Dannemann, F.: A a. O., S. 341.

<sup>68</sup> Norrenberg, J.: Die naturwissenschaftlichen Schülerübungen an den höheren Lehranstalten Preußens. In „Monatszeitschrift für höhere Schulen“, 8. (1909), S. 481.

<sup>69</sup> Vgl. zum Preisausschreiben: „Mathematik und Physik in der Schule“, 3 (1956), S. 529.

<sup>70</sup> Mainzer, G.: Schülerlaborarbeiten in der sowjetischen Schule. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 2 (1955), S. 498 bis 507.

Lange, F.: Das Experiment im Physikunterricht der sowjetischen Schule. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 9 (1962), S. 827 bis 833.

gemacht, als fn der DDR 1959 mit der Einführung der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule zum ersten Male auf deutschem Boden für alle Schüler physikalische Schülerübungen im Physikunterricht von Klasse 6 an verbindlich eingeführt wurden. Damit war jeder Unterschied zwischen der Grundschule und der höheren Schule betreffs der Schülerübungen endgültig überwunden, während er auf Grund des bestehenden Bildungsprivilegs der herrschenden Klasse in der bürgerlichen Schule noch heute in Westdeutschland vorzufinden ist.

In den folgenden Jahren wurden in der DDR alle notwendigen Maßnahmen ergriffen, um die Voraussetzungen zur Realisierung der Schülerexperimente und Praktika in allen Schultypen (allgemeinbildende Oberschule, berufsbildende Schule, Fachschule, Sonderschule) zu schaffen; Schülerexperimente und Praktika sind inzwischen zu einem festen Bestandteil des Physikunterrichts geworden;

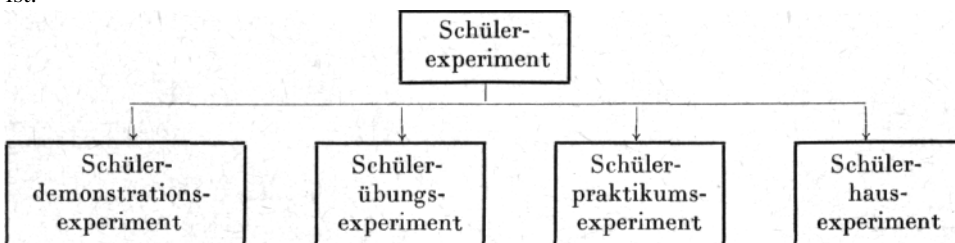
in Westdeutschland dagegen ist bis heute keine ähnlich breite Durchsetzung physikalische'r Schülerexperimente zu beobachten.

Nähere Angaben zur geschichtlichen Entwicklung der Schülerübungen entnehme man dem Buch von K.-H. Lautenschläger<sup>71</sup> und einer Arbeit von Chr. Heermann.<sup>72</sup>

### 5.3.2.2. Begriff und Einteilung der Schülerexperimente

Unter einem Schülerexperiment oder einem Schülerversuch<sup>73</sup> versteht man jedes Experiment, das ein einzelner Schüler oder eine kleine Schülergruppe im systematischen Klassenunterricht oder in Verbindung mit ihm in irgendeiner Form selbständig bearbeitet. Das Schülerexperiment kann wie das Lehrerexperiment unabhängig von der Organisationsform jede Stellung im Unterrichts- bzw. im Erkenntnisprozeß einnehmen, so daß auch bei Schülerexperimenten zwischen *Problemexperimenten*, *Einführungsexperimenten*, *Wiederholungsexperimenten*, *Verifikationsexperimenten* usw. (↑ Abschnitt 5.3.1.2.) unterschieden werden muß. Man vgl. hierzu auch die Dissertation von H. Schreiter und die Arbeit von J. Wendt.<sup>74</sup>

Im folgenden wird in Anlehnung an die „Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts“ (S. 203) und an die Termini des Chemieunterrichts<sup>75</sup> eine weitere Klassifizierung unter einem vorwiegend unterrichtspraktischen Aspekt vorgenommen, wobei aber betont werden muß, daß dieser Einteilungsaspekt nur ein möglicher unter anderen ist.



Für den früher gebrauchten Ausdruck *Schülerübung* wird neuerdings aus methodisch-didaktischen Erwägungen der Terminus *Schülerexperiment* verwendet. Um mögliche Verwechslungen und Begriffsüberschneidungen zu vermeiden, wird hier das Schülerexperiment als der logische Oberbegriff aufgefaßt und für den konventionellen Ausdruck Schülerübung der einengende Terminus *Schülerübungsexperiment* benutzt.<sup>75</sup>

<sup>71</sup> Lautenschläger, K.-H.: Zur Entwicklung der chemischen Schülerübungen.

<sup>72</sup> Herrmann, Chr.: Über Entwicklung, Rolle und Bedeutung physikalischer Schülerexperimente. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), S. 106 bis 111, S. 156 bis 161, S. 208 bis 214 und S. 221.

<sup>73</sup> Die Termini „Schülerexperiment“ und „Schülerversuch“ werden als Synonyme nebeneinander verwendet.

<sup>74</sup> Wendt, J.: Die Bedeutung experimenteller Schülerarbeiten und ihre Stellung im Unterrichtsprozeß. In „Physik in der Schule“, 1 (1963), S. 92 bis 98.

<sup>75</sup> Wirsing, G., Klein, A. und Barthel, H.: Das Experiment im Chemieunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 83.

**Das Schülerdemonstrationsexperiment.** Beim Schülerdemonstrationsexperiment wird ein Experiment von einem einzigen Schüler oder einer kleinen Schülergruppe qualitativ oder quantitativ vor den Augen der Mitschüler (gewöhnlich auf dem Experimentiertisch des Klassenraumes) demonstriert.

Im Idealfall werden hierbei alle Etappen des Experimentierprozesses von den Schülern selbständig bearbeitet, d. h. der Entwurf der Experimentieranordnung, der Aufbau der Experimentieranlage, die Demonstration des Experimentierablaufs und die kritische Einschätzung und Auswertung der Experimentiererergebnisse. In anderen Fällen wiederum wird man nur bestimmte Einzelaufgaben, wie Aufbau der Experimentieranordnung und Demonstration des Experimentierablaufs, aus dem gesamten Versuchskomplex herauslösen und lediglich diese Teilaufträge von den Schülern bearbeiten lassen.

Bezüglich der einzelnen Etappen des Schülerdemonstrationsversuchs und zur Einordnung eines solchen Versuchs in den Unterrichtsprozeß gelten dieselben Grundsätze wie für die Durchführung von Lehrerdemonstrationsexperimenten (↑ Abschnitt 5.3.1.). Der Anlaß zur Versuchsdurchführung kann sich einmal aus dem Unterrichtsablauf selbst ergeben, wobei ein Schüler beauftragt wird, das Problem selbst zu lösen (eventuell unter Mitwirkung der gesamten Klasse). In anderen Fällen kann ein Schüler vom Lehrer benannt werden, zu Hause nach Vorlagen (Schulbuch, Experimentierbuch, Lehrmittelbeiblatt, Versuchskarteikarte) oder nach eigenem Ermessen den Versuch vorzubereiten und in der Schule zu demonstrieren. Die Skala solcher Schülerdemonstrationsexperimente reicht vom einfachen Freihandversuch bis zum komplizierten Versuch; gelegentlich werden sie auch ein Teilergebnis umfangreicher Quartals- oder Jahresarbeiten der Schüler sein. In jedem Falle aber sollte der Lehrer die zuschauenden Mitschüler zur kritischen Stellungnahme und Einschätzung der vorgeführten Experimente auffordern.

Ein psychologisch-didaktischer Vorzug der Schülerdemonstrationsexperimente gegenüber den Lehrerdemonstrationsexperimenten besteht darin, daß der experimentierende Schüler aus der Zuschauerrolle herausgelöst wird und jetzt manuell und geistig handelt, sich im Experimentieren und im Kommentieren seines Versuchs übt und auf Fragen seiner Mitschüler Rede und Antwort stehen muß. Die zuschauenden Mitschüler äußern sich im allgemeinen unbefangener zum Versuchsgeschehen, als wenn der Lehrer den Versuch selbst demonstriert.

Bei einem positiven Ausgang des Versuchs sollte das Ergebnis entsprechend gewürdigt werden; durch das Erfolgsmoment entwickelt sich auch ein gewisses Sicherheitsgefühl der Schüler. Mißerfolge dagegen sollten zum Anlaß genommen werden, die Fehlerquellen aufzudecken (systematische Fehlersuche) und Änderungsvorschläge für die Durchführung des Versuchs machen zu lassen, um in gemeinschaftlicher Zusammenarbeit aller Schüler der Klasse die Aufgabe noch zu einem brauchbaren Endresultat zu führen. Auf keinen Fall sollte ein solches Experiment unerledigt abgebrochen werden. Deshalb wird der Lehrer immer nur Versuche für Schülerdemonstrationen auswählen, die mit großer Wahrscheinlichkeit von den Schülern erfolgreich durchgeführt werden können. Unerwartet auftretende Schwierigkeiten sollten vom Lehrer nach Möglichkeit noch in derselben Unterrichtsstunde oder zumindest in einer späteren Stunde beseitigt werden, um jedes Zweifeln am Experiment auszuschalten und jede abwertende Einstellung zum Schulexperiment schlechthin von Anfang an zu vermeiden.

Um den Schülern physikalische Zusammenhänge zu zeigen und ihre Mitarbeit zu steigern, empfiehlt es sich, die Schülerdemonstrationen gelegentlich derart auszuweiten, daß *mehrere Schüler gleichzeitig Experimente durchführen*. Dazu eignen sich besonders inhaltlich aufeinander abgestimmte (gleichwertige, ähnliche, äquivalente, analoge) Experimente, die von den Schülern zeitlich und räumlich nebeneinander in einem Simultanvergleich vorgeführt werden (↑ S. 162 f.).

Zwischen solchen äquivalenten Experimenten besteht in struktureller Hinsicht (Versuchsanordnung) und in funktioneller Hinsicht (Gesetzmäßigkeit) eine gewisse Übereinstimmung (Gleichartigkeit, Ähnlichkeit).

Der Ähnlichkeitsgrad der äquivalenten Experimente kann in bezug auf die Versuchsanordnung (Strukturanalogie) und die Gesetzmäßigkeit (Funktionsanalogie) recht verschieden sein. Sie werden im folgenden je nach Übereinstimmung in folgende Gruppen unterteilt: kongruente Versuche, adäquate Versuche und homologe (analoge) Versuche<sup>76</sup> (↑ S. 165.).

In der Literatur hat sich noch keine einheitliche Terminologie durchgesetzt; die entsprechenden Begriffe (Termini) werden zum Teil verschieden angewendet.

Um die einfachste Art dieser Gruppendemonstrationsexperimente handelt es sich bei der Vorführung *kongruenter Versuche*; hierbei bauen die Schüler Versuchsanordnungen auf, die bezüglich ihrer Bauelemente und Funktionen in allen wesentlichen und darüber hinaus selbst in (allen) unwesentlichen Eigenschaften übereinstimmen. Mit einer solchen Gruppendemonstration kann den Schülern gezeigt werden, daß allen Versuchsanordnungen dasselbe Versuchsergebnis zukommt und daß jeder Einzelversuch ohne weiteres Repräsentant der Gesamtklasse der kongruenten Versuche werden kann. - Nachdem an einigen Beispielen die notwendige Übereinstimmung der Versuchsergebnisse kongruenter Versuche überzeugend demonstriert worden ist, kann man bei der quantitativen Bestimmung physikalischer Größen umgekehrt mehrere Parallelversuche zur Mittelwertbestimmung der entsprechenden Größe benutzen.

Beim Übergang von den kongruenten zu den *adäquaten Versuchen* wird der Ähnlichkeitsgrad der Experimente herabgesetzt, indem die *gleichen* Geräte gegen *gleichartige* Gerätschaften ausgetauscht werden (Bild 46). Mit dem Einsatz adäquater Versuche kann in einfacher Weise das strukturell und funktionell Übereinstimmende, Gemeinsame, Invariante, Wesentliche der äußerlich verschiedenen Versuchsanordnungen herausgearbeitet werden.

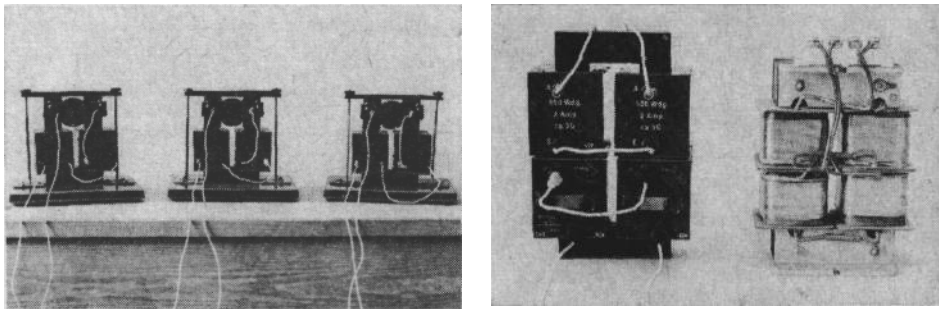


Bild 46 Kongruente Motormodelle (a) bzw. adäquate Transformatormodelle (b) bei vergleichenden Schülerexperimenten

In diesen Versuchssystemen existieren also immer korrespondierende Bauelemente, die in ihren wesentlichen Merkmalen übereinstimmen, in bezug auf die physikalisch unwesentlichen Eigenschaften jedoch zum Teil erhebliche Unterschiede zeigen; die Versuchsergebnisse sind gleich oder gleichwertig. Die Affinitätsskala adäquater Versuche ist recht groß und reicht von nahezu kongruenten Versuchen bis zu den physikalisch-technischen Modellversuchen (↑ S. 165).

<sup>76</sup> Vgl. dazu Manthei, W.: Möglichkeiten zur intensiveren und rationaleren Gestaltung des experimentellen Physikunterrichts. In: Rationaler und intensiver Physikunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 102 bis 125.

Der geringste Ähnlichkeitsgrad tritt bei den *homologen Versuchen* auf, wobei sich die Zuordnung auf eine nur grundsätzliche Übereinstimmung reduziert. Solche Versuche werden meist dann vorgeführt, wenn in Querschnittsbetrachtungen analoge Erscheinungen oder Vorgänge aus verschiedenen Teilgebieten der Physik mit entsprechenden Gerätschaften gezeigt werden sollen (Bild 47). Eine mögliche Stufung der Ähnlichkeit zeigt Bild 48 am Beispiel der Reflexion.

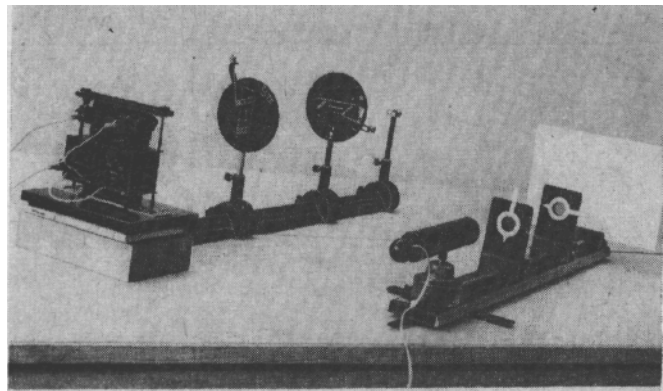
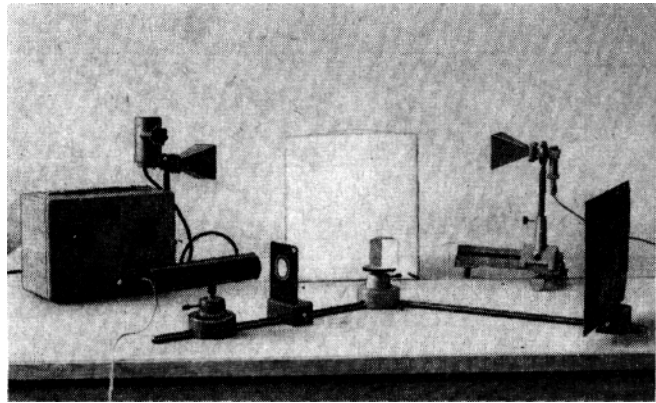


Bild 47 Analoge Versuchsanordnungen für homologe Versuche zur Reflexion (a) bzw. Polarisation (b) als Beispiele für Gruppenversuche

Neben dem psychologisch-didaktischen Vorteil der Einbeziehung mehrerer Schüler in das Demonstrationsgeschehen ergibt sich erkenntnistheoretisch die Möglichkeit der unmittelbaren Vergleichung und eine sich daraus ableitende schrittweise Verallgemeinerung der physikalischen Aussagen<sup>77</sup>. Da das einzelne stets in einer Vermengung von Wesentlichem und Unwesentlichem, von Notwendigem und Zufälligem erscheint, wird den Schülern durch die Gruppendemonstration ein erster Einblick in die sachlogisch tieferen Zusammenhänge gegeben. Die Schüler erkennen durch die Gegenüberstellung das Wesentliche der Versuchsaufbauten und der Versuchsabläufe (positive Abstraktion), lernen gleichzeitig, von allen Nebensächlichkeiten und Zufälligkeiten abzusehen (negative Abstraktion), und durchlaufen damit die Begriffs- und Erkenntnisleiter vom Einzelnen über das Besondere zum Allgemeinen. Mit dem Zusammenfassen mehrerer Experimente zu Versuchsgruppen soll neben den methodisch-didaktischen Erwägungen vor allem das Systemdenken der Schüler entwickelt und implizite auf die Vorstellung von der materiellen Einheit der Dinge, Erscheinungen und Vorgänge hingearbeitet werden.

<sup>77</sup> Manthei, W.: Die Erkenntnisstufung beim vergleichenden Zuordnen physikalischer Versuche. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), S. 378 bis 384 und S. 401.

Ähnlichkeitsgrad der Versuchsanordnungen	1. Versuch	2. Versuch	3. Versuch
Kongruente Versuche			
Adäquate Versuche großer Ähnlichkeit			
Adäquate Versuche geringer Ähnlichkeit	 <i>Glas</i>	 <i>Aluminium</i>	 <i>Wasser</i>
Homologe (analoge) Versuche	 <i>Wärme- strahlen</i>	 <i>Licht- strahlen</i>	 <i>elektrische Strahlen</i>

Bild 48 Ähnlichkeitsstufung bei Gruppenversuchen

In den meisten Abbildungen zur Paralleldemonstration von äquivalenten Versuchen sind drei Versuche nebeneinandergestellt worden; selbstverständlich kann die Anzahl der Versuche im Unterricht je nach Bedingung variiert werden. Das Optimum der Gruppendemonstration scheint jedoch in den meisten Fällen bei drei Parallelversuchen zu liegen. Die einzelnen Versuche können nebeneinander auf dem Experimentiertisch oder auf getrennten Tischen aufgebaut und (je nach Art der Versuche) gleichzeitig oder zeitlich unmittelbar nacheinander vorgeführt werden. Zur Vorbereitung und Durchführung der Gruppendemonstration von Parallelversuchen sind folgende Varianten möglich (↑ Abschnitt 5.3.1.):

1. Alle Versuchsanordnungen werden vor der Unterrichtsstunde aufgebaut, im Unterricht von mehreren Schülern vorgeführt und bezüglich Aufbau und Funktion miteinander verglichen.
2. Nur eine Versuchsanordnung wird vor der Unterrichtsstunde aufgebaut. Sie dient als Muster für die anderen Versuchsanordnungen, die in der Unterrichtsstunde von den Schülern in gleicher oder abgewandelter Form nachgebaut werden; alle Versuche zusammen werden dann gemeinsam vorgeführt.
3. Alle Versuchsanordnungen werden in der Unterrichtsstunde von den Schülern aufgebaut und in Funktion gesetzt. Mit der Gruppendemonstration erhalten immer

mehrere Schüler eine aktive Rolle im Unterricht zuerteilt, die anderen Schüler der Klasse sind durch die vergleichende Betrachtung der Versuchsanordnungen vor dem Ingangsetzen der Apparaturen, durch die Beobachtung der Versuchsabläufe und durch das Vergleichen der Versuchsergebnisse hinreichend beschäftigt. Bei genügend langsamen Versuchsabläufen können die Versuche ohne weiteres gleichzeitig demonstriert werden, ohne daß Schwierigkeiten in der „schweifenden Beobachtung“ durch die Schüler auftreten. Bei sehr schnellen Versuchsabläufen wird man die einzelnen Versuche zeitlich unmittelbar hintereinander vorführen, um die Aufmerksamkeit der Schüler beim Beobachten immer nur auf einen Vorgang zu konzentrieren. Mit der simultanen Demonstration mehrerer Versuche läßt sich im Unterricht im Gegensatz zum sukzessiven Einsatz von mehreren Versuchen zuweilen auch erheblich an Unterrichtszeit einsparen (↑ S. 183).

Das Wesentliche dieser Arbeitsweise ist, daß man unter aktiver Einbeziehung mehrerer Schüler die isolierende Behandlung von Einzelfakten überwindet und physikalisch allgemeinere Aussagen erarbeitet.

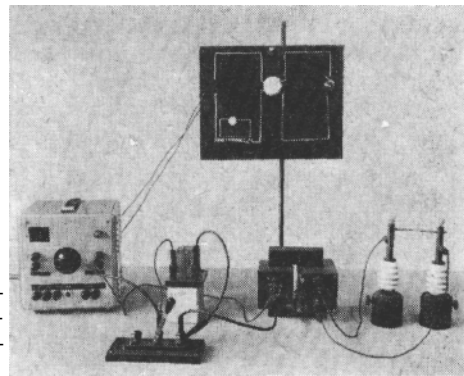


Bild 49 Transformatoren zur Erzeugung hoher Spannungen als Beispiel für das Vergleichen physikalischer und technischer Versuchsanordnungen

Besondere Bedeutung kommt der Gruppendemonstration zu, wenn man physikalisch und besonders polytechnisch determinierte Versuche einander gegenüberstellt und somit im Physikunterricht bewußt auf eine Anwendung des Physikalischen in der Praxis (Querverbindung zum polytechnischen Unterricht) orientiert.<sup>78</sup>

In Bild 49 sind zwei adäquate Versuchsanordnungen zur Erzeugung hoher Spannungen einander gegenübergestellt, wobei einmal mit Hilfe von Aufbauteilen das physikalisch Grundsätzliche gezeigt und dazu auf dem Montagebrett das Analogon zur Erzeugung einer hohen Zündspannung in einem PKW demonstriert wird. Der Schalter und der Unterbrecher, der Blockkondensator und der Becherkondensator, der Transformator und die Zündspule, die Metallspitzen und die Zündkerze stellen dabei jeweils korrespondierende Elemente in den Versuchsaufbauten dar.

**Das Schülerübungsexperiment.** Im System der Schülerexperimente widmet man dem Schülerübungsexperiment gegenwärtig wohl die meiste Aufmerksamkeit.

*Unter einem Schülerübungsexperiment soll ein Schülerexperiment verstanden werden, das ein einzelner Schüler oder eine kleine Schülergruppe aus etwa zwei bis drei Schülern im Klassenverband bei gleichzeitiger Experimentiertätigkeit aller anderen Schüler der Klasse im systematischen Unterrichtsablauf selbständig durchführt.*

Das gleichzeitige experimentelle Arbeiten aller Schüler im Klassenverband kann als eine experimentelle Stillbeschäftigung aufgefaßt werden, die in den systematischen Unterrichtsablauf organisch eingegliedert ist und einen mehr oder weniger großen Teil der Unterrichtsstunde umfaßt (nach H. Hahn als verwebendes Unterrichtsverfahren bezeichnet).

<sup>78</sup> Vgl. Manthei, W.: Die simultane Demonstration physikalischer und polytechnischer Experimente. In „Polytechnische Bildung und Erziehung“, 11 (1969), S. 153 bis 156.

Das Üben bei den Schülerexperimenten bezieht sich dabei nicht nur auf ein Wiederholen schon bekannter Versuche durch die Schüler; das methodisch-didaktische Schwergewicht der Schülerübungsexperimente kann und muß gleichermaßen auf die experimentelle Einführung, Weiterführung oder Bestätigung eines Problems gelegt werden. Das Üben beschränkt sich also nicht nur auf das Festigen durch eine Wiederholung; auch das Planen eines Experiments, das Aufbauen einer Experimentieranordnung, das Auswerten von Messungen usw. soll mit Hilfe der Schülerübungsexperimente geübt werden.

### 5.3.2.3. Die methodisch-didaktische Aufbereitung physikalischer Schülerübungsexperimente

Bei der methodisch-didaktischen Aufbereitung physikalischer Schülerübungsexperimente sind die Stellung und die Aufgabe der einzelnen Experimente im Erkenntnisprozeß vom Lehrer genau festzulegen<sup>79</sup>. Die Schülerübungsexperimente können einmal Ausgangspunkt und Quelle einer induktiv-verallgemeinernden Stoffarbeit sein, sie können andererseits auch als Kriterium der Wahrheit dazu dienen, vorher erworbene Fakten zu überprüfen oder die physikalischen Erkenntnisse unter neuen Bedingungen anzuwenden (↑ S.147). Die Schülerübungsexperimente dürfen also niemals isoliert und losgelöst vom gesamten Unterrichtsgeschehen sein, sie müssen vielmehr mit dem systematischen Unterrichtsablauf auf das engste verwoben werden.

Der experimentelle Übungsunterricht darf auf keinen Fall ausschließlich praktizistischen Zwecken dienen; er verknüpft vielmehr das manuelle Tun mit der geistigen Durchdringung des gesamten Experiments. Die Ausbildung von manuellen Fertigkeiten durch die Handhabung der Experimentiergeräte und die Entwicklung geistiger Fertigkeiten bei der Planung, Durchführung und Auswertung der Schülerübungsexperimente sind wesentliche Aufgaben des Experimentalunterrichts.

Das Schülerübungsexperiment kann im Unterrichtsprozeß entsprechend der methodisch-didaktischen und der erkenntnistheoretischen Zielsetzung

1. der Problemstellung,
  2. der Stoffarbeit und Stoffvertiefung oder
  3. der Wiederholung und Leistungskontrolle
- dienen.

**1. Die Problemstellung durch Schülerübungsexperimente.** Ein wichtiges Moment im Lehr- und Lernprozeß ist die methodisch geschickte Einführung in die zu behandelnde Problematik. Bei der problemhaften Einstimmung der Schüler muß der Lehrer versuchen, eine positive Lernatmosphäre zu schaffen, das Interesse der Schüler zu wecken und geistige Spannungen zu erzeugen (↑ S. 158). So kann auch das Schülerübungsexperiment mit seinem oftmals hohen „Aufforderungsgehalt“ stark dynamische Züge in den Unterricht bringen und zum Problembewußtsein der Schüler beitragen. Das Experiment muß also derart ausgewählt, gelenkt und gewertet werden, daß aus dem Problemgehalt eine anregende Problemsituation erwächst und eine Interessiertheit der Schüler entsteht, die nach der Problemlösung drängt<sup>80</sup>. Die experimentelle Problemstellung kann unvermittelt auftreten (z. B. als Überraschungsversuch, vgl. S. 159), sie kann an die Alltagserfahrungen der Schüler anknüpfen oder dem schon behandelten Lehrstoff entnommen sein.

Kurzzeitige, freihatidartige Schülerübungsexperimente sind zur Problemstellung oftmals besonders geeignet. So kann man beispielsweise die Anzahl der Spiegelbilder in einer Glasplatte oder in einer rückseitig verspiegelten Glasplatte erkunden lassen und daran anknüpfend die Mehrfachreflexion behandeln. Betreffs der einzelnen Schritte vgl. <sup>81</sup>.

<sup>79</sup> Vgl. dazu: Schreiter, H.: Zur Typologie der physikalischen Schülerversuche. Dissertation an der Technischen Universität Dresden 1966, S. 114 ff.

<sup>80</sup> Weck, H.: Selbständiges Problemerkennen und Problemlösen.

<sup>81</sup> Manthei, W.: Die Wiederholung des Reflexions- und Brechungsgesetzes in Klasse 10 an Hand der Behandlung von Mehrfachreflexionen. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), S. 69 bis 73.

Die aus dem Problem erwachsene Hypothese ist im Unterricht ähnlich wie in der Forschung als „vorwärtsweisendes Entwicklungsprinzip“ zu sehen, d. h., der dialektische Zusammenhang von Problemexperiment, Hypothese, Bestätigungsexperiment und Theorie muß den Schülern auch im Schülerübungsunterricht deutlich gemacht werden (↑ Abschnitt 5.4.1.). Die aus dem Experiment abgeleitete Hypothese ist ein wichtiger Sachbezug im Erkenntnisprozeß und sollte vom Lehrer gebührend beachtet werden<sup>82</sup>. Bei der Erarbeitung und Formulierung der Hypothese ist unbedingt darauf zu achten, daß sie durch den Versuch hinreichend begründet wird und keine bloße Spekulation darstellt.

**2. Die Stofferarbeitung durch Schülerübungsexperimente.** Auch zwischen der Problemstellung und der Problemlösung kann das Schülerexperiment stehen; es dient dann der Weiterführung des Unterrichts, indem es den problemhaften Sachverhalt näher untersucht. Der typische Fall eines Weiterführungsexperimentes liegt vor, wenn eine physikalische Größe von mehreren variablen Größen abhängt (z. B. Widerstandsgesetz), der Einfluß einer variablen Größe auf die abhängige Größe etwa in einem Demonstrationsexperiment bereits festgestellt wurde und nun der Einfluß einiger anderer variabler Größen auf die abhängige Größe untersucht wird. Über eine oder mehrere Teillösungen eines komplexen Problems hinaus kann durch weiterführende Schülerübungsexperimente auch die Gesamtlösung eines Problems erarbeitet werden. Wurde beispielsweise in einem Demonstrationsexperiment eine Erscheinung oder ein Vorgang qualitativ nachgewiesen, kann dieser Sachverhalt in einem weiterführenden Schülerübungsexperiment quantitativ untersucht und genau bestimmt werden<sup>83</sup>. Werden Materialkonstanten, wie Siedetemperaturen, Ausdehnungskoeffizienten, Dichten usw., einem Nachschlagewerk entnommen, so können die entsprechenden Werte anderer Materialien in Schülerübungsexperimenten ermittelt werden; die Experimente dienen dann der Vervollständigung der Tabellenwerke usf.

**3. Die Aussagebestätigung durch Schülerübungsexperimente.** Die im Unterricht auf mathematisch-deduktivem Wege erarbeiteten Formeln und Gleichungen, die vom Lehrer aufgestellten Behauptungen und die in den Lehrbüchern angegebenen Sachverhalte können durch Schülerübungsexperimente qualitativ und quantitativ geprüft werden, wobei die Aussagen bestätigt, verworfen oder korrigiert werden.

Eine Bestätigung durch Schülerübungsexperimente liegt vor, wenn man auf einen funktionalen Zusammenhang, der durch einzelne diskrete Messungen experimentell ermittelt und dann durch eine stetige Kurve verallgemeinernd graphisch dargestellt wurde, zurückgreift und durch Zwischenwerte (experimentelle Interpolation) oder durch Werte aus dem Randgebiet (experimentelle Extrapolation) erhärtet. Das experimentell-induktive Verfahren zur Aufstellung und Formulierung eines physikalischen Sachverhaltes wird somit experimentell-deduktiv überprüft (↑ Abschnitt 5.2.2.2.).

Eine Bestätigung liegt auch dann vor, wenn der Wert einer physikalischen Größe auf einem bestimmten Wege experimentell ermittelt wurde und danach durch ein anderes Meßverfahren experimentell bestätigt wird. Wurde die Erdbeschleunigung beispielsweise mit Hilfe eines Fadenpendels ermittelt, so kann sie jetzt nach der Staubfigurenmethode bestimmt werden. Die Schüler erkennen die Determiniertheit der Erscheinungen oder Vorgänge und sehen, daß die experimentell verschiedenen Wege bei der Erkenntnisgewinnung zwangsläufig (im Rahmen der Meßgenauigkeit) zu denselben Ergebnissen führen.

**4. Die Stoffwiederholung durch Schülerübungsexperimente.** Der im systematischen Unterrichtsablauf demonstrativ behandelte Lehrstoff kann zuweilen auch in Form von Schülerübungsexperimenten wiederholt werden. Diese Arbeitsweise bietet sich be-

<sup>82</sup> Parthey, H. und Wahl, D.: Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften, Kapitel 3. Wessel, K.-F.: Zur Hypothese. In „Wissenschaftliche Zeitschrift des Pädagogischen Instituts Güslrow“, 2 (1963/64), Fachbereich Mathematik-Physik, S. 43 bis 46.

<sup>83</sup> Als Beispiel hierzu vgl. man Physik, Lehrbuch für Klasse 10, Vorbereitungsklassen (1968), Demonstrationsversuch 7 auf S. 45 und Schülerexperiment E 3 auf S. 124.

sonders in unteren Klassen an, wo die Schüler noch mehr oder weniger auf ein Nachahmen angewiesen sind.

Die experimentelle Tätigkeit darf aber keineswegs — wie vielfach noch praktiziert wird — ausschließlich auf die stereotype Wiederholung bereits bekannter Demonstrationsversuche beschränkt bleiben. Wie jede methodisch gut aufbereitete Wiederholung sollte auch die experimentelle Wiederholung durch Schülerübungsexperimente vertiefende, ergänzende und erweiternde Elemente enthalten.

Ein kurzzeitiges Schülerübungsexperiment im verwebenden Unterrichtsverfahren kann gut als Leistungskontrolle dienen und die vielfach geübte Form der verbalen Faktenwiederholung auflockern. Hierzu sind besonders Anwendungs- und Rechenaufgaben geeignet, wobei die Zahlenwerte den Schülerübungsexperimenten (Kurzzeitversuchen) entnommen werden.

**5. Kontrolle und Bewertung der Schülerübungsexperimente.** Die Arbeit der Schüler muß ständig kontrolliert, korrigiert und bewertet werden (↑ Abschnitt 5.2.3.). Problematisch ist dabei, ob die Einzelleistung jedes Schülers oder die Gesamtleistung der Schülergruppe erfaßt werden soll und kann. Bei einer bewußten Ausrichtung des Schülerübungsexperiments auf die kollektive Zusammenarbeit innerhalb der Gruppe wird man die Gesamtleistung in der Unterrichtsstunde einschätzen müssen; bei der individuellen Anfertigung der Versuchsprotokolle zu Hause (Auswertung der Meßergebnisse usw.) muß die Einzelleistung der Schüler zensiert werden. Entscheidet sich der Lehrer für eine Kollektivbewertung der Arbeit, dann sollte er die Gruppenbildung der Schüler entsprechend lenken, um eine eventuelle Benachteiligung guter Schüler zu verhindern oder eine unberechtigte Aufwertung schwacher Schüler durch leistungsstarke Schüler zu vermeiden. Es wird sich empfehlen, von Anfang an etwa leistungsgleiche Schüler jeweils in einer Gruppe zusammenzufassen. Die Ergebnisse der experimentellen Arbeit werden durch die Schüler in Versuchsprotokollen fixiert. Zur Abfassung eines brauchbaren Protokolls gehören dabei:

0. Name, Versuchspartner und Datum

1. Aufgabenstellung

2. Beschreibung des Versuchsaufbaus (nebst Aufzählung der benötigten Geräte)

3. Beschreibung des Versuchsablaufs

4. Angabe der Meßwerte in einer Tabelle

5. Graphische Darstellung der Meßreihe

6. Mathematische Formulierung der Ergebnisse

7. Fehlerkritik oder Angabe der Fehlergrenzen

8. Sprachliche Formulierung des Resultats (in einem Ergebnissatz).

Man vgl. auch die Protokollmuster für Schülerexperimente in den Schullehrbüchern für Physik. Das Schülerprotokoll sollte vom Lehrer bei einer Durchsicht bewertet, niemals aber global eingeschätzt oder global zensiert werden; die Gesamtnote muß sich aus detaillierten Bewertungen (Punktbewertungen) zusammensetzen. Die Bedeutung der einzelnen Bewertungsaspekte für die Gesamtbenotung hängt vom Versuchsthema ab und wird demzufolge von Fall zu Fall verschieden sein. Die Einschätzung und Bewertung der Schülerleistungen im Rahmen der Schülerexperimente kann sich aber nicht nur auf die Anfertigung des Protokolls beschränken, es müssen auch die anderen Phasen des Experiments erfaßt werden. Dazu gehören die Vorbereitung der Schüler auf das Experiment, die richtige Auswahl der Geräte (wenn mehrere zur Verfügung stehen), der zweckmäßige und ästhetisch ansprechende Versuchsaufbau, die Ordnung am Arbeitsplatz, das genaue Ablesen der Meßwerte, die benötigte Zeit usw. Wegen der Vielschichtigkeit eines solchen Bewertungskomplexes ist eine Bewertung aller Schüler (-gruppen) in einer Unterrichtsstunde unmöglich; der Lehrer wird darum immer nur einzelne Gruppen in der Unterrichtsstunde genauer beobachten, ihre Kenntnisse in

einem persönlichen Gespräch überprüfen, das Protokoll auswerten und so zu einer Gesamtnote kommen.

Die Bewertung der Schülerleistungen bei der Durchführung von Schülerexperimenten weist nachdrücklich auf die Ernsthaftigkeit der experimentellen Tätigkeit hin, sie stellt den Schüler vor eine echte Bewährungsprobe und spornt ihn zur Leistungssteigerung an.

### **Organisationsform der Schülerübungsexperimente**

Bezüglich ihrer Organisationsform und ihres Inhalts können folgende Typen unterschieden werden:

1. Schülerübungsexperimente in gleicher Front
2. Schülerübungsexperimente in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise
  - 2.1. Schülerübungsexperimente in prinzipieller Übereinstimmung
  - 2.2. Schülerübungsexperimente im allseitigen Angriff eines Problems
3. Schülerübungsexperimente in regelloser Arbeitsweise

**Schülerübungsexperimente in gleicher Front.** *Bei Schülerübungsexperimenten in gleicher Front werden von allen Schülergruppen kongruente Versuche durchgeführt, d. h., die Schüler führen dieselben Versuche mit gleichen Geräten durch und kommen dabei im Rahmen der Meßgenauigkeit zu den gleichen Versuchsergebnissen.* Für ihren Einsatz im Unterricht ist ein großer Aufwand an gleichen Geräten notwendig. Ihr methodischer Vorzug besteht darin, daß die Experimente mit der gesamten Klasse genau vorbereitet werden können, daß eine gemeinsame Auswertung der Versuchsergebnisse vorgenommen werden kann und daß eine vergleichende Kontrolle aller Versuchsergebnisse möglich ist. Auf sie wird man besonders in den unteren Klassen, die sich erst an die experimentell-manuelle Arbeit gewöhnen und die notwendige Sicherheit im Umgang mit den Geräten erwerben müssen, zurückgreifen. Ihr Mangel besteht darin, daß die Schüler unterschiedlich schnell arbeiten und demzufolge ihren Experimentierauftrag zu verschiedenen Zeiten abschließen. Diese Gegebenheit kann andererseits wieder zur Kollektiverziehung der Schüler genutzt werden, indem die schneller arbeitenden Schüler den schwächeren Schülern in derselben Unterrichtsstunde bei der Erledigung ihrer Aufgaben helfen. Sind dabei Disziplinschwierigkeiten zu befürchten, sollte man für die schneller arbeitenden Schüler noch Zusatzaufgaben bereit haben; allerdings wird damit wiederum das Prinzip der Schülerübungsexperimente in gleicher Front zum Teil durchbrochen.

**Schülerübungsexperimente in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise.** Um den Schwierigkeitsgrad der Experimentieraufträge dem Leistungsgefälle zwischen den einzelnen Schülergruppen anzupassen, einen dadurch bedingten Leerlauf im Unterricht zu umgehen und eventuell auftretende Disziplinschwierigkeiten zu vermeiden, wird man nach einer aufgelockerten Übungsform suchen, die dem unterschiedlichen Arbeitstempo der Schüler entgegenkommt und gleichzeitig den organischen Einbau der Schülerübungsexperimente in den systematischen Unterrichtsablauf gewährleistet. So wurde bereits in den zwanziger Jahren im Chemieunterricht der höheren Schule gelegentlich die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise eingeführt<sup>84</sup>, die sinngemäß auch auf den Physikunterricht übertragen werden kann und inhaltlich eine wesentliche Verbesserung des physikalischen Experimentalunterrichts zuläßt.

*Unter Schülerübungsexperimenten in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise versteht man eine Arbeitsorganisation, bei der gleichartige Experimente (adäquate oder evtl. homologe Experimente) im Klassenverband gleichzeitig durchgeführt werden.*

Es kann auch eine komplexe Gesamtaufgabe in experimentelle Teilaufträge zerlegt und jede Teilaufgabe von einer bestimmten Schülergruppe behandelt werden.

<sup>84</sup> Heyer, Ch.: Schülerübungen im Chemieunterricht, S. 36.

Die sachliche Vorbereitung der inhaltlich eng miteinander verbundenen Teilversuche wird von der Klasse gemeinsam vorgenommen (gemeinschaftliche Arbeitsweise), die einzelnen, getrennten Teilaufträge werden aber jeweils nur von einer Gruppe oder von mehreren Gruppen, niemals aber von allen Gruppen durchgeführt (getrennte Arbeitsweise). Auch die Auswertung der jeweiligen Experimente wird zunächst noch von jeder Gruppe getrennt vorgenommen, die Einzelergebnisse werden dann aber von allen Schülergruppen der Klasse zusammengetragen, gemeinschaftlich diskutiert und umfassend formuliert (gemeinschaftliche Arbeitsweise). Das getrennte Experimentieren führt somit zu einer umfassenden, gemeinschaftlich erarbeiteten Aussage. Die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise hat inhaltlich große Ähnlichkeit mit der Gruppendemonstration. Ihr erkenntnistheoretischer Wert liegt in der starken Betonung von Querschnittsbetrachtungen, in der Überwindung einer isolierenden Behandlung einzelner Fakten. Der Einsatz von Schülerübungsexperimenten in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise ist also in erster Linie vom Inhalt und weniger von der Organisationsform her einzuschätzen, indem durch die Versuchsvarianten das Gemeinsame, Wesentliche, Durchgängige der einzelnen Experimente herausgestellt wird und gleichzeitig in rationeller Weise eine Vielzahl physikalischer Fakten zusammengetragen wird.

**Schülerübungsexperimente in prinzipieller Übereinstimmung.** *Schülerübungsexperimente in prinzipieller Übereinstimmung sind durch den Einsatz adäquater Experimente charakterisiert; die gleichartigen Versuchsanordnungen und Versuchsabläufe stimmen zwar im Grundsätzlichen, d. h. in ihren wesentlichen Bau- und Funktionseigenschaften, nicht aber in allen Einzelheiten überein.* Da die Versuche im allgemeinen nach demselben Versuchsschema bzw. demselben Schaltbild aufgebaut werden, resultiert daraus, daß die Versuchsprinzipien gemeinschaftlich erarbeitet und die Versuchsergebnisse von der Klasse zusammengefaßt und (bedingt) gemeinsam ausgewertet werden können. Wie bei den Schülerübungsexperimenten in gleicher Front wird auch bei den Schülerübungsexperimenten in prinzipieller Übereinstimmung von allen Gruppen ein und derselbe physikalische Zusammenhang (z. B. gleiche Formel) untersucht, wobei die unterschiedlichen Zahlenwerte nur durch die Eigenwerte der sonst gleichen Versuchsobjekte bzw. Versuchsbedingungen bestimmt werden. Da die Schülergruppen die Experimente unter ähnlichen und nicht gleichen Bedingungen durchführen, muß ein größeres Maß an Selbständigkeit bei den Schülern vorausgesetzt werden. Bei dieser Form der Schülerexperimente ist jede einzelne Übungsgruppe auf die eigenen Messungen angewiesen, ein Vergleich mit den Untersuchungsergebnissen anderer Gruppen hat keinen unmittelbaren Nutzen. Dadurch werden die Schüler wirklich zur Selbständigkeit gezwungen und ihre Ehrlichkeit und ihr Mut zur Verantwortung auf die Probe gestellt.

Typische Beispiele für Schülerübungsexperimente in prinzipieller Übereinstimmung sind Wichtebestimmungen verschiedener Körper, Siedepunktbestimmungen verschiedener Flüssigkeiten, Widerstandsermittlungen unterschiedlicher Glühlampen, Lichtwellenlängenbestimmung des roten, gelben, grünen . . . Lichts usw. Auch bei der schrittweisen Erarbeitung von Parameterdarstellungen drängen sich Schülerübungsexperimente in prinzipieller Übereinstimmung geradezu auf. Um beispielsweise in einem Wechselstromkreis mit eingeschaltetem Kondensator bei konstanter Frequenz einen Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und Kapazität zu erarbeiten, läßt sich das Gesamtproblem sehr gut in experimentelle Teilaufgaben zerlegen, indem jede Schülergruppe einen Kondensator anderer Kapazität erhält und daran die Funktion  $I = f(U)$  ermittelt.

Bei der gemeinschaftlichen Zusammenfassung und Auswertung aller Versuchsergebnisse werden die Einzelergebnisse der Gruppen — nämlich  $I$  proportional  $U$  — vom Lehrer oder von einem Schüler an der Wandtafel in ein Koordinatensystem (Bild 50) eingetragen, und man erhält somit eine umfangreiche, aussagekräftige Parameterdarstellung. Außerdem läßt sich an der Parameterdarstellung sofort ablesen, daß bei einer konstanten Spannung  $U$  die Stromstärke  $I$  der Kapazität  $C$  proportional ist.

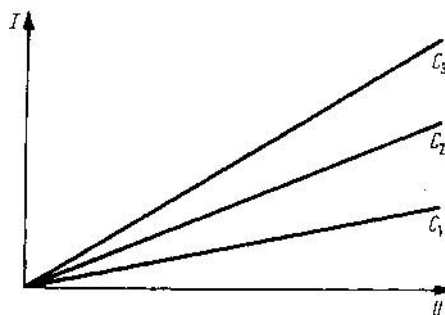


Bild 50 Parameterdarstellung bei Gruppenversuchen

An diesem Beispiel ist auch gezeigt, daß der Schülerexperimentalunterricht bei geeigneter Organisationsform und bei zweckmäßiger Auswahl der Experimente für die Behandlung eines bestimmten Problemkomplexes nicht unbedingt mehr Zeit benötigen muß als der konventionelle Demonstrationsunterricht mit einer Mehrzahl von Sukzessivversuchen.

**Schülerübungsexperimente im allseitigen Angriff eines Problems.** *Bei Schülerübungsexperimenten im allseitigen Angriff eines Problems führen die einzelnen Schülergruppen inhaltlich aufeinander abgestimmte Experimente zu einem eng begrenzten Stoffkomplex durch.* Die Versuche stimmen im Vergleich zu den Schülerübungsexperimenten in prinzipieller Übereinstimmung nur noch im Grundthema überein, wobei das Grundthema von verschiedenen Standpunkten unter jeweils bestimmten Aspekten beleuchtet wird.

Bei solchen Experimenten im allseitigen Angriff eines Problems kann beispielsweise die Abhängigkeit einer physikalischen Größe von verschiedenen Variablen untersucht werden, wobei jede Schülergruppe den Einfluß einer anderen Variablen auf die zu untersuchende Größe bestimmt. Erinnerung sei an die Widerstandsbestimmung eines elektrischen Leiters in Abhängigkeit von der Länge, dem Querschnitt, dem Material, der Form, der Temperatur usw. Im Rahmen solcher gelockerten Schülerübungsexperimente lassen sich auch verschiedene Meßverfahren zur Bestimmung ein und derselben physikalischen Größe behandeln. Man könnte auch historische Experimente zu einem bestimmten Thema zusammenstellen, um an einem solchen Beispiel die Entwicklung von den ersten physikalischen Anfängen bis zur technischen Vervollkommnung in der Gegenwart zu zeigen.

Bei ihrer Vorbereitung und Auswertung kann in der Klasse im allgemeinen nur das Grundthema des Versuchskomplexes besprochen werden, während die detaillierten Versuchsanleitungen den einzelnen Schülergruppen in Form von Arbeitsblättern, Versuchszetteln, Versuchskarteikarten, Lehrmittelbeiblättern usw. getrennt gegeben werden müssen. Die Darbietung der einzelnen Versuchsergebnisse durch die Schüler vor der gesamten Klasse beleuchtet das Problem jeweils unter einem ganz speziellen Aspekt und dient für die anderen Schüler der Klasse der vertiefenden und ergänzenden Abrundung des Gesamtproblems.

Die gelockerten Schülerübungsexperimente im allseitigen Angriff eines Problems stellen an Lehrer und Schüler hohe Anforderungen und verlangen vom Schüler eine verhältnismäßig große Selbständigkeit. Die Beaufsichtigung der Schüler durch den Lehrer ist relativ schwierig, da die Arbeitsergebnisse der Schüler wegen der unterschiedlichen Aufträge schwer zu überblicken und kaum zu vergleichen sind. Auch die Vorbereitung fordert vom Lehrer einen erheblichen Aufwand. Demgegenüber besteht aber ein großer Vorteil darin, daß die sachlogischen Zusammenhänge des Stoffkomplexes auch experimentell deutlich und zusammenfassend herausgearbeitet werden können. Die Organisationsform getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise ist immer mit Inhaltsfragen eng verknüpft und kann in diesem Zusammenhang sehr leicht der inneren Differenzierung des Unterrichts dienen.

**Schülerübungsexperimente in regelloser Arbeitsweise.** *Bei Schülerübungsexperimenten in regelloser Arbeitsweise führt jede Gruppe ein grundsätzlich anderes Experiment durch.* Zwischen den einzelnen Experimenten, die den verschiedensten Teilgebieten der Physik entnommen sein können, existieren nur geringe oder überhaupt keine inneren Zusammenhänge. Wegen der fehlenden sachlogischen Verknüpfung der einzelnen Experimente entfällt auch jede allseitig theoretische Durchdringung eines bestimmten Problems. Sie haben eigentlich nur noch historische Bedeutung. Auf diese Form der experimentellen Schülertätigkeit wird zur Zeit nur noch bei umfangreichen experimentellen Leistungskontrollen im Rahmen von Tertial- oder Jahreswiederholungen oder bei Abschlußprüfungen zurückgegriffen. Im modernen Schülerexperimentallunterricht bei der systematischen Behandlung des Lehrstoffs hat dieses Verfahren kaum noch Bedeutung. Die regellose Arbeitsweise ist bei der Durchführung physikalischer Praktika bislang vorherrschend gewesen, wird aber jetzt mit Einführung der neuen Lehrpläne weitgehend durch die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise ersetzt (↑ S. 181).

#### *5.3.2.4. Die psychologisch-didaktische Durchdringung physikalischer Schülerübungs-experimente*

Bei der Planung physikalischer Schülerübungsexperimente sind die psychologischen Aspekte jeder Übungstätigkeit zu berücksichtigen. Fingerfertigungsübungen, Übungen im Messen und die Gewöhnung an den Umgang mit physikalischen Geräten, Übungen im klaren Erfassen der Versuchsaufträge, Übungen im Analysieren und Synthetisieren, im Unterscheiden und Vergleichen der Versuchsaufbauten, Übungen im genauen Beobachten der Versuchsabläufe können betont und somit bei den einzelnen Experimentieraufgaben jeweils in den Vordergrund gerückt werden. Die Skala der manuellen und geistigen Vervollkommnung im Rahmen der physikalischen Schülerübungsexperimente reicht von einfachen Fertigungsübungen über Aufmerksamkeits- und Willensübungen bis zu den komplizierten Denkübungen mannigfaltigster Art.

Eine wichtige Aufgabe des experimentellen Physikunterrichts ist es, die Veranlagungen und Fähigkeiten der einzelnen Schüler durch Übung und Schulung zu Fertigkeiten umzubilden, so daß die anfangs nur umständlich ausgeführten Handlungen allmählich reflektorisch ablaufen.

Um die Übungsbereitschaft der Schüler zu heben und Ermüdungen im Schülerübungsunterricht auszuschalten, ist ein abwechslungsreiches Experimentieren anzustreben; der Lehrer sollte danach trachten, in angemessener Weise durch variierte Experimentieraufträge den Lehrstoff in problemhafte, anregende Zusammenhänge zu bringen. Auf jeden Fall muß sich der Lehrer vor einer routinemäßigen Durchführung der Schülerübungsexperimente nach einem starren Schema hüten, was nicht ausschließt, daß zur Arbeitserleichterung gewisse Hilfsschemata benutzt werden. Experimentierübungen nach Art eines „geistigen Griffeklopfens“ (Dannemann) wirken lähmend auf die Schüler; aus Übungsdrill entstandene Unlust (z. B. durch die Anfertigung zu umfangreicher Versuchsprotokolle) kann oftmals zu Leistungsverlechterungen (Übungsverlusten) führen. So ist es psychologisch nicht vertretbar, wiederholt lange Folgen von Ableseübungen an irgendwelchen Meßgeräten in den Unterricht einzubauen; dagegen empfiehlt es sich, Aufgaben auszuwählen, die solche Messungen implizite in ausreichender Anzahl enthalten. Die Experimentieraufgaben werden somit in eingekleideter und unauffälliger Form dargeboten (↑ Abschnitt 5.1.2.). Der Schwierigkeitsgrad der einzelnen Experimentieraufgaben ist so zu bemessen, daß die Schüler die Experimente zu einem positiven Abschluß bringen. Das Erfolgsmoment ist für die Gesamteinstellung der Schüler zum Experimentierunterricht entscheidend; es ist immer unbefriedigend, im Unterricht Versuche ohne ein Resultat abbrechen zu müssen. Ein erfolgreich gelöster und vom Lehrer entsprechend eingeschätzter Experimentierauftrag wirkt dagegen auf die meisten Schüler stimulierend und steigert den Wunsch nach neuen Bewährungsproben. Mißlungene Versuche sollten gründlich besprochen und ihre Feh-

lerquellen nach Möglichkeit aufgedeckt werden; man wird den Versuch wiederholen, auf einen richtig gelösten Parallelversuch anderer Schülergruppen hinweisen oder in der nächsten Unterrichtsstunde den Schülerübungsversuch als Demonstrationsversuch einwandfrei demonstrieren. Auf keinen Fall aber sollte das Problem „im Räume stehend“ ungelöst bleiben.

### **Die Auftragserteilung zur Durchführung von Schülerübungsexperimenten**

Die Auftragsform kann je nach Vorbildung und Gewöhnung der Schüler von der ausführlichen, detaillierten Beschreibung bis zur kurzen, skizzenhaften Andeutung der Experimente reichen. Die Auftragskala umfaßt dabei

1. die Stufe des Vormachens und Nachahmens,
2. die Stufe der Anweisung,
3. die Stufe der Anregung.

Diese Gliederung (↑ Abschnitt 5.1.3.) ist keineswegs als Wertung oder starres Schema aufzufassen, da die Auftragsstypen oftmals ineinanderfließen und somit die Grenzen zwischen den verschiedenen Auftragsformen verwischt werden. Die genannten Auftragsformen sind nicht an bestimmte Klassenstufen gebunden, sie hängen vom Thema und von der didaktisch-psychologischen Zielsetzung ab und sollten in allen Klassen abwechselnd benutzt werden, um einander sinnvoll zu ergänzen.

#### **1. Die Stufe des Vormachens und Nachahmens.** Im elementaren Einführungsunterricht,

etwa in Klasse 6, empfiehlt es sich, daß der Lehrer bei der Behandlung selbst einfachster Schülerübungsexperimente diese zunächst einmal vormacht, kommentiert und dann von den Schülern nachahmen läßt. Am Anfang dieser gelenkten Experimentiertätigkeit der Schüler stehen das Aufbauen einer Versuchsanordnung durch einfaches Kombinieren einiger weniger Experimentiergeräte und Ableseübungen stark im Vordergrund des Unterrichts. Die Verwendung von Stativmaterialien etwa beim kippfesten Aufbau einer Haltevorrichtung, der Gebrauch einer Kreuzmuffe, das richtige Anlegen einer Meßplatte, das genaue Ablesen von Flüssigkeitsvolumen in einer Mensur, die richtige Bestimmung einer Temperatur mit einem Flüssigkeitsthermometer, die Benutzung eines Meßschiebers, die einwandfreie Durchführung einer Wägung usw. müssen im Anfangsunterricht wiederholt und variantenreich geübt werden, damit diese Tätigkeiten den Schülern in „Fleisch und Blut“ übergehen und später bei der Behandlung komplizierterer Versuche ohne Zeitverlust leicht und fließend ablaufen. Die Schüler gewöhnen sich so an den Umgang mit den Experimentiergeräten und machen sich allmählich mit den Meßgewohnheiten und den Verfahrensweisen in der Physik vertraut. Auf der Stufe des bewußten Vormachens und Nachahmens halten sich die Schüler beim Nachbau der Versuchsanordnung zunächst genau an das Muster des Lehrers (kongruente Versuche), erst später, nach einer geraumen Zeit der Gewöhnung, gehen sie vom stereotypen Nachahmen zum variierenden Nachahmen (adäquate Versuche) und schließlich zum freien Experimentieren über.

#### **2. Die Stufe der Anweisung.** Auf der Stufe der Versuchsanweisungen wird im Gegensatz zur Stufe des Vormachens und Nachahmens das Vorexperimentieren des Lehrers durch Tafelskizzen, Texte und Bilder aus Schul- oder Experimentierbüchern, durch mündliche Beschreibungen des Lehrers usw. ersetzt. Bei den schriftlichen oder mündlichen Versuchsanweisungen liegt das Schwergewicht der Schülertätigkeit auf der Realisierung der skizzierten oder beschriebenen Versuchsvorschrift; die Versuchsanweisung haben dabei strenggenommen den Charakter von Befehlssammlungen, da das gesteckte Ziel auf einem genau vorgeschriebenen Weg erreicht werden muß. Die selbständige Realisierung der Versuchsvorschrift bei der Umsetzung von Bild und Text in eine konkrete Versuchsanordnung stellt schon weit höhere Anforderungen an die Schüler als das reine Kopieren eines Demonstrationsversuchs; an die Stelle des dreidimen-

sionalen Originals (Musterversuchsordnung) tritt das zweidimensionale Foto, die vereinfachende Bildskizze oder die bloße, anschauungsarme Beschreibung. Der Schwierigkeitsgrad bei der Auftragserteilung für die Durchführung der Schülerübungsexperimente kann also vom Lehrer entsprechend seiner Zielstellung abgestuft werden.

Für manche Schülerübungsexperimente sind gedruckte Versuchsanweisungen im Physiklehrbuch noch nicht vorhanden oder entsprechen nicht den speziellen Anforderungen der betreffenden Schule, so daß der Lehrer gezwungen ist, solche Anweisungen selbst zu erarbeiten und den Schülern in die Hand zu geben. Ein unschätzbare Vorteil selbstgefertigter Versuchsanweisungen ist, daß die speziellen Schulgegebenheiten und die Geräte der eigenen Sammlung stärker berücksichtigt werden können. Die im nebenstehenden Arbeitsblatt beschriebene Versuchsdurchführung stellt eine Variante zu den sonst üblichen Versuchsaufträgen dar.

Wird vom Lehrer ein Arbeitsblatt mit Versuchsanweisungen entwickelt, dann muß es auf Grund der systematischen Gliederung den Versuchsaufbau, die Versuchsdurchführung und die Versuchsauswertung mit notwendiger und hinreichender Genauigkeit vorschreiben. Durch den Einsatz derartiger Arbeitsblätter wird erreicht, daß die Hinweise zum Versuchsaufbau, zur Versuchsdurchführung und zur Versuchsauswertung durch den Lehrer auf ein Mindestmaß herabgedrückt und die Schüler in der Unterrichtsstunde von zeitraubender Schreibearbeit befreit werden können. Da die Arbeitsblätter aller Schüler der äußeren Form nach völlig übereinstimmen, wird auch die Auswertung der experimentellen Untersuchungen für den Lehrer wesentlich erleichtert. Umgekehrt ist zu beachten, daß nicht alle Schülerübungsexperimente nach genau diesem Schema ablaufen dürfen, da die Schüler auch einmal lernen müssen, übersichtliche Versuchsprotokolle selbständig zu entwickeln. Die Arbeitsblätter können hierzu als Muster dienen.

Eine besonders detaillierte Experimentieranweisung stellen programmierte Versuchsmaterialien (↑ Kapitel 6) dar. Hier werden die Teilschritte zum Versuchsaufbau, zur Versuchsdurchführung und zur Versuchsauswertung bis in alle Einzelteile bzw. Einzelheiten genau vorgeschrieben; evtl. auftretende Irrtümer oder Wissenslücken der Schüler werden durch Verzweigungen im Unterrichtsprogramm vorausahnend berücksichtigt und Fehler zur Versuchsdurchführung somit vermieden oder korrigiert. (Vgl. hierzu die algorithmische Darstellung des Experimentierprozesses auf S. 168.)

3. Die Stufe der Anregung. Die höchste Niveaustufe der Schülerexperimente erreicht man mit dem freien und variierenden Experimentieren; hier wird die Versuchsproblematik (vom Lehrer) lediglich aufgeworfen und die Zielstellung des Unterrichts formuliert, während die Versuchsaufbauten von den Schülern selbst „erdacht“, die Versuchsanordnungen nach eigenem Ermessen aufgebaut und die Versuchsergebnisse selbständig erarbeitet werden. In groben Zügen können hierbei zwar gewisse Experimentieranleitungen vom Lehrer mündlich oder schriftlich gegeben werden, die geistige Durchdringung und Aufbereitung der Experimente im einzelnen bleibt aber den Schülern überlassen. Die Skizzierung und Planung der Versuchsanordnungen, die Anpassung der Versuchsbedingungen an die experimentellen Gegebenheiten, die selbständige Deutung und Formulierung der Versuchsergebnisse gehören in den modernen Experimentalunterricht und stellen wichtige Elemente strenger geistiger Schulung dar (vergleiche hierzu die Definition des Schulexperiments auf S. 150).

Während in der Forschung und in der industriellen Praxis zwischen der Planung und der Versuchsdurchführung bzw. der Fertigung die Konstruktionsphase eingeschoben ist, muß im Unterricht im allgemeinen — von kleinen Änderungen abgesehen — auf fertiges Experimentiermaterial zurückgegriffen werden. Die Aufgabe der Schüler liegt also zunächst im geschickten weitsichtigen Auswählen und Kombinieren vorhandener Experimentiergeräte. Um diese Tätigkeit der Schüler nicht von vornherein einzuengen

Name:

Datum:

Vorname:

Klasse:

## Brennweite einer Sammellinse

### Aufgabe:

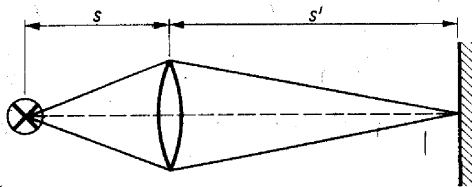
Bestimmen Sie die Brennweite einer Sammellinse!

### Geräte:

- 1 Sammellinse (Nr.: )
- 1 Stromversorgungsgerät
- 1 Schiebewiderstand
- 1 optische Schiene mit Reitern
- 1 Glühlämpchen
- 3 Schaltschnüre
- 1 Auffangschirm
- 1 Meßlatte 1 m lang

### Versuchsaufbau:

Bauen Sie die Versuchsanordnung nach untenstehender Skizze auf! Abbildungsgegenstand ist die glühende Wendel des Glühlämpchens. Die Lampenwendel ist also mit Hilfe der Abbildungslinse auf den Auffangschirm scharf abzubilden. Dazu wird die Helligkeit des Glühlämpchens mit dem Schiebewiderstand so begrenzt, daß ein scharfes, nicht überstrahltes Wendelbild erscheint.



Versuchsskizze

### Versuchsablauf:

Variieren Sie 6mal die Gegenstandsweite  $s$  und bestimmen Sie jeweils die dazugehörige Bildweite  $s'$ ! Als Gegenstandsweite sind 10 cm, 20 cm, 30 cm ... zu wählen! Tragen Sie die Bildweiten in die Tabelle ein!

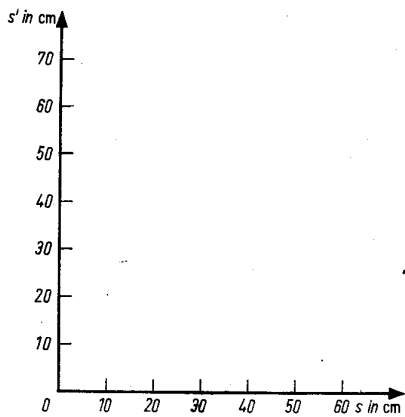
Danach errechnen Sie an Hand der Linsengleichung aus  $s$  und  $s'$  die Brennweite  $f$  für jede Einzelmessung! Aus den verschiedenen Brennweiten errechnen Sie den Mittelwert  $\bar{f}$  der Brennweite!

	$s$ in cm	$s'$ in cm	$f$ in cm
1. Messung	10		
2. Messung	20		
3. Messung	30		
4. Messung	40		
5. Messung	50		
6. Messung	60		

Summe                     

$\bar{f} =$                       cm

Tragen Sie für jede Messung die Gegenstandsweite auf der Abszissenachse und die Bildweite auf der Ordinatenachse ab! Verbinden Sie danach für jedes Wertepaar Ihrer Messung den Punkt auf der Abszissenachse (Gegenstandsweite  $s$ ) mit dem dazugehörigen Punkt auf der Ordinatenachse (Bildweite  $s'$ ) durch eine Gerade!



Was können Sie über die sechs Geraden aussagen?

---

---

---

---

---

---

---

---

Leiten Sie aus der graphischen Darstellung eine Beziehung zur Linsenbrennweite her!

---

---

---

---

---

---

und die Schüler vor echte Entscheidungen zu stellen, sollte nach Möglichkeit eine hinreichend große Anzahl von Experimentierteilen vom Lehrer bereitgehalten werden.

Man wird bei der lichtoptischen Abbildung eines Gegenstandes nicht nur eine einzelne Linse mit bestimmter Brennweite bereitlegen, sondern das vollständige Linsensortiment mit Linsen verschiedener Brennweite zur Auswahl bereithalten; beim Zusammenbau von Hauptschluß- und Nebenschlußmotoren werden Kastenspulen mit recht unterschiedlicher Windungszahl bereitgelegt usw.

Die Anforderungen an den Lehrer sind bei einer solchen Unterrichtsgestaltung sehr hoch; dieses Unterrichtsverfahren erfordert weiterhin eine disziplinierte Klasse, im Experimentieren schon geübte Schüler und eine reichliche Ausstattung mit Geräten. In der Erweiterten Oberschule, in Spezialeklassen und zur Förderung begabter Schüler einer Normalklasse sind knappe Versuchsanregungen unter gleichzeitiger Bereitstellung hinreichend vieler Geräte wegen des hohen Anspruchsniveaus sehr zu empfehlen.

So erstrebenswert das Selbstsuchen und Selbstfinden durch die Schüler einerseits auch sind, dürfen andererseits die Zeitfrage und die organisatorischen Schwierigkeiten bei der Durchführung der Schülerübungsexperimente nicht übersehen werden. Im Sinne einer vielseitigen Ausbildung der Schüler und eines richtigen Methodenwechsels wird der Lehrer Versuchsanweisungen und -anregungen geschickt gegeneinander abwägen und je nach Bildungs- oder Erziehungsabsicht einmal diese und einmal jene Auftragsform stärker in den Vordergrund des Unterrichts rücken. Die einzelnen Auftragsformen enthalten spezifische Bildungs- und Erziehungsinhalte und können nicht ausschließlich bestimmten Klassenstufen zugeordnet werden. Sowohl in der Mittelstufe als auch in der Oberstufe sollten Versuchsanweisungen und Versuchsanregungen bei der Auftragserteilung zu Schülerübungsexperimenten einander sinnvoll ergänzen.

#### 5.3.2.5. Das Schülerpraktikumsexperiment (*physikalisches Praktikum*)

Eine Sonderstellung im Rahmen der Schülerexperimente nehmen die physikalischen Praktika ein. „Die Praktika stehen im allgemeinen am Ende des Schuljahres und dienen der Zusammenfassung, Wiederholung und Vertiefung des Unterrichtsstoffes aus einem oder mehreren Schuljahren.“<sup>85</sup> Diese Einordnung des physikalischen Praktikums in den gesamten Unterrichtsprozeß erfordert methodisch-didaktisch, daß die einzelnen Experimente in ein Begriffs- und Aussagesystem eingebaut und untereinander in einen Sinnzusammenhang gebracht werden.

**Die inhaltliche Gestaltung des Praktikums.** Die in den bisherigen Lehrplänen zur Wahl gestellten Praktikumsexperimente haben in den meisten Fällen keinen inneren Bezug zueinander. Um jede praktizistische Wiederholung physikalischer Fakten zu überwinden, müssen für die Durchführung der Praktika neue Wege beschritten und neue Inhalte gesucht werden. Dabei ist unbedingt zu vermeiden, daß die einzelnen Experimente isoliert voneinander behandelt werden oder daß die Hochschulpraktika einfach kopiert werden. Der vertiefende, ergänzende und erweiternde Charakter einer methodisch echten Wiederholung kommt im Praktikum am besten zur Wirkung, wenn man die einzelnen Praktikumsexperimente unter einem vereinigenden Gesichtspunkt zusammenfaßt, damit überblickartige Darstellungen des Lehrstoffs erarbeitet und nach Möglichkeit Querverbindungen zwischen verschiedenen Teilgebieten der Physik hergestellt werden. Organisatorisch gesehen folgt, die regellose Arbeitsweise im Praktikum durch die getrennt-gemeinschaftliche Arbeitsweise mit Experimenten in prinzipieller Übereinstimmung oder Experimenten im allseitigen Angriff eines Problems weitgehend zu ersetzen. Am Beispiel „Wirkungsgrad“ sei der Komplexcharakter eines solchen Praktikums näher skizziert, wobei jeder Schüler aus jedem Komplex nur einen Versuch durchzuführen hat.

<sup>85</sup> Lehrplan für das Fach Physik Kl. 6 bis 10. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966, S. 5.

## **1. Komplex: Bestimmung des Wirkungsgrades einfacher Systeme**

- 1.1. Wirkungsgrad eines einfachen mechanischen Kraftübertragungssystems
- 1.2. Wirkungsgrad eines Energieabnehmers in einer Potentiometerschaltung oder in einem Stromkreis mit Vorschaltwiderstand
- 1.3. Wirkungsgrad eines Transformators mit geblättertem oder vollem Kern in Abhängigkeit von der Sekundärstromstärke

## **2. Komplex: Bestimmung des Wirkungsgrades zusammengesetzter Systeme**

- 2.1. Wirkungsgrad eines Umformer- oder eines Gleichrichtersystems in Abhängigkeit von der Sekundärstromstärke
- 2.2. Wirkungsgrad eines Tauchsieders oder einer Heizspirale
- 2.3. Wirkungsgrad eines elektromechanischen Hebezeugs (z. B. Kranmodell) oder einer elektrischen Wasserförderanlage

Mit der komplexartigen Zusammenstellung adäquater Experimente werden die Schüler noch einmal auf das Durchgängige, Gemeinsame (hier unter dem Aspekt der Leitlinie Energie) zwischen den verschiedenen Teilgebieten der Physik orientiert.<sup>86</sup> Bei der gemeinschaftlichen Auswertung aller Praktikumsexperimente in einer Wiederholungsstunde sollte der Lehrer mit einem kurzen Hinweis auf den Wirkungsgrad einer Lichtquelle, einer Röntgenröhre usw. den Lehrstoff ergänzen und durch die Diskussion von Energiebilanzen einer Dampfmaschine, eines Kraftfahrzeugs oder eines Elektrizitätswerkes vertiefen und abrunden.

Welche Themen für das Praktikum ausgewählt und in welcher Organisationsform das Praktikum auch immer durchgeführt wird, stets sollte das Praktikum im Unterricht gründlich vorbereitet, gemeinschaftlich diskutiert und seine Resultate in das physikalische Begriffs- und Aussagesystem organisch eingebaut werden. Daraus ergibt sich, jeweils einige Praktikumsstunden mit eingeplanten Vorbereitungs- und Wiederholungsstunden zu einer Unterrichtseinheit zusammenzufassen, um verallgemeinernde Betrachtungen ohne Zeitdruck in die experimentelle Praktikumsarbeit einfügen zu können, bildhafte oder tabellarische Übersichten an der Tafel zu entwickeln, aus denen die physikalisch-technischen oder physikalisch-ökonomischen Zusammenhänge hervorgehen. Dazu muß jeder Schüler auch die Aufgaben der anderen Schüler (zumindest in groben Zügen) kennen und über die Versuchsergebnisse informiert werden, um die Zusammenhänge wirklich zu erfassen.

Der Sinn des physikalischen Praktikums am Ende des letzten Schuljahres wird vielfach darin gesehen, in einer möglichst selbständigen Arbeitsform die Kenntnisse der Schüler als eine besonders intensive Vorbereitung auf die (Abschluß-)Prüfung nochmals wiederholend zu überprüfen und gleichzeitig ihre manuellen Fertigkeiten zu entwickeln. Der Versuchsaufbau nach eigenem Ermessen, die Anfertigung einer Versuchsskizze, die Versuchsdurchführung, die tabellarische Zusammenstellung der Versuchswerte, die graphische oder formelmäßige Auswertung der Versuchsergebnisse, die Fehlerkritik und die Fehlerabschätzung, die sprachliche Formulierung der Resultate sollen anschließend zeigen, wie weit die Schüler die experimentelle Arbeitsweise beherrschen; sie sollen dem Lehrer Anhaltspunkte liefern, Wissenslücken zu erkennen und zu schließen. Weitere Hinweise zur Durchführung der Praktika entnehme man der Literatur.<sup>87</sup>

<sup>86</sup> Der hier gemachte Vorschlag wird voraussichtlich in den neuen Lehrplan für Klasse 10, der 1971 verbindlich eingeführt wird, übernommen.

<sup>87</sup> Brüggener, K.-H.: Physikalisches Praktikum im Unterricht der Mittel- und Oberschule. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 5 (1958), S. 361 bis 369.

Kirsten, E.: Das physikalische Praktikum an unserer Schule. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 10 (1963), S. 68 bis 69.

Lechner, H.: Einige Anregungen zur Gestaltung des physikalischen Praktikums in den Klassen 9 und 10. In „Physik in der Schule“, 7/8 (1966), S. 338 bis 341.

Müller, L.: Bemerkungen zur Vorbereitung und Durchführung des Praktikums. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 9 (1962), S. 237 bis 238.

### 5.3.2.6. Das Schülerhausexperiment

Im Rahmen der üblichen Hausaufgaben — die im Physikunterricht allerdings auf ein notwendiges Mindestmaß beschränkt bleiben sollen — können gelegentlich auch experimentelle Hausaufgaben (Schülerhausexperimente) gestellt werden.<sup>88</sup>

*Unter einem Schülerhausexperiment wird ein Experiment verstanden, dessen Thema in der Unterrichtsstunde vom Lehrer gestellt und von den Schülern außerhalb der Schule selbstständig durchgeführt und gedeutet wird.* Die endgültige, zusammenfassende Auswertung aller getrennt durchgeführten Hausversuche erfolgt wieder im geschlossenen Klassenverband, so daß das Schülerhausexperiment mit der kollektiven Aufgabenstellung und Versuchsplanung im Unterricht, der individuellen Versuchsdurchführung zu Hause und der zusammenfassenden kollektiven Versuchsauswertung in der Schule als eine spezielle Form der getrennt-gemeinschaftlichen Arbeitsweise angesehen werden kann. Schülerhausexperimente können jede Stellung im Erkenntnisprozeß einnehmen. Sie können der Problemstellung, der Erarbeitung, Bestätigung und Wiederholung des Lehrstoffs dienen, wobei der Hausversuch mit anderen Versuchsformen in ein ergänzendes Wechselverhältnis tritt und in das komplexe Versuchsgefüge organisch eingegliedert wird. So kann ein Schülerhausexperiment der Problemstellung dienen und durch einen Demonstrationsversuch oder einen Schülerübungsversuch in der Klasse vertiefend und ergänzend weiter bearbeitet werden. — Wurden umgekehrt in einem Demonstrationsversuch bestimmte Erscheinungen oder Vorgänge qualitativ vorgeführt, so können die gleichen Experimente in einem Hausversuch quantitativ verfeinert werden (z. B. Pendelversuche). Eine gewisse Vorsicht ist bei Wiederholungsversuchen angebracht, die eine bloße Nachahmung eines schon bekannten Versuchs sind. Man wird sie auf Grund ihres geringen Anreizes möglichst vermeiden und durch die freie Nachahmung mit neuen Varianten ersetzen.

**Zur Durchführung der Schülerhausexperimente.** Die Schülerhausexperimente müssen vom Lehrer so ausgewählt werden, daß sie bei einer ordentlichen Versuchsdurchführung in angemessener Zeit mit einfachen Geräten zu einwandfreien Ergebnissen führen. Gefährliche Experimente sind in jedem Falle zu vermeiden. Die experimentelle Hausaufgabe muß anregen und dem Alter der Schüler angepaßt werden, sie darf nicht durch die Anfertigung umfangreicher Aufzeichnungen erdrückt werden, so daß das Interesse der Schüler an der experimentellen Arbeit eventuell erlahmt.

Das Hausexperiment sollte wie jede andere Hausaufgabe inhaltlich gründlich vorbereitet werden. Der Versuchsauftrag ist im Laufe der Unterrichtsstunde genau zu formulieren, wobei notwendige Hinweise gegeben und die Schwierigkeiten des Versuchs herausgestellt werden. Von der genauen Aufgabenstellung hängt weitgehend der Erfolg des Hausexperiments ab. Bei der Auftragserteilung muß gewährleistet sein, daß die Voraussetzungen zur Lösung der Aufgaben in jedem Falle gegeben sind. Um die Durchführung der gestellten Hausaufgabe zu sichern, müssen eventuell auch einmal Geräte aus der Schulsammlung zur Verfügung gestellt werden; zuweilen lassen sich für diesen Zweck auch Geräte und Versuchsteile aus dem Patenbetrieb, den Betrieben der Eltern oder einem Handwerksbetrieb besorgen oder im Werkunterricht anfertigen. Die Ausleihe von Geräten an Schüler für die Durchführung von Hausversuchen ist in der Literatur wiederholt beschrieben worden; das in die Schüler gesetzte Vertrauen wurde nur selten mißbraucht.

Wo die Notwendigkeit besteht, wird man für das Hausexperiment Arbeitsblätter entwickeln und den Schülern mit nach Hause geben, um so die gesamte Arbeit zu präzi-

<sup>88</sup> Krzysztow, M.: Das Schülerexperiment als Hausaufgabe. In „Chemie in der Schule“, 8 (1961), S. 300 bis 304.  
Raetz, G.: Der Schülerversuch als Hausaufgabe. In „Chemie in der Schule“, 4 (1957), S. 420 und 423. Steiger, W.: Der zusätzliche Hausversuch. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 5 (1958), S. 271 und 276. Wrobel, D.: Zum Hausexperiment im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 1 (1968), S. 37 bis 43.

**H 7/6 Wir untersuchen den Temperaturverlauf beim Erwärmen von Wasser**

**Geräte und Hilfsmittel:** großer Topf, Einkochthermometer, Tauchsieder oder andere Wärmequelle, Uhr mit Sekundenzeiger

**Achtung!**

*Der Tauchsieder darf nur mit der Steckdose verbunden werden, wenn er sich im Wasser befindet! Lasse den Tauchsieder durch einen Erwachsenen in Betrieb nehmen!*

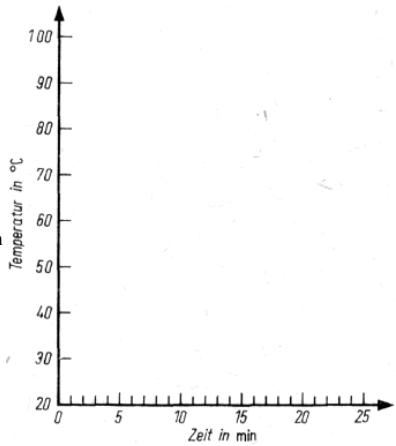
**Arbeitsanweisung:**

1. Der Topf soll nur etwa zur Hälfte mit Wasser gefüllt sein, damit nichts überfließt. Die verwendete Wassermenge richtet sich nach der Wärmequelle:  
 Tauchsieder bis 500 W: 1,5 l  
 Tauchsieder über 500 W: 2,5 l  
 Gasherd: 2 l
2. Das Wasser wird unier ständigem Umrühren erwärmt und nach jeder Minute die Temperatur abgelesen.

**Die Zeitmessung kann erst bei derjenigen Temperatur beginnen, welche auf dem Thermometer gerade noch angezeigt wird (meistens 30 °C oder 40 °C).**

3. Der Versuch wird 5 Minuten nach dem Siedebeginn beende

**Der Versuch wird am besten zu zweit durchgeführt. Ein Schüler liest die Uhr ab, sagt die Minuten an und schreibt die Temperaturen auf. Der andere rührt um und liest die Temperaturen ab.**



Zeit in min	Temp. in °C
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	
25	
26	
27	
28	
29	
30	

**Auswertung:**

1. Zeichne das Temperotur-Zeit-Diagramm !
2. Zeichne mit einer anderen Farbe (Rotstift), wie das Diagramm etwa aussehen würde, wenn man statt Wasser Äthanol (Alkohol) verwendet hätte!
3. Wenn man beim Erwärmen einer Flüssigkeit nicht genau weiß, oh die Flüssigkeit schon siedet, wie könnte man dies am Thermometer erkennen ?  
 ► .....  
 .....
4. Von der wievielten Minute an steigt in dem Versuch die Geschwindigkeit der Flüssigkeitsleilchen nicht mehr?

| | | | | von der ► .....

Minute an.

sieren und eventuell zeitraubende Schreibarbeiten zu vermeiden (vgl. das vorstehende Beispiel<sup>89</sup>).

Die Versuchsergebnisse dürfen dem Schulbuch nicht direkt entnehmbar sein, so daß die Schüler gezwungen sind, den Versuch wirklich durchzuführen und verantwortungsbewußt für ihr Versuchsergebnis einzustehen. Das Versuchsergebnis ist in einer späteren Unterrichtsstunde unbedingt zu überprüfen und zu bewerten. Dadurch gewinnt der Schüler den Eindruck, daß der Hausversuch ernsthafte Arbeit ist und keine bloße Spielerei darstellt.

Neben den Hausversuchen, die kurzfristig zu lösen sind, stellt der Lehrer gelegentlich auch langfristige Hausaufgaben mit experimentellem Charakter in Form von Quartals-, Tertiais- oder Jahresarbeiten<sup>90</sup>. Die Gesamtaufgabe darf sich aber nicht auf die Anfertigung einer komplizierten Apparatur beschränken; die zu entwickelnde Apparatur sollte immer als Mittel zum Zweck einer Versuchsdurchführung dienen. Wichtig ist, daß die langfristigen Aufgaben über eine bloß praktische Beschäftigung der Schüler hinaus wirklich erkenntnisfördernd sind, wobei die Frage nach einer qualitativen oder quantitativen Versuchsdurchführung von untergeordneter Bedeutung ist. Die Aufgaben müssen ihrem physikalischen Inhalt und Umfang nach klar abgesteckt sein, wobei den Schülern neben allen Anweisungen und Anleitungen genügend Spielraum für eigene schöpferische Arbeiten zu lassen ist. Alle langfristigen Aufgaben sollten in Teilaufgaben zergliedert und ihre Teillösungen an bestimmte Termine gebunden werden. Das psychologisch schwierigste Problem bei der Verteilung langfristiger Aufträge ist die oftmalige Ungeduld und Erlahmung der Schüler; darum hebe der Lehrer jedes Erfolgsmoment der Schüler hervor und nutze es zum weiteren Ansporn bei der Erledigung ihrer langfristigen Experimentieraufträge.

#### **5.4. Die Gefahrenmomente im Experimentalunterricht**

Ein Gefahrenmoment, bei dem Verletzungen der Schüler und eine Zerstörung von Geräten bis zu Schäden an Klassenräumen und Gebäuden möglich ist, kann bei jedem Experiment auftreten: z. B.

- beim Umfallen eines Stativs,
- bei der Explosion von Druckbehältern (Dampfkugeln und Papinscher Topf in der Wärmelehre),
- bei der Implosion von Fernschröhen und Dewargefäßen,
- durch Schnittwunden beim Zerbrechen von Glasgefäßen und -röhren,
- durch Unfälle bei elektrischen Versuchen,
- durch Spätunfälle bei Versuchen mit Röntgenstrahlen und radioaktiven Präparaten.

Unsere sozialistische Gesetzgebung verpflichtet Leiter und Lehrer, „Leben und Gesundheit der in ihrem Bereich Arbeitenden“ zu schützen. Sie tragen die persönliche Verantwortung dafür und haben Sorge zu tragen, die in diesem Zusammenhang erlassenen gesetzlichen Bestimmungen zu beachten und anzuwenden.

Diese Bestimmungen finden ihre allgemeine gesetzliche Grundlage im Gesetzbuch der Arbeit der DDR vom 12. 4. 1961 in den Paragraphen 1, 3, 88 und 90 und in der Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht . . . vom 25. Mai 1967.

<sup>89</sup> Entworfen von D. Wrobel, Sangerhausen (noch unveröffentlichte Dissertation).

<sup>90</sup> Wegener, F. und Greiser, H.: Jahresarbeiten im Fach „Physik“. In „Mathematik und Physik in der Schule“, 10 (1963), S. 447 bis 451.

Der gröbliche und fahrlässige Verstoß gegen die Festlegungen dieser Dokumente kann bestraft werden. Im § 90 Absatz 3 heißt es:

„Betriebsleitern, leitenden Mitarbeitern . . . können bei Verletzung ihrer Pflichten Disziplinarmaßnahmen, Ordnungsstrafen oder gerichtliche Strafen auferlegt werden.“ Der Lehrer ist allgemein haftpflichtversichert, das bedeutet Sicherstellung bei Ansprüchen aus Personenschaden und Entschädigung materiellen Schadens (auch bei Fahrlässigkeit), aber keine Befreiung von strafrechtlichen Folgen.

Verstöße können auch geahndet werden im Zusammenhang mit Durchführungsverordnungen zu Gesetzen, amtlichen Verfügungen, Dienstordnungen. Leiter und Lehrer sind über ihre Sorgfaltspflicht hinaus verpflichtet, Schüler über Gefahren und ihre Vermeidung zu belehren. Es ist hier nicht möglich, auf Einzelheiten einzugehen; die „Richtlinie“ gibt bis ins kleinste gehende Anweisungen und Vorschriften. Jeder Lehrer muß sie kennen, ein Herausziehen einzelner Bestimmungen könnte andere — nur scheinbar unwichtige — in den Hintergrund drängen.

Die „Richtlinie“ ist in einem ausführlichen Kommentar erläutert. Beide sind im Verlag Volk und Wissen, Berlin 1967, erschienen.<sup>91</sup>

Die sorgfältige Beachtung der zahlreichen Hinweise der „Richtlinie“ sollte andererseits nicht zu einer übertriebenen Vorsicht oder gar unkontrollierbaren Ängstlichkeit beim Lehrer führen. Mit zunehmender Erfahrung im Experimentieren steigen seine Sicherheit und seine Kenntnisse der Unfallgefahren. Das sicherste Schutzmittel ist die sorgfältige Vorbereitung aller Experimente und die Beachtung der Schutzregeln und -maßnahmen, die in der Richtlinie und in der Literatur angegeben werden (Verwendung von Niederspannung, Tragen von Schutzbrillen und Gummi- bzw. Lederhandschuhen, peinlichste Sauberkeit bei Versuchen mit radioaktiven Substanzen, entsprechender Abstand der Schüler bei Demonstrationsexperimenten und Verwendung von Schutzscheiben aus Glas oder Kunststoffen auf dem Experimentiertisch, Aufstellen von Warnschildern). Von den in der „Richtlinie“ angeführten Vorschriften kann in bestimmten Fällen (z. B. beim Arbeiten mit elektrischer Energie) abgewichen werden, wenn „Versuche durch einen Lehrer oder Fachmann bzw. unter seiner fachkundigen Aufsicht durchgeführt werden“ (Richtlinie § 6 [1]).

Weitere Hinweise, Anregungen und Einzelheiten findet man in den einzelnen Bänden von Girke-Sprockhoff, Physikalische Schulversuche, z. B. über das Arbeiten mit elektrischen Geräten (Sprockhoff, Versuche zur Einführung in die Elektrizitätslehre, Berlin 1958, S. 21 ff., „Richtlinie“ §6); über das Arbeiten mit Quecksilber (Physikalische Schulversuche, Teil IV, Berlin 1955, S. 178 ff., „Richtlinie“ § 15, 12), ferner in Experimentierbüchern, Lehrbüchern und Unterrichtshilfen.

<sup>91</sup> Vgl. dazu auch die Ausführungen „Zum Gesundheits-, Arbeits- und Brandschutz“ in „Deutsche Lehrerzeitung“, (1969), Nr. 14, 15, 16.

## 6. Der programmierte Unterricht im Fach Physik

### 6.1. Vorbemerkungen

Der programmierte Unterricht steht seit mehreren Jahren im Mittelpunkt des Interesses einer ständig wachsenden Zahl pädagogischer Wissenschaftler und Praktiker. Seit etwa 1963 werden auch in der DDR Untersuchungen mit programmierten Lehrmaterialien und Lehrmaschinen durchgeführt, welche das Ziel haben, einmal die Effektivität dieser neuen Unterrichtsart gegenüber anderen Methoden der Wissens- und Könnensvermittlung zu erfassen und zum anderen wesentliche Variablen und Gesetzmäßigkeiten des Aneignungsprozesses aufzudecken und quantitativ darzustellen. Insofern stellt der programmierte Unterricht nicht nur ein wirksames Mittel zur Intensivierung des Unterrichts dar, sondern bietet sich gleichermaßen als präzises Instrument der pädagogischen Forschung an.

Die Bedeutung des programmierten Unterrichts für die Erhöhung der Effektivität des Unterrichtsprozesses findet ihren Niederschlag in mehreren bedeutsamen Dokumenten und Äußerungen der Partei und Staatsführung. So stellte bereits 1964 Walter Ulbricht fest: „Für die Erhöhung der Qualität des Unterrichts kann die Programmierung einzelner Lehrstoffe und Aufgabenbereiche eine wertvolle Hilfe sein. Sie kommt unserer Forderung nach Einbeziehung aller Schüler in den Unterrichtsprozeß und nach aktiver eigenverantwortlicher Arbeit der Schüler sehr entgegen.“<sup>1</sup>

Einen maßgeblichen Niederschlag findet dieses Anliegen in unserem Bildungsgesetz: „Die Programmierung des Lehr- und Lernprozesses ist zielstrebig zu entwickeln. Vorrangig sind Unterrichtsabschnitte in ... naturwissenschaftlichen Fächern ... zu programmieren.“<sup>2</sup> Es erscheint unerlässlich, daß sich auch die allgemeine Methodik des Physikunterrichts der Problematik des programmierten Unterrichts in fachspezifischer Weise annimmt, ja, daß sich künftig jeder Physiklehrer bei seiner Aus- und Weiterbildung mit Problemen der Unterrichtsprogrammierung beschäftigt und diese bei der Gestaltung seiner Unterrichtstätigkeit berücksichtigt.

Der Einführung in die didaktisch-methodische Problematik des programmierten Unterrichts, speziell unter dem Blickwinkel des Physikunterrichts, dienen die nachfolgenden Ausführungen, die nicht die Absicht haben, den Lehrer aufzufordern, selbst solche Programme zu entwickeln (↑ S. 199). Es ist ferner nicht beabsichtigt, systematisch und umfassend die theoretischen Grundlagen und Aspekte des programmierten Unterrichts sowie die mit ihm verbundenen begrifflichen Ansätze darzustellen; dies geschieht nur in gewissem und erforderlichem Maße. Ebenso muß weitgehend auf lernpsychologische Erörterungen verzichtet werden. Im Mittelpunkt der nachfolgenden Darlegungen stehen vielmehr zwei hauptsächlich didaktisch orientierte Fragestellungen des programmierten Unterrichts, und zwar erstens: Auf welche Weise und in welche Richtungen führt der programmierte Unterricht bewährte didaktische Erkenntnisse und Erfahrungen bereichernd weiter? Zweitens: Mit welchen Fragen und Problemen des programmierten Unterrichts sollte sich künftig der Lehrer zunehmend be-

<sup>1</sup> Ulbricht, W.: Festrede zum 15. Jahrestag der DDR. In „Neues Deutschland“, 19 (1964), Nr. 227.

<sup>2</sup> Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem. In: Unser Bildungssystem — wichtiger Schritt auf dem Wege zur gebildeten Nation. Staatsverlag der DDR, 1965, S. 105.

schäftigen, um für die Verwendung programmierter Lehrmaterialien bei der Vorbereitung und Gestaltung seines Unterrichts gerüstet zu sein? — Damit ist bereits gesagt, daß der programmierte Unterricht in gewissem Umfang vor seiner Überführung aus der reinen Forschung in die Schulpraxis steht. Noch in der kommenden, relativ lang andauernden Phase der Gültigkeit und unterrichtspraktischen Verwirklichung des neuen Lehrplanwerks werden dem Lehrer neben den Lehrplänen, Lehrbüchern, Unterrichtshilfen und anderen Materialien auch programmierte Lehrmaterialien (Lehrprogramme) für bestimmte Stoffgebiete, insbesondere des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichts der Mittel- und Oberstufe, zur Verfügung gestellt werden können. Damit ist ihm, wenn auch zunächst nur für bestimmte Fächer und Stoffgebiete, ein weiteres Hilfsmittel in die Hand gegeben, das es ihm ermöglicht, seinen Unterricht in vielseitiger und schöpferischer Weise zu planen und zu gestalten. Weiterhin können einige Ergebnisse des programmierten Unterrichts über diese speziellen Stoffgebiete hinaus zur Befruchtung und Bereicherung der Unterrichtstätigkeit des Lehrers insgesamt beitragen. Dieser zweifachen Zielsetzung ordnen sich die folgenden Ausführungen unter. Die Erforschung des programmierten Unterrichts steht noch ziemlich am Anfang. Deshalb verstehen sich zahlreiche der folgenden Gedanken als vorläufige und teilweise noch zu überprüfende Aussagen. Die gewählten Bezeichnungen tragen den Charakter von Arbeitsbegriffen.

## 6.2. Zum Wesen des programmierten Unterrichts

### 6.2.1. *Programmierter Unterricht und Unterrichtsintensivierung*

Die Programmierung des Unterrichts läßt sich — im Rahmen des hier zu Besprechenden — in den Komplex der *Intensivierung des Unterrichts* einordnen. Unter diesem Begriff seien alle diejenigen Maßnahmen, Verfahren, Methoden und Mittel zusammengefaßt, die das Ziel haben, die Bildungs- und Erziehungsergebnisse je Zeiteinheit bei allen Schülern zu erhöhen. Die Grundlage dieser Unterrichtsintensivierung bildet die Erhöhung des Anteils und des Niveaus der Selbsttätigkeit der Schüler im Unterricht, sie stellt in ihren vielseitigen Formen den hauptsächlichsten Weg der Gestaltung eines intensiven Unterrichts dar. Nun verspricht gerade hierfür der programmierte Unterricht auf Grund seiner Eigentümlichkeiten besonders vielfältige Möglichkeiten. Die bisherigen Ergebnisse seiner Anwendung und Erforschung zeigen in der Mehrzahl, daß erstens die gesteckten Ziele schneller erreicht werden als im herkömmlichen Unterricht und daß zweitens jeder Schüler während der gesamten Unterrichtszeit nahezu unausgesetzt gemäß seinen individuellen Voraussetzungen und Eigenarten auf verschiedenem Niveau tätig ist. Der programmierte Unterricht trägt also sowohl der Forderung nach Intensivierung des Unterrichts als auch nach der Erhöhung der Selbsttätigkeit in besonderer Weise Rechnung. Selbstverständlich zeigt er nur *einen* Weg der Erfüllung dieser Forderungen. Hierbei muß besonders deutlich und eindringlich zweierlei herausgestellt werden: Erstens geht es bei der begrifflichen Abgrenzung zwischen programmiertem und herkömmlichem Unterricht (↑ Abschnitt 6.2.2.) keinesfalls um eine kontradiktorische Gegenüberstellung zwischen diesen beiden Unterrichtsarten und schon gar nicht etwa um eine Abwertung des letzteren. Das Ziel der unterrichtlichen Forschung und Praxis liegt vielmehr im Auffinden pädagogisch sinnvoller und effektiver Kombinationen zwischen lehrergeleitetem und programmgesteuertem Unterricht, die in wirkungsvoller Weise der Realisierung der im Lehrplan niedergelegten Ziele und Inhalte des Unterrichts dienen. Zweitens ordnet sich der programmierte Unterricht seinem „didaktischen Stellenwert“ nach in die grundsätzliche Einheit von Ziel-Inhalt-Methode des Unterrichts in der sozialistischen Schule ein. Unterrichtsmethoden, gleichviel welcher Art und Modernität, dürfen sich nicht verselbständigen und von dieser Einheit isoliert werden; sie dienen der Heranbildung allseitig entwickelter und sozialistisch erzogener Persönlichkeiten als dem Ziel sowie der Vermittlung einer modernen Allgemeinbildung und sozialistischer Verhaltensweisen als dem Inhalt des Unterrichts unserer Schule.

### 6.2.2. *Begriff und Merkmale des programmierten Unterrichts*

Eine befriedigende Definition des Begriffs „programmierter Unterricht“ steht noch aus. Das gleiche gilt für die mit ihm verbundenen Bezeichnungen, wie etwa „programmiertes Lernen“, „Programmierung“, „Lehrprogramm“ und andere. Von einheitlichen Auffassungen über diese und andere mehr oder minder neuartigen Termini ist man aus verschiedenen Gründen noch weit entfernt. Als Bezugspunkt bei der Unterscheidung verschiedener Unterrichtsarten kann man die Funktionsanalyse der jeweiligen pädagogischen Führung im Zusammenhang mit der unter ihrer Leitung stattfindenden Selbsttätigkeit der Schüler wählen. Hierauf gründet sich der Arbeitsbegriff, der den weiteren Ausführungen zugrunde gelegt wird.

*Unter programmiertem Unterricht soll der sich unter der pädagogischen Führung eines Lehrprogramms vollziehende Unterricht verstanden werden, in dem die Funktionen des Lehrsystems objektiviert und die Tätigkeit des Lernsystems (Schüler) programmiert sind. Dieser Unterricht folgt einem im Lehrprogramm gespeicherten Lehralgorithmus, der die Tätigkeit jedes einzelnen Schülers weitgehend determiniert?*

Programmierter Unterricht hat folgende Merkmale:

**Objektivierung.** Einige Lehrfunktionen werden vom Lehrprogramm ohne die direkte Mitwirkung subjektiver Intentionen eines Lehrers wahrgenommen.

**Steuerung.** Der Aneignungsprozeß jedes Schülers verläuft entsprechend den im Lehrprogramm enthaltenen Lehralgorithmen programmgesteuert.

**Rückkopplung.** Jeder Schüler erhält kontinuierlich vom Lehrsystem Rückmeldungen über die Resultate seiner Tätigkeit (innere Rückkopplung). Dagegen trägt jedoch die Rückmeldung der Lernergebnisse an das metasteuernde System (Lehrer) nur episodischen Charakter (äußere Rückkopplung);

**Individualisierung.** Das Lehrsystem ermöglicht eine weitgehende Anpassung der Unterrichtsbedingungen an das individuelle Lernverhalten der Schüler, und zwar sowohl in bezug auf das Lerntempo als auch — in begrenztem Umfang — hinsichtlich des Lernweges.

Im Unterricht, der sich vorwiegend unter der direkten Führung des Lehrers vollzieht („herkömmlicher“ Unterricht, Frontalunterricht), sind diese Merkmale in geringerem Maße ausgeprägt. Die Ausübung der Lehrfunktionen, d. h. die direkte Steuerung des Aneignungsprozesses kann zwar ebenfalls als nach einem im Gedächtnis des Lehrers gespeicherten Lehrprogramm verlaufend betrachtet werden, jedoch ermöglichen die Eigenschaften dieses Programms einen vergleichsweise geringeren Grad der Determination der Schülertätigkeiten, der Rückkopplung sowie der Individualisierung des Unterrichts.

Dieses „subjektivierte“ Programm ist zudem häufig spontanen und situationsbedingten Veränderungen unterworfen.

Darin muß andererseits — wenn diese Änderungen bewußt auf der Grundlage einer ständigen Kontrolle des Unterrichtsverlaufs zum Zwecke einer Adaption des Programms an die jeweiligen situativen Bedingungen erfolgen — ein Vorteil des lehrer geleiteten Unterrichts und ein Ausdruck der schöpferischen Komponenten der Führungstätigkeit gesehen werden.

Ein Unterricht, bei dem die Führung alternierend oder gleichzeitig vom Lehrprogramm und vom Lehrer wahrgenommen wird, wird als *kombinierter Unterricht* bezeichnet.

<sup>3</sup> Diese Auffassung vom programmierten Unterricht wurde in weiterführenden Arbeiten ausgebaut und präzisiert. Vgl. hierzu Richter, E. O.: Probleme und Ergebnisse der Erforschung des programmierten Unterrichts. In „Pädagogik“, 24 (1969), H. 4.

## 6.3. Zur Gestaltung von Lehrprogrammen

### 6.3.1. Begriff und Bestandteile eines Lehrprogramms

Als Lehrprogramm wird ein Lehrsystem bezeichnet, das den zu vermittelnden Lehrstoff in seiner logischen Struktur und den Lehralgorithmus einschließlich der Lehrfunktionen in objektivierter Form enthält. Es programmiert und steuert in vollem Umfang den Aneignungsprozeß des Schülers bei teilweiser Adaption an dessen Lernverhalten.

Ein Lehrprogramm hat also zwei hauptsächliche Bestandteile. Das ist einmal — nach J. P. Gorjunow — die *logische Struktur* des jeweiligen Stoffgebiets, welche „das Ordnungsgefüge der Darlegung des Bildungsinhalts, das die gegenseitige Bedingtheit zwischen den Lehrabschnitten der gegebenen Lehrfachwissenschaft und die wechselseitige Verbindung zu anderen Lehrfachwissenschaften bestimmt“<sup>4</sup>, darstellt. Hier handelt es sich also um den logisch und pädagogisch folgerichtig und rationell dargestellten Bildungsinhalt. Der zweite Bestandteil ist der *Lehralgorithmus*. Er zeigt die „optimale Variante für den Unterrichtsablauf“, den „effektivsten Weg zum Ziel“. Beantwortet die logische Struktur die Frage, *was* gelehrt werden soll, so zeigt der Lehralgorithmus, *wie* der betreffende Stoff gelehrt werden soll.

Hierzu treten aber noch zwei weitere Komponenten der Programmierung, nämlich die für die Behandlung des jeweiligen Stoffgebiets erforderlichen Voraussetzungen an Wissen und Können bei den Schülern sowie das als Zielstruktur auszuweisende und angestrebte Ergebnis des Unterrichtsprozesses. Diese beiden Bestandteile schließlich beantworten die Fragen, *womit* und *wozu* gelehrt werden soll. Zusammengefaßt ergeben sich vier Komplexe, auf die sich die Programmierung erstreckt.

- 1. Der Zielkomplex** — das sind die von den Schülern bei der Behandlung des Stoffgebietes anzueignenden Fähigkeiten, Fertigkeiten und Verhaltensweisen. Die dazu gehörige Zielkomponente, die sich aus dem Wissen zusammensetzt, ist im Gegenstandskomplex erfaßt.
- 2. Der Gegenstandskomplex** — das sind die im Verlauf des Unterrichts zu vermittelnden Tatsachen, Begriffe und Gesetze des Stoffgebietes. Dieser Komplex stellt also gleichzeitig das zu vermittelnde Wissen dar. Er ist integrierender Bestandteil des 1. Komplexes.
- 3. Der Methodenkomplex** — das sind die angewandten Formen und Methoden der Gestaltung des Unterrichts im Stoffgebiet, insbesondere die Führungsformen des Lehrers und die Tätigkeitsformen der Schüler.
- 4. Der Voraussetzungskomplex** — das sind die für die Behandlung des Stoffgebietes bei den Schülern notwendigen Voraussetzungen an Wissen und Können aus dem Mathematik- und Physikunterricht.

Im Lehrprogramm treten die Bestandteile dieser vier Komplexe in einer vom Programmierer auszuarbeitenden bestimmten Struktur auf. Diese kann aufgefaßt werden als eine spezifische Verknüpfung von vier Systemen von Elementen - der Zielelemente, der stofflichen, der operationeilen und der didaktischen Elemente.<sup>5</sup> Hinzu treten dann selbstverständlich noch die erforderlichen Elemente der Programmie-

<sup>4</sup> Gorjunow, J. P.: Logische Struktur und Lehralgorithmus der Lehrfachwissenschaft. In Schestakow: Programmiertes Lernen und Lehrmaschine. VEB Verlag Technik, Berlin, S. 25.

<sup>5</sup> Vgl. Karl, K.: Zur Gestaltung von Lehrprogrammen für den programmierten Unterricht. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 7/8.

rung und die verbale Einkleidung des Ganzen in eine dem Schüler angemessene Form.

Lehrprogramme können mit Hilfe verschiedener Verfahren bzw. Mittel zur Steuerung des Aneignungsprozesses eingesetzt werden. Einmal können sie in programmierten Lehrbüchern oder programmierten Lehrmaterialien fixiert sein, zum ändern vermögen auch unterschiedliche Typen von Lehrmaschinen die Programme aufzunehmen und dem Schüler darzubieten. Die Ausführungen dieses Kapitels beziehen sich ausschließlich auf den Einsatz von programmierten Lehrmaterialien. Über Lehrmaschinen wird an anderer Stelle ausführlicher berichtet.<sup>6</sup> Das von dort übernommene Blockschema einer Lehrmaschine<sup>7</sup>, das an dieser Stelle nicht kommentiert werden soll, möge illustrieren, daß durch die einzelnen Teile einer Lehrmaschine bestimmte (nicht alle) pädagogische Funktionen des unterrichtenden Lehrers nachgebildet werden können (Bild 51).

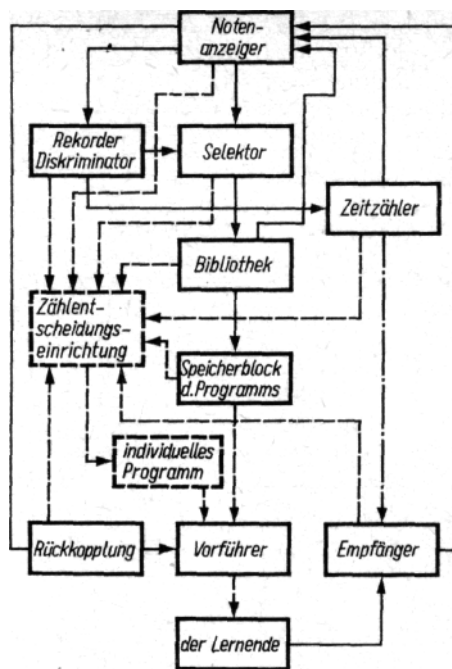


Bild 51 Blockschema einer Lernmaschine

### 6.3.2. Entwicklung und Erprobung eines Lehrprogramms

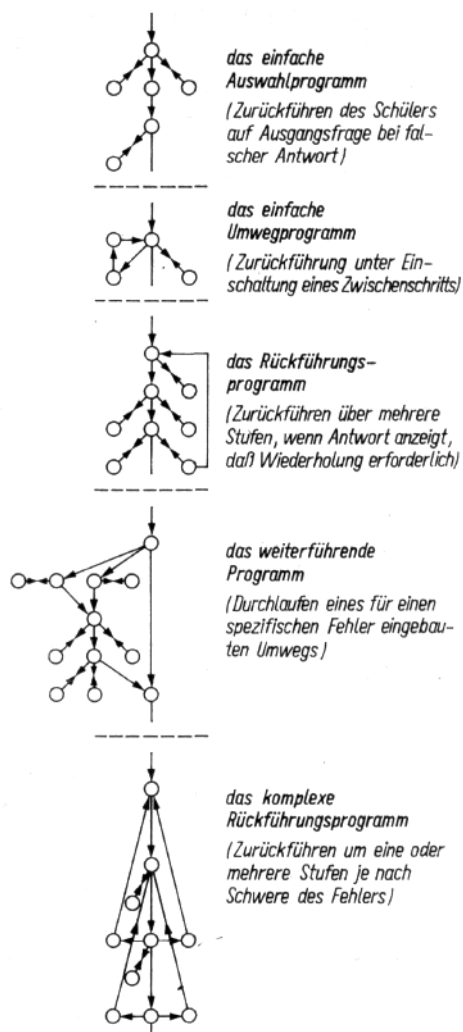
Es gibt gegenwärtig keine allgemeingültig anwendbare Methodik der Ausarbeitung eines Lehrprogramms. B. F. Skinner, der den Lernvorgang als Konditionierungsprozeß auffaßt, stellte einige Regeln und Merkmale für die lineare Programmierung auf. Demgegenüber begreift N. A. Crowder das Lehr- und Lerngeschehen als Kommunikationsprozeß und entwickelt, ausgehend von der „trial and error“-Theorie (↑ S. 141), die verzweigte Programmierung. Einige Beispiele vorrangig zu Strukturformen verzweigter Programme zeigt Bild 52.

In ihnen soll vor allem die Vielfalt möglicher Verknüpfungen der einzelnen Programm-elemente (Lehr- bzw. Lernschritte) in Abhängigkeit von den Antworten der Schüler angedeutet werden, ohne daß im einzelnen die für jedes Beispiel gültigen lerntheoretischen Erwägungen diskutiert werden könnten.

Die folgenden Ausführungen sollen etwas näher belegen, daß die Erarbeitung eines Lehrprogramms ein aufwendiger, arbeits- und zeitintensiver Prozeß ist, der im Interesse der Programmqualität nur von einem speziell vorbereiteten und erfahrenen Kollektiv von Fachkräften verschiedener Bereiche bewältigt werden kann. Dem Lehrer ist daher gegenwärtig weniger die Ausarbeitung von Lehrprogrammen als vielmehr die Nutzung von Ergebnissen der Erforschung des programmierten Unterrichts bei der Vorbereitung und Gestaltung seines Unterrichts anzuraten. Dazu wollen die Ausführungen in den nachfolgenden Abschnitten einige Anregungen vermitteln. Die sorgfältige und möglichst umfassende Analyse der Unterrichtspraxis einer Reihe

<sup>6</sup> Vgl. dazu: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 192 bis 198.

<sup>7</sup> Ebenda, S. 197.



b) Strukturformen des linearen Programms (stark vereinfacht)

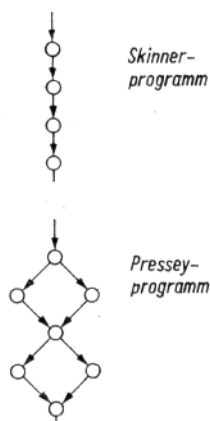


Bild 52 a) Strukturformen des verzweigten Programms nach Crowder

von guten Lehrern ist der wichtigste Ausgangspunkt zur Gewinnung des für die Erarbeitung eines Lehrprogramms erforderlichen Ausgangsmaterials.<sup>8</sup>

Zweckmäßig ist dabei die Aufstellung von sechs Listen, welche den vier Komplexen auf S. 198 entsprechen und diese gleichzeitig weiter differenzieren. Diese Listen sind: die Ziel- und Gegenstandsliste, die Aufgabenliste, die Versuchsliste, die Anwendungsliste, die Fehlerliste, die Voraussetzungsliste. Inhalt dieser Listen sind detaillierte Angaben hinsichtlich des in das Programm einzuarbeitenden Wissens und Könnens. Eine weitere Verdichtung und Strukturierung dieses „Ausgangsreservoirs“, das in den Listen gespeichert ist, kann in Form eines Grobstrukturdiagramms erfolgen.<sup>9</sup> Nach Schaffung dieser Voraussetzungen entstehen für die weitere Ausarbeitung des Programms noch folgende Aufgaben:

1. Die logische Struktur des Stoffgebietes muß weiter verfeinert werden, indem die Beziehungen und Verknüpfungen zwischen den einzelnen Strukturbestandteilen präzisiert, unwesentliche Bestandteile ausgesondert sowie die Systematisierung und Gliederung der gesamten Struktur vervollkommen werden.

2. Die Voraussetzungs komplexe müssen sondiert und reduziert werden, ihre Zuordnung zur Darbietungsfolge des Gegenstandskomplexes muß exakter gefaßt und in entsprechende „Gate Items“ bzw. Wiederholungsteile einschließlich deren sprachlicher Formulierung umgeformt werden.

3. Der Lehralgorithmus muß auf der Grundlage der vorhandenen methodischen Angaben nunmehr im einzelnen aufgestellt und in seiner Zuordnung zur logischen Struktur zu der gesamten algorithmischen didaktisch-methodischen Struktur des Lehrprogramms zusammengefaßt werden. Die entsprechenden methodischen Bestandteile

<sup>8</sup> Vgl. Richter, E. O.: Zur Problematik von Voruntersuchungen bei der Ausarbeitung und Erprobung programmierter Lehrtexte. In „Physik in der Schule“, 5 (1965), H. 7/8 und 9.

<sup>9</sup> Vgl. Ebenda, S. 399 f.

(Experimente, Aufgaben, Anwendungen) müssen sprachlich ausformuliert werden. 4. Schließlich muß über die sprachliche Formulierung der in 1 bis 3 genannten Bestandteile des Lehrprogramms hinaus die eigentliche Programmierung, d. h. die Auflösung des Stoffes in Darbietungseinheiten, die Festlegung der jeweiligen Programmierungsart, die Formulierung der Fragen und Aufgaben sowie der Antworten, Lösungen, Bekräftigungen und Berichtigungen und endlich der Aufbau des permanenten Systems der Kontrolle und inneren Rückkopplung, erfolgen.

Liegt das Lehrprogramm auf diese Weise im ersten Entwurf vor, so wird es vor seinem Einsatz an einem kleineren Adressatenkreis empirisch erprobt.

Nach Begutachtung, Testung und nochmaliger Überarbeitung der Erstfassung eines Lehrprogramms wird dieses in einem Unterrichtsversuch erprobt, zu dem ein möglichst gleichartig konditioniertes Unterrichtsexperiment (eventuell auch mit Bedingungsvariationen in den einzelnen Kontrollklassen) im herkömmlichen Unterrichtsbereich simultan verläuft. Die Ergebnisse beider Untersuchungen werden hinsichtlich bestimmter Kennziffern — hauptsächlich Leistungsparameter und Lernzeiten — quantifiziert und gegeneinander statistisch geprüft.

Die Entwicklung eines Lehrprogramms durchläuft also gleichsam einen algorithmisch beschreibbaren Optimierungskreislauf, wobei als maßgebliches Erfolgskriterium die mit seiner Hilfe in der Unterrichtspraxis erzielten Ergebnisse dienen.<sup>10</sup> Entsprechend diesem hier nur kurz skizzierten Modus wurden die meisten der vorhandenen Lehrprogramme entwickelt, wobei freilich gelegentlich Abweichungen möglich sind. Diese Bemerkungen sollten gleichzeitig vor Augen führen, daß es künftig zweckmäßig und notwendig ist, solche Lehrprogramme nach zentral ausgearbeiteten und einheitlichen Vorgaben und Anleitungen zu erarbeiten und zu erproben, was überdies auch aus ökonomischen Erwägungen heraus nötig ist. Andernfalls könnte leicht die Gefahr eines unsachgemäßen und unkontrollierten Praktizismus entstehen, der der Schulpraxis wenig nützt, oft sogar schaden kann.

Zur Illustration einiger Aussagen dieses Abschnitts möge der in Bild 53 gezeigte Ausschnitt aus einem Programm („Der unverzweigte und der verzweigte Stromkreis“) dienen.

An ihm sind vier hauptsächliche Bestandteile eines Lehr- bzw. Lernschritts zu unterscheiden:

- die Lehrinformation oder Texteinheit (Seiten 1 und 3);
- eine Aufgabe bzw. eine Frage an den Schüler (Seiten 1 und 3);
- eine Vergleichslösung bei linearem Vorgehen oder mehrere Lösungsangebote bei verzweigtem Vorgehen (Seiten 2 und 3);
- die Rückmeldung oder Falsch-Richtig-Bestätigung, Erläuterungen, Lösungs- und Denkhilfen verschiedener Art, Steuerungshinweise zur Wegleitung des Schülers (Seiten 2, 4 und 6).

Im Prinzip lassen sich die meisten Programme als eine Folge derart aufgebauter Schritte auffassen.<sup>11</sup>

<sup>10</sup> Vgl. Richter, E. O.: Die Selbsttätigkeit der Schüler im programmierten Physikunterricht. In: Aus der Praxis der pädagogischen Forschung, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967, S. 138 bis 151.

<sup>11</sup> Vgl. dazu Prochnow, D.: Einige strukturelle Grundlagen von Unterrichtsprogrammen im Zusammenhang mit einem Verfahren der mathematischen Bewertung von Prüfungsprogrammen. In: Pädagogische Wissenschaft und Schule, Bd. 3, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1965, S. 172 bis 185.

— Seite 1 — 1.

Ausgangsproblem

Oft ist es notwendig, mehrere Glühlampen an eine Spannungsquelle anzuschließen. Wir wollen uns zunächst auf zwei Glühlampen beschränken.

Aufgabe:

Überlege dir, welche *beiden* Schaltungsarten möglich sind, und zeichne dafür die Schaltbilder! (Im Werkunterricht hast du bereits ähnliche Aufgaben gelöst.) Überprüfe deine Schaltbilder, nachdem du sie in dein Heft gezeichnet hast!

nach Seite 2

— Seite 2 —

Hier die richtigen Schaltbilder!

Das Schaltbild nach Bild 1 zu zeichnen war für dich wahrscheinlich nicht schwierig. Bei diesem Stromkreis durchfließt der Strom nacheinander die beiden Glühlampen, die hintereinander angeordnet sind. Man bezeichnet deshalb diese Schaltung als *Hintereinanderschaltung* oder *Reihenschaltung*. Die letztere Bezeichnung deutet an, daß die Glühlampen in einer Reihe liegen. Wenn du auch das Schaltbild nach Bild 2 gezeichnet hast, so hast du gründlich überlegt. Da in diesem Falle die Glühlampen parallel angeordnet sind, nennt man diese Schaltung *Parallelschaltung*.

Bild 1 (von Seite 1)

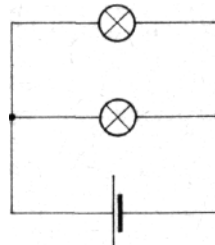
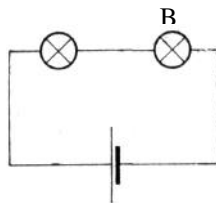


Bild 2

— Seite 3 —

nach Seite 3

Wir wollen nun

die beiden Stromkreise der Bilder 1 und 2 aufmerksam betrachten. Der eine wird als „unverzweigter Stromkreis“, der andere als „verzweigter Stromkreis“ bezeichnet. In *verzweigten* Stromkreisen gibt es stets einen oder mehrere „Verzweigungspunkte“, in denen sich der elektrische Strom auf mehrere Leitungswege aufteilt.

Frage :

Welchen der beiden Stromkreise wird man als unverzweigten und welchen als unverzweigten Stromkreis bezeichnen ? Entscheide dich für die Antwort a) oder b) !

Antwort a): Bild 1 zeigt einen unverzweigten Stromkreis,  
Bild 2 zeigt einen verzweigten Stromkreis.

nach Seite 4

Antwort b): Bild 1 zeigt einen verzweigten Stromkreis, Bild 2 zeigt einen unverzweigten Stromkreis.

(von Seite 2)

nach Seite 6

— Seite 4 —

Diese Antwort ist falsch!

Du hast dir wahrscheinlich die Bedeutung der Worte „unverzweigt“ und „verzweigt“ nicht genügend klargemacht. Kehre nochmals zur Seite 3 zurück!

(von Seite 3)

nach Seite 3

— Seite 6 —

Du hast richtig überlegt!

Bild 1 stellt einen *unverzweigten* Stromkreis dar, der auch als Reihen- oder Hintereinanderschaltung bezeichnet wird.

Bild 2 zeigt einen *verzweigten* Stromkreis, der auch als Parallelschaltung bezeichnet wird.

(von Seite 3)

nach Seite 7

Bild 53 Ausschnitt aus einem verzweigt aufgebauten Programm

#### **6.4. Zu einigen Besonderheiten des programmierten Unterrichts im Fach Physik**

Lehrprogramme für den Physikunterricht müssen in besonderer Weise den Anforderungen an einen modernen Experimentalunterricht sowie an die Gestaltung und Steuerung der verschiedenen Formen der Selbsttätigkeit der Schüler genügen. Zum anderen müssen die erwähnten Merkmale und Vorzüge des programmierten Unterrichts gegenüber dem herkömmlichen Unterricht im Hinblick auf ihre zu erwartende unterrichtsintensivierende Wirkung bei der Festlegung der betreffenden Tätigkeitsformen und den ihnen zugeordneten Führungsformen weitgehend wirksam werden.

Wie schon erwähnt, übernimmt im programmierten Unterricht das Lehrprogramm an Stelle des Lehrers bestimmte Führungsfunktionen im Lehr- und Lernprozeß. Demzufolge haben einige bewährte methodische Grundformen gleichsam ihre „programmierte Entsprechung“: Der Rezeption des Lehrervortrages entspricht die Wissensaufnahme beim Lesen der Darbietungseinheiten des Lehrprogramms durch den Schüler; der Lehrerfrage und ihrer Beantwortung entspricht die Frage im Lehrprogramm und die schriftliche oder gedankliche Antwort des Schülers; dem Unterrichtsgespräch entspricht der — hier allerdings dialogische, aber individualisierte — Kommunikationsprozeß zwischen Lehrprogramm und Schüler. Außerdem kann das Studium bestimmter Abschnitte des (herkömmlichen) Lehrbuchs oder auch anderer Literatur mit „einprogrammiert“ werden.

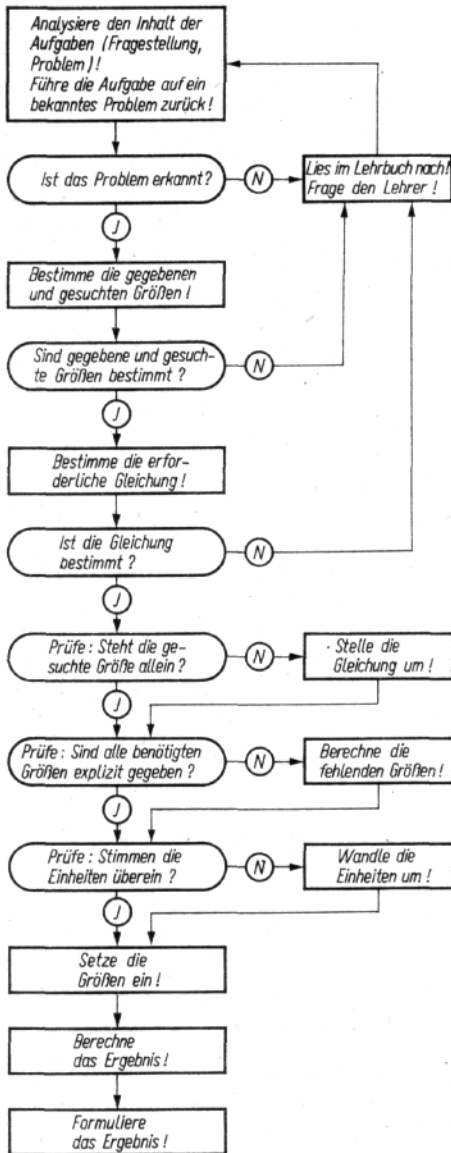
Sondiert man das Methodengefüge des Physikunterrichts hinsichtlich seiner Adaptionmöglichkeiten für den programmierten Unterricht, so dürften die folgenden für die Lerntätigkeit bedeutungsvollen Formen der Selbsttätigkeit der Schüler im programmierten Physikunterricht, welcher mit Lehrereinsätzen kombiniert ist, notwendig und realisierbar sein:

1. Die Durchführung von Schülerexperimenten
2. Das Lösen physikalischer Probleme (Denkaufgaben)
3. Das Lösen physikalischer Rechenaufgaben

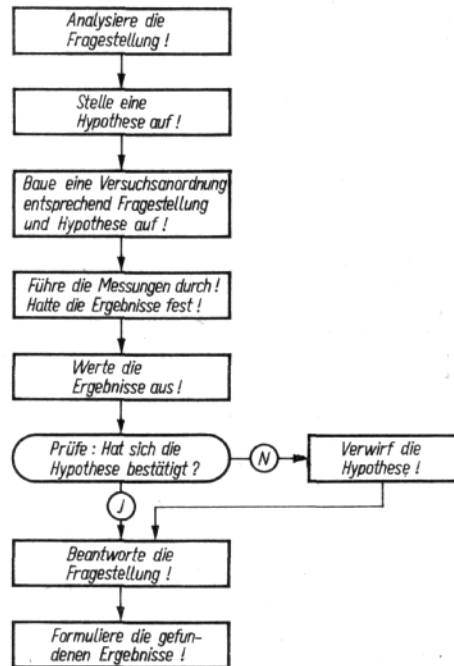
4. Die Beantwortung von Kontroll- und Wiederholungsfragen (nach der Auswahl- und Freiwahlmethode), das Ausfüllen von Leerstellen im Text und das Ergänzen von Zeichnungen und Konstruktionen
5. Das Beobachten und Auswerten von Demonstrationsexperimenten
6. Das Lesen der Darbietungsabschnitte des Lehrprogramms
7. Das Lesen von Abschnitten im Physiklehrbuch.

Dieser Rangreihe liegt als Ordnungsprinzip der *dominierende Anteil* produktiver bzw. rezeptiver Elemente in der Tätigkeit des Schülers *innerhalb des Unterrichts* zugrunde. Der steuernden Gestaltung dieser Tätigkeitsformen dient das hierfür auszuarbeitende Lehrprogramm. Zwei sehr wichtige Tätigkeitsformen der Schüler im Physikunterricht

Bild 54 a) Lösungsschema für Aufgaben



b) Arbeitsschema für Experimente



sind das Aufgabelösen und die Durchführung von Schülerexperimenten. Für diese lassen sich algorithmische Vorschriften aufstellen (↑ S. 168), welche den Tätigkeitsverlauf in Teilschritte zergliedern und deren sukzessive Abarbeitung unter Kontrolle mittels logischer Bedingungen vorgeben. Zwei einfache Beispiele sollen dies illustrieren (Bild 54 a und 54 b).

Es handelt sich hierbei um je eine einfache algorithmische Vorschrift für physikalische Experimente (zur Auffindung von gesetzmäßigen Beziehungen zwischen physikalischen Größen, Beispiel: Pendelgesetz) und für physikalische Aufgaben (zur Anwendung physikalischer Gesetze auf konkrete Sachverhalte, Beispiel: Berechnung der Frequenz mit Hilfe des Pendelgesetzes), also um Aufgaben bzw. Experimente bestimmten Typs.<sup>12</sup> Diese Art der Algorithmierung geistiger Handlungsverläufe läßt sich zweifellos auch auf andere Typen von Aufgaben ausdehnen und führt zu einer wesentlich rationelleren Aneignung und Beherrschung dieser Operationen durch die Schüler. Sehr wichtig ist es, bei der Ausarbeitung des Lehrprogramms die Formen der Fragestellung und der Antwortgebung sorgfältig zu überlegen.

Relativ freizügig kann das Problem der Schrittgröße gehandhabt werden. Für den Physikunterricht empfehlen sich im allgemeinen etwas größere Lerneinheiten, die jeweils einen in sich geschlossenen Gedanken enthalten, wobei vor allem auf die Transparenz durchgehender Leitlinien der physikalischen Erkenntnisgewinnung geachtet werden sollte (↑ Abschnitt 3.2.2.). Bisherige Untersuchungen — auch außerhalb des programmierten Unterrichts — ergaben auch hierbei eine spürbare Leistungsverbesserung bei der expliziten Vermittlung algorithmischer oder andersartig strukturierter Wissens- und Könnensbereiche.

Für den Lehrer, der in seinem Unterricht Lehrprogramme einsetzen möchte, entsteht nun die Aufgabe, sich bei der Planung und Gestaltung seines Unterrichts hauptsächlich drei Problemkreisen zuzuwenden, nämlich

- der Struktur des Unterrichtsprozesses,
- der Führungstätigkeit des Lehrers,
- der Lerntätigkeit der Schüler.

Auch hierzu folgen nachstehend einige Anregungen und Hinweise.

## **6.5. Der Einsatz von Lehrprogrammen im Physikunterricht**

### *6.5.1. Systematische Darstellung des Einsatzes von Lehrprogrammen im Unterricht*

Die spezifischen didaktischen, psychologischen und organisatorischen Bedingungen, die das programmierte Lehren und Lernen kennzeichnen und von den herkömmlichen Verfahren abgrenzen, führen zu der Auffassung, daß der programmierte Unterricht nicht alternativ und universal dem herkömmlichen Unterricht gegenübergestellt werden darf. Vielmehr kommt es in der theoretischen und schulpraktischen Arbeit darauf an, pädagogisch sinnvolle, ein Höchstmaß an Effektivität anstrebende Kombinationen traditioneller und programmierter Formen des Unterrichts zu bestimmen. Als ein wichtiges Problem der didaktischen Forschung erweist sich somit das Problem des pädagogisch sinnvollen und effektivitätssteigernden Einsatzes von Lehrprogrammen im Rahmen des gesamten, durch die komplexe Vielfalt unterschiedlicher Methoden und Verfahren gekennzeichneten Unterrichtsprozesses.

<sup>12</sup> Vgl. Richter, E. O.: Mechanische Schwingungen und Wellen. Ein Lehrprogramm für die experimentelle Forschung im Physikunterricht der 10. Klasse der allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule. Unveröffentlichtes Forschungsmaterial der Abteilung Programmierter Unterricht des DPZI, Berlin 1965.

In den Überlegungen zur Lösung dieses Problems spielen die objektiven Beziehungen zwischen den Hauptträgern des Lehr- und Lernprozesses bei Verwendung von Programmen eine grundlegende Rolle: *Lehrer, Programm* und *Schüler*. Von Bedeutung für den praktischen und erfolgreichen Einsatz von Lehrprogrammen sind *wissenschaftlich begründete Kriterien* für ein optimales Zusammenwirken von Lehrer, Lehrprogramm und Schüler. Zahlreiche Argumente allgemein-pädagogischer, methodisch-didaktischer und psychologischer Art sprechen gegen eine unkritische und un-differenzierte Betrachtungsweise des Programmeinsatzes im Unterricht. Erfahrungen und Ergebnisse empirischer Untersuchungen deuten im Bereich des Physikunterrichts darauf hin, daß eine Reihe pädagogischer Probleme bei *ausschließlicher* oder länger dauernder Anwendung programmierter Lehrmaterialien nur unvollkommen gelöst werden können.

In der bisherigen Praxis des programmierten Physikunterrichts haben sich Formen des Programmeinsatzes bewährt, die durch *eine sinnfällige Einbeziehung der Programme* in den Unterricht und in die Hausarbeit gekennzeichnet sind. Bei der Untersuchung zweckmäßiger Einsatzformen hat sich häufig ein solches Vorgehen bewährt, bei dem auf vorwiegend empirischem Wege, d. h. durch mehrfaches Erproben der Programme und mehrerer Varianten ihres unterrichtlichen Einsatzes, einmal eine höhere Programmqualität, zum anderen aber auch ein relativ stabiles *Muster* (↑ Abschnitt 5.2.1.) einer zweckmäßigen und effektiven Struktur des Unterrichtsprozesses angestrebt wurde. Dabei hat sich folgendes herausgestellt:

1. In den wichtigsten Untersuchungen zum programmierten Physikunterricht ist kein praktisch verwertbarer Repräsentant einer Unterrichtsstruktur sichtbar geworden, der — abstrahierend von den vorgegebenen Unterrichtszielen, vom Inhalt des je weiligen Stoffgebietes und von den Eigenschaften des dazu vorliegenden programmierten Materials — als Muster für alle Stoffgebiete gelten könnte. Für jedes Stoffgebiet und das entsprechende programmierte Material sollte eine effektive Unterrichtsstruktur ermittelt werden, wobei diese in Abhängigkeit von Ziel, Inhalt und Programm mehr oder weniger stark voneinander abweichen können.
2. Jedes empirisch ermittelte Strukturmuster muß dem schöpferisch handelnden Lehrer die Möglichkeit offenlassen, zum Zwecke der Effektivitätssteigerung gewisse Anpassungen an die Bedingungen der konkreten Unterrichtssituation vorzunehmen.

### 6.5.2. *Formen des Einsatzes von Lehrprogrammen im Physikunterricht*

Einige Beispiele (Strukturmuster) sollen im folgenden die möglichen Einsatzformen von Lehrprogrammen im Unterricht deutlich machen. In der Praxis wurden mit Erfolg programmierte Lehrmaterialien eingesetzt, die entweder so gestaltet sind, daß sie als in sich geschlossene Blöcke von der Mehrzahl der Schüler innerhalb einer Unterrichtsstunde durchgearbeitet werden können (stundenbezogene Programme)<sup>13</sup>, oder die einen größeren Stoffabschnitt in sich geschlossen zusammenhängend darstellen und nicht auf Unterrichtsstunden zugeschnitten sind (stoffkomplexbezogene Programme).<sup>14</sup>

In den Bildern 55 und 56 sind erprobte Strukturmuster für beide Programmformen schematisch dargestellt. Das Bild 55 bezieht sich auf ein Lehrprogramm für das Stoffgebiet *Hydrostatik* der 7. Klasse, das in acht stundenbezogene Abschnitte gegliedert ist. Aus diesem Schema ist folgender Unterrichtsverlauf zu entnehmen:

- Frontalunterricht zu Beginn jeder Stunde unter Führung des Lehrers (Einführung, Zielorientierung, Kontrolle, Festigung durch Systematisierung und Wiederholung);

<sup>13</sup> Vgl. Kretschmar, W.: Unterrichtsprogramm im Physikunterricht. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 12.

<sup>14</sup> Vgl. Autorenkollektiv: Elektrizitätslehre (7 Lehrprogramme). Unveröffentlichtes Forschungsmaterial der Abt. Programmierter Unterricht des DPZI, Berlin 1966/67.



- Abschluß des Stoffkomplexes im Frontalunterricht, Festigen und Vertiefen, Klären offener Fragen, Leistungskontrolle.

Diese Einsatzform setzt voraus, daß die Schüler bereits relativ gute experimentelle Fertigkeiten, eine hohe Lernmoral und gutes Konzentrationsvermögen besitzen. Sind diese Voraussetzungen nach Einschätzung des Lehrers nur unzureichend erfüllt, so kann er das Programm auch in anderer Weise einsetzen, zum Beispiel in der im Bild 56 b skizzierten Form. Hierbei besteht die Möglichkeit, die Experimente in frontaler Arbeitsweise durchführen zu lassen, wogegen ihre Auswertung danach mit Hilfe des Programms erfolgt.

Diese Beispiele stellen nur einige der möglichen Einsatzformen von programmierten Lehrmaterialien dar.

Beachtenswerte Forschungsergebnisse zeigen darüber hinaus, daß Lehrprogramme mit Erfolg sowohl zur *häuslichen Vorbereitung* des Schülers auf den Unterricht als auch zur Festigung und Vertiefung des im Unterricht Gelernten geeignet sind. Dabei hat sich insbesondere die Verwendung von Lehrprogrammen als geeignete Methode des Nachholens versäumten Unterrichts — etwa bei längerer Krankheit — herausgestellt. Weitere Aspekte des Lehrprogrammeinsatzes ergeben sich aus den Untersuchungen zur inneren didaktischen Differenzierung des Unterrichts einschließlich der Förderung zurückgebliebener und der Entwicklung begabter Schüler sowie aus der Kombination des programmierten Unterrichts und der Gruppenarbeit im Unterricht; letzteres — auch programmierter Gruppenunterricht genannt — scheint sich zu einer besonders erfolgversprechenden Variante moderner Unterrichtsgestaltung zu qualifizieren.

### 6.5.3. *Organisation des Einsatzes physikalischer Experimente*

Bei der Planung des Einsatzes von Lehrprogrammen im Physikunterricht spielen Überlegungen hinsichtlich der rationellen und pädagogisch sinnvollen Eingliederung von Experimenten verschiedener Art eine bedeutende Rolle.

Wie bereits geschildert wurde, kann ein Lehrprogramm auch die Steuerung wesentlicher Teile der Experimentiertätigkeit des Schülers übernehmen. So ist ein weitgehend selbständiges Experimentieren möglich, andererseits wegen der Zeitdifferenzen auch häufig unumgänglich. Neben dieser Form des individuellen Experimentierens besitzen auf Grund ihrer eigenständigen Bedeutung im Erkenntnisprozeß sowie auf Grund äußerer Bedingungen (Gerätebedarf, Platzbedarf) die Formen des Lehrerexperiments, der Schülerexperimente in gleicher Front oder in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise sowie des Praktikums auch beim Einsatz von Lehrprogrammen ihren festen Platz.

#### 6.5.3.1. *Lehrerexperimente*

**1. Typ: Lehrerexperiment vor der Klasse.** *Merkmale:* Das Lehrerexperiment vor der Klasse kann nur ausgeführt werden, wenn es am Beginn eines neuen Lehrprogramms steht oder wenn alle Schüler nach individueller Arbeit am Programm zu einem Gleichstand zusammengeführt wurden. Nach dem Experiment beginnen alle Schüler im „Frontalstart“ mit der Arbeit am Programm.

**2. Typ: Lehrerexperiment vor der Schülergruppe.** *Merkmale:* Der Lehrer kann einige Schüler, die den Abschluß ihrer Arbeit an einem bestimmten Programmabschnitt angezeigt haben, zusammenrufen und ihnen am Experimentiertisch das Experiment vorführen. Das wiederholt sich danach für weitere Gruppen. Ein Vorteil liegt in der intensiveren Mitwirkung der Schüler am Experimentieren.

Vielfach bewährt hat sich in der Praxis ein solches Vorgehen, bei dem ein bestimmter Versuchsaufbau an zentraler Stelle von allen Schülern beobachtet werden konnte (kontinuierlicher Versuch). Gelangt ein Schüler an die entsprechende Programmstelle, kann er z. B. Meßwerte ablesen oder auch die Messungen selbst vornehmen.

### 6.5.3.2. Schülerexperimente

**1. Typ: Individuelles Experimentieren während der Arbeit mit dem Programm.** *Merkmale:* Wenn der Schüler die entsprechende Stelle im Programm erreicht hat, führt er sofort das Experiment durch. Er bleibt am Platz oder begibt sich zu einem Experimentiertisch. Vorteilhafte Anwendung bei einfachen Experimenten mit geringem Zeit- und Geräteaufwand (z. B. Freihandversuche, Aufbau eines einfachen Stromkreises). Wegen der Zeitdifferenzen muß nicht für jeden Schüler ein Gerätesatz vorhanden sein.

**2. Typ: Experimentieren in der Gruppe während der Arbeit mit dem Programm.** *Merkmale:* Eine feste Gruppe beginnt sofort mit dem Experimentieren, wenn der letzte Schüler der Gruppe die entsprechende Programmstelle erreicht hat. Die (meist wegen „Selbstregulation“ geringen) Zeitunterschiede können durch Zusatzaufgaben sinnvoll genutzt werden.

Wird das Experiment nicht am Platz ausgeführt, können sich auch Zufallsgruppen bilden. Vorteilhafte Anwendung bei etwas schwierigen Experimenten mit größerem Zeit- und Gerätebedarf (Gesetze des unverzweigten und verzweigten Stromkreises u. a.).

**3. Typ: Schülerexperimente in gleicher Front.** *Merkmale:* Nach dem Zusammenführen der Schüler auf den gleichen Stand der Abarbeitung des Programms werden Experimente in bekannter Weise unter Führung des Lehrers durchgeführt. Vorteilhafte Anwendung bei Einführung und Aneignung bestimmter manueller Fertigkeiten (Vor- und Nachmachen) sowie bei schwierigen Experimenten, deren Auswertung wieder mit Hilfe des Programms erfolgt.

Allen genannten Organisationsformen ist gemeinsam, daß sie von den Schülern ein hohes Maß an Arbeitsdisziplin und bereits ein bestimmtes Können im Experimentieren verlangen.

Jede Form besitzt gewisse Vor- und Nachteile und muß vom Lehrer unter Beachtung der didaktisch-methodischen und organisatorischen Bedingungen des jeweiligen Experiments ausgewählt und angewendet werden.

## 6.6. Zur Tätigkeit des Lehrers im programmierten Physikunterricht

### 6.6.1. Vorbereitung des Unterrichts

In der bisherigen Praxis wurde dem Lehrer zum Lehrprogramm häufig eine kurzgefaßte methodische Handreichung beigegeben, die Planungsvorschläge und Hinweise für eine Reihe organisatorischer und methodischer Fragen enthält, die jedoch das eigene gründliche Studium des Lehrplans und die gründliche Analyse und Einschätzung der eigenen Unterrichtssituation nicht ersetzen soll und kann. Die gründliche Kenntnis der Unterrichtssituation ist eine wichtige Voraussetzung für die Planung der Einsatzform des Programms, für die Festlegung der Grundstruktur des Unterrichtsprozesses und eines genauen Zeitplans.

Durch sorgfältige Ausarbeitung und mehrfache Erprobung eines Lehrprogramms zu einem gewissen Stoffgebiet wird versucht, ihm eine solche Gestalt zu geben, daß sein Einsatz unter durchschnittlichen Unterrichtsbedingungen möglich und erfolgreich ist. Dennoch ist die genaue Kenntnis der pädagogischen Eigenschaften und Möglichkeiten des Programms die Voraussetzung für dessen erfolgreichsten Einsatz im Unterricht. Bei der Vorbereitung einzelner Unterrichtsstunden wird der Lehrer vor manche neuartige Probleme gestellt. Wenn die Schüler bereits in der vergangenen Stunde mit Lehrprogrammen gearbeitet haben, wird es sich häufig als zweckmäßig erweisen, zu Stundenbeginn eine gezielte Leistungskontrolle durchzuführen. Voraussetzung für eine richtige

Aufgabenstellung ist, daß er einen guten Überblick über den Stand der Arbeit der einzelnen Schüler besitzt. An Hand der Beobachtungen der vergangenen Stunde wird der Lehrer auch entscheiden können, ob und in welcher Weise er ergänzende Erklärungen, Anschauungsmittel, ein Demonstrationsexperiment und nicht zuletzt motivierende und sonstige erzieherische Hinweise in die kommende Stunde einfügen soll. Er wird in besonderen Situationen zu entscheiden haben, ob die geplante Einsatzform an einer bestimmten Stelle geändert werden muß.

#### 6.6.2. Durchführung des Unterrichts

Ein Hauptmerkmal der Lehrertätigkeit beim Einsatz von Lehrprogrammen besteht darin, daß der Lehrer vom Frontaleinsatz vor der Klasse weitgehend freigesetzt wird und überaus wichtige individuelle betreuende Aufgaben erfüllen kann. Durch enge und kontinuierliche Kontaktaufnahme insbesondere mit schwächeren Schülern sind nunmehr gründlichere Hilfsmaßnahmen durch ständige Überwachung ihres Lernprozesses, Beantwortung von Fragen, motivierende Hinweise oder auch ein „sokratisches“ Gespräch ermöglicht. Dabei ist natürlich darauf zu achten, daß keine erheblichen Störungen des Unterrichts auftreten.

Doch auch zur individuellen Förderung guter Schüler bieten Unterrichtsteile mit Programmeinsatz günstige Bedingungen. Häufig sind diese Schüler in kürzerer Zeit am Ziel angelangt, so daß ihnen Zusatzaufgaben mit erhöhtem Schwierigkeitsgrad gestellt werden können. Im allgemeinen weist die Tätigkeit des Lehrers im Unterricht folgende Besonderheiten auf:

1. In Unterrichtsteilen mit Programmeinsatz ist die Lehrertätigkeit durch einen hohen Anteil solcher Maßnahmen gekennzeichnet, die das Ziel haben, durch *individuelles Einwirken* auf den Schüler die Steuerung seines Lernprozesses zu vervollkommen.
2. Da Häufigkeit und Anspruchsniveau der Schüleranforderungen sich ständig ändern und durch die Unterschiede in der Arbeitsgeschwindigkeit auch der Inhalt der Anforderungen innerhalb einer kleinen Zeitspanne mehrfach wechseln kann, entsteht dadurch für den Lehrer die Notwendigkeit, sich fortwährend auf neue Situationen einzustellen. Dies erfordert von ihm eine hohe *Wendigkeit und didaktisches Geschick*.
3. Der Einsatz von Programmen im Unterricht ermöglicht somit dem Lehrer vielfältige *Maßnahmen individueller Förderung*, die teilweise bereits eine gewisse Differenzierung des Lernprozesses in sich einschließt und die individuell-erzieherischem Einwirken beachtlichen Spielraum einräumt (↑ Abschnitt 3.3.).
4. Die Lehrertätigkeit beim Einsatz von Lehrprogrammen ist somit gekennzeichnet durch eine *Verlagerung der Führungsfunktionen* vor allem des Lehrers auf die Seite der Kontroll- und Betreuungsfunktionen, wogegen die unmittelbare Steuerung des Aneignungsprozesses durch frontale Einwirkung auf die Klasse zurücktritt.
5. In der Vorbereitungsphase tritt die *Funktion des Planens* und des zweckmäßigen pädagogischen Entscheidens stärker in den Vordergrund.
6. Das aktive Verfolgen des Lernprozesses einer größeren Anzahl von Schülern ermöglicht dem Lehrer eine tiefere *Einsicht in die Besonderheiten der Lerntätigkeit* seiner Schüler während des Unterrichts.
7. Die Besonderheiten der Führungstätigkeit verursachen andererseits erhöhte Anforderungen bezüglich einer *rationellen Informationsaufnahme und -speicherung* durch den Lehrer. Diesen Anforderungen kann er durch exakte Kontrolle und Bewertung des Lernverlaufs der Schüler und seiner Ergebnisse nachkommen, wozu die Besonderheiten des programmierten Lernens günstige Bedingungen bieten. (Der Lehrer kann z. B. den individuellen Weg jedes Schülers „durch das Programm“ registrieren lassen und aus der Analyse der gemachten Fehler Schlüsse auf die weiteren Führungsmaßnahmen ziehen.)

## 6.7. Zur Tätigkeit des Schülers im programmierten Physikunterricht

### 6.7.1. Vorbereitung auf den Unterricht

Der Unterrichtserfolg hängt maßgeblich davon ab, inwieweit die Schüler die fachlichen Voraussetzungen erfüllen, die vom Programm gestellt werden. Bei geringen Vorkenntnissen können die Schüler in häuslicher Arbeit oder in einer Vorbereitungsstunde die vorhandenen Lücken schließen. Gute Erfahrungen wurden mit solchen Lehrprogrammen gesammelt, die Wiederholungs- und Einführungsteile enthielten, welche von einigen oder allen Schülern zur relativen Angleichung des Leistungsstandes durchzuarbeiten waren.

Noch wichtiger scheint, daß die Schüler an die selbständige Arbeit mit gedruckten oder anderweitigen Lehrmaterialien frühzeitig und in angemessener Abstufung der Anforderungen gewöhnt werden. Es ist erforderlich, daß die Schüler einige Grundtechniken der geistigen Arbeit beherrschen. Sie sollen gute Lesefertigkeiten, vor allem aber die Fähigkeit besitzen, sinnerfassend zu lesen. Wichtig ist, daß sie es bereits in gewissem Maße verstehen, das Wesentliche aus dem Textzusammenhang zu erfassen, ihre Gedanken und Antworten prägnant zu formulieren sowie mit Tabellen, Grafiken u. a. umzugehen. Diese Voraussetzungen, die für den Unterricht schlechthin, insbesondere aber für das programmierte Lernen hochgradige Bedeutung haben, können nur durch gezielte Anstrengungen in der Mehrzahl der Fächer, von unteren Klassen beginnend, geschaffen werden. Erfahrene Lehrer nennen als Möglichkeiten der Vorbereitung die verstärkte Arbeit mit dem *Lehrbuch* (Lösen von Aufgaben, Konspektieren) und den Einsatz verschiedener Typen von *Arbeitsblättern* als gewisse Grund- oder Vorformen programmierten Materials.

Nicht zuletzt ist die Vorbereitung der Schüler ein wichtiges erzieherisches Problem. Selbständige Lernarbeit fordert vom Schüler solche Charaktereigenschaften wie Zielstrebigkeit, Ehrlichkeit gegen sich selbst, eine kritische Einstellung gegenüber der eigenen Arbeit und Genauigkeit. Grundvoraussetzung ist ein hohes Maß an Lernbereitschaft, deren Erzeugung nicht zuletzt zu den politisch-ideologischen Aufgaben des Pädagogenkollektivs einer Schule gehört. In diesem Zusammenhang ist auch die Frage zu beantworten, von welcher Altersstufe an im Physikunterricht programmierte Lehrmaterialien eingesetzt werden können. Da zu dieser Problematik kaum systematische Untersuchungen durchgeführt wurden, gibt es bislang keine begründeten Hinweise für die Existenz einer unteren Grenze für den Programmeinsatz im Physikunterricht. Selbstverständlich werden sich die Gestaltung des Materials, die Art und Weise sowie die Dauer seines Einsatzes im Unterricht den Altersbesonderheiten der Schüler anpassen haben.

### 6.7.2. Besonderheiten der Schülertätigkeit im Unterricht

Einige Besonderheiten lassen sich wie folgt kennzeichnen:

1. Der Einsatz von Lehrprogrammen führt zu einem hohen *quantitativen Anteil und qualitativen Niveau der Selbsttätigkeit* der Schüler im Unterricht.
2. Der Einsatz von Lehrprogrammen kann zu einer *Verfestigung der Lernmotivationen und zur Verbesserung der Lernbereitschaft* der Schüler führen. Die individuelle Form des Lernens fördert auch die Aktivität schwacher und gehemmter Schüler, gleichermaßen trägt diese Lernform zur Förderung befähigter Schüler bei.

Die bisherigen Erfahrungen aus dem Physikunterricht zeigten in diesem Zusammenhang, daß bei pädagogisch richtiger Anwendung des programmierten Lernens sich das Interesse am Fach bei vielen Schülern erhöhte. Die Möglichkeit, in einem dem individuellen

Leistungsvermögen entsprechenden Lerntempo voranzuschreiten, verstärkte die Lernbereitschaft schwacher Schüler und vergrößerte die Bereitwilligkeit, sich bei Schwierigkeiten an den Lehrer zu wenden, zumal dadurch keine Beeinträchtigung der Lernarbeit der Mitschüler entsteht.

3. Der mit dem hohen Grad der Selbsttätigkeit der Schüler verbundene hohe Grad der Konzentration sichert dem Lehr- und Lernprozeß einen relativ störungsfreien Verlauf, der sich in einer *guten Arbeitsatmosphäre und -disziplin* der Schüler äußert. Der mit Lehrprogrammen durchgeführte Unterricht zeichnet sich in der Regel durch gute Disziplin und ruhigen Lernverlauf aus. Beim Experimentieren können allerdings die gemeinhin mit dieser Tätigkeit verbundenen Störungen auftreten. Hinzu kommt noch bei den individuellen Experimenten ein Störungsfaktor, der aus der Zeitverschiebung im Lernverlauf resultiert und der anfänglich auf die nicht experimentierenden Schüler einwirkt. Die Erfahrungen besagen jedoch, daß sich die Schüler verhältnismäßig schnell an den neuartigen Arbeitsrhythmus gewöhnen.
4. Ein für die Führung des programmierten Unterrichts bedeutsames äußeres Merkmal der Schülertätigkeit ist die individuell unterschiedliche Arbeitsgeschwindigkeit der Schüler. Sie macht sich darin bemerkbar, daß die Schüler zu unterschiedlichen Zeitpunkten eine bestimmte Stelle des Lehrprogramms erreichen. Die Zeitdifferenzen können sehr verschiedene Ursachen haben, deren Aufdeckung dem Lehrer wertvolle Aufschlüsse über individuelle Besonderheiten im Lernverhalten seiner Schüler geben kann. Hier entstehen für den Lehrer vielfältige Aufgaben bei der individuellen Steuerung des Lernprozesses.

Im Physikunterricht sind jedoch die zutage getretenen Zeitdifferenzen — auch bei umfangreicheren Lehrprogrammen — erfahrungsgemäß geringer als beispielsweise im Mathematik- oder Chemieunterricht<sup>15</sup>. Dies hat seine Ursache vor allem darin, daß vor Lehrereperimenten die Schüler in der Regel wieder zu einem Gleichstand geführt werden müssen. Ausgleichende Wirkungen werden auch durch Schülerexperimente (Gruppenbildung) hervorgerufen. Beobachtungen ergaben, daß mit zunehmender Erfahrung der Schüler im Umgang mit programmierten Lehrmaterialien eine gewisse „Selbstregulation“ des Lerntempos erfolgt, indem z. B. kurz vor Stundenende keine neuen Abschnitte mehr begonnen werden, d. h. das Lerntempo „gedrosselt“ wird. Eine komplizierte Aufgabe des Lehrers besteht darin, beim Einsatz von Lehrprogrammen durch individuelle Einflußnahme auf die Schüler zu erreichen, daß jeder die ihm zur Verfügung stehende Arbeitszeit rationell nutzt, daß die im Wesen des programmierten Lernens begründeten Zeitdifferenzen der Erhöhung der Effektivität des Unterrichts zugute kommen. Insofern erschließt auch in dieser Hinsicht der programmierte Unterricht wertvolle Reserven für die Intensivierung des Unterrichtsprozesses. Um einige der insbesondere in den Abschnitten 6.5., 6.6. und 6.7. dargestellten Probleme des Programmeinsatzes und der Lehrer- und Schülertätigkeit zu verdeutlichen, werde das *Beispiel einer Unterrichtsstunde* skizziert, das nach den Erfahrungen verschiedener Schulversuche als typisch gelten kann.

Zum Thema „Der unverzweigte und der verzweigte Stromkreis“ möge dem Lehrer ein Klassensatz programmierter Lehrmaterialien zur Verfügung stehen.

#### **Unterrichtsvorbereitung:**

Nach dem Studium des Programms und der dazugehörigen methodischen Hinweise entscheidet sich der Lehrer für eine Einsatzvariante, die dem Strukturmuster gemäß Bild 56 entspricht. Dazu veranlaßt ihn insbesondere die Tatsache, daß die Form des individuellen Experimentierens bei den gegebenen Voraussetzungen seiner Schüler sowie hinsichtlich der materiellen Bedingungen zu Schwierigkeiten führen könnte.

<sup>15</sup> In einem Schulversuch wurden für den Quotienten aus den Arbeitszeiten des langsamsten und des schnellsten Schülers einer Klasse bei verschiedenen Programmen Mittelwerte zwischen 1,3 und 1,6 gemessen.

Der Lehrer stellt sich das Ziel, in der ersten Stunde die Schüler in die stoffliche Problematik soweit einzuführen, daß zu Beginn der zweiten Stunde der erste Schülerübungsversuch in gleicher Front durchgeführt werden kann.

Die wichtigsten Grundbegriffe, wie *Reihen- und Parallelschaltung, verzweigter und unverzweigter Stromkreis*, sollen sich die Schüler mit Hilfe des ersten Kapitels des Lehrprogramms selbständig erarbeiten.

Die Unterrichtsplanung für das ganze Thema sieht für die erste Stunde folgende Abschnitte vor:

1. Einführung in das Stoffgebiet, Zielstellung,
2. individuelle Arbeit mit dem Programm,
3. kurze Wiederholung im Frontalunterricht, Kontrolle der angeeigneten Kenntnisse und Erarbeiten der Aufgabenstellung für die Schülerübungsversuche in der nächsten Stunde.

In seiner Unterrichtsvorbereitung berücksichtigt der Lehrer die nach Schritt 2 auftretenden Zeitdifferenzen, indem er einige Zusatzaufgaben zur Unterscheidung der Schaltskizzen unverzweigter und verzweigter Stromkreise als Tafelbild vorbereitet.

#### **Ablauf der Unterrichtsstunde:**

1. Zu Beginn der Stunde erhalten die Schüler einen kurzen Einblick in einige äußere Besonderheiten des Programmaufbaus. An Hand zweier praxisbezogener Beispiele und evtl. mit einem Hinweis auf den Werkunterricht werden die Schüler in die stoffliche Problematik eingeführt (10 min bis 15 min).
2. Die Schüler arbeiten selbständig die im Programm gebotenen Informationseinheiten durch und lösen die auf jede Einheit folgende Aufgabe. Die Ergebnisse halten sie in einem Protokoll fest und vergleichen sie mit den im Programm vorgegebenen. Am Schluß des Kapitels steht eine schriftliche Zusammenfassung, die ins Arbeitsheft einzutragen ist. Während der Programmarbeit begibt sich der Lehrer zu mehreren Schülern, die Fragen haben, beantwortet sie, kontrolliert die Arbeit und gibt helfende Hinweise. Außerdem zeichnet er die Zusatzaufgaben an. Der erste Schüler hat nach etwa 15 min den Abschnitt durchgearbeitet und erhält nach kurzer Kontrolle den Auftrag, alle Zusatzaufgaben zu lösen. Im Laufe der nächsten 10 min beenden alle Schüler bis auf zwei das vorgesehene Pensum. Diese beiden erhalten eine entsprechende Hausaufgabe. Einigen Schülern wird nur eine der Zusatzaufgaben gestellt. In der verbleibenden Zeit wird im Frontalunterricht das angeeignete Wissen kontrolliert und im Unterrichtsgespräch versucht, für die bevorstehenden experimentellen Aufgaben die Lernmotivation der Schüler zu verstärken.

In der skizzierten Stunde steht der Abschnitt des programmierten Lernens zwischen zwei Frontaleinheiten.

Auf Grund günstiger Erfahrungen aus der ersten Stunde kann der Lehrer in den nächsten Stunden auch zu größeren programmierten Abschnitten übergehen. So zeigt sich auch in diesem Beispiel der programmierte Unterricht als eine durchaus flexible und schöpferisch in den Gesamtprozeß der Bildung und Erziehung einzuordnende Unterrichtsform.

## 7. Unterrichtsmittel für den Physikunterricht

### 7.1. Die Lehr- und Lernmittel für den Demonstrationsunterricht

#### 7.1.1. Bedeutung und Zweck der Lehr- und Lernmittel

Die erfolgreiche und rationelle Gestaltung des Unterrichts erfordert den Einsatz bestimmter *Unterrichtsmittel*. Darunter sind *alle* materiellen Mittel zu verstehen, die eine notwendige Bedingung für die optimale Realisierung der Bildungs- und Erziehungsziele darstellen. Zu ihnen zählen alle materiellen Objekte, vom Schulgebäude über spezielle Lehrmittel bis zum Schreibheft. Von besonderer Bedeutung sind die für den Fachunterricht entwickelten *Lehr- und Lernmittel*. Darunter sind an materielle Objekte (in erweitertem Sinne aber auch an geistige Handlungen, wie z. B. Sprache) gebundene Anschauungs-, Veranschaulichungs- und Arbeitsmittel zu verstehen, die folgende Aufgaben zu erfüllen haben:

- Sie sollen den fachspezifischen Unterrichtsprozeß unterstützen,
- der rationellen Aneignung des physikalischen Bildungsgutes dienen,
- die Faßlichkeit des Erkenntnisprozesses durch die Verbindung von sinnlicher und rationeller Erkenntnis, von Gnostischem und Emotionalem gewährleisten,
- beim Schüler den Aufbau und die Entwicklung innerer psychischer Bedingungen (Willen, Motive, Gefühle, Einstellungen) als notwendige Voraussetzungen zum bewußten, aktiven Erreichen der gestellten Bildungs- und Erziehungsziele hervorrufen und
- die rationelle Führung und optimale Gestaltung des Unterrichts durch den Lehrer ermöglichen.

Über die allgemeine Bedeutung der Lehr- und Lernmittel und über Grundsätze ihrer Anwendung im Lehr- und Lernprozeß gibt die Literatur<sup>1,2,3</sup> ausreichend Auskunft. Im folgenden sollen deshalb nur einige zusammenfassende Ausführungen, vor allem hinsichtlich des erkenntnistheoretisch und didaktisch wichtigen Verhältnisses zwischen den Lehr- und Lernmitteln und der von ihnen widerspiegelten objektiven Realität und über fachspezielle Anwendungen einzelner Lehrmittel im Physikunterricht, gemacht werden.

Lehr- und Lernmittel haben im Unterrichtsprozeß folgende Grundfunktionen:

1. die *Steuerungs- und Stimulationsfunktion*, d. h., sie haben zur Durchsetzung der schulischen Aufgaben dem Lehrer als Hilfsmittel zu dienen.
2. die *Mitteilungsfunktion*, d. h., sie sind Informationsträger bzw. -Speicher im Kommunikationsprozeß zwischen Lehrer und Schüler,
3. die *Erkenntnisfunktion*, d. h., sie stellen die Verbindung her zwischen der objektiven Realität und ihrer Widerspiegelung im Erkenntnisprozeß des Schülers,
4. die *Übungsfunktion*, d. h., sie dienen vorzugsweise der Festigung und Vertiefung von Kenntnissen und der Entwicklung von Fertigkeiten.

Diese Funktionen, die naturgemäß nur selten isoliert im Unterrichtsprozeß wirksam werden, können dadurch realisiert werden, daß es erstens eine Vielzahl von Lehrmitteln

<sup>1</sup> Schulpädagogik Teil I, Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963, S. 564 ff.

<sup>2</sup> Abriß der allgemeinen Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966, S. 161 ff.

<sup>3</sup> Unterrichtsmittel-Information. Herausgegeben vom DPZI seit 1966; 4 bis 6 Hefte im Jahr.

gibt, die alle notwendigen didaktischen und methodischen Bereiche überstreichen, und zweitens, daß jedes Lehrmittel sowohl konkret-sinnliche als auch logisch-abstrakte Elemente enthält, also rationale und psychische Komponenten verbindet. Je nach der konkreten Unterrichtssituation tritt die eine oder die andere Seite des Lehrmittels stärker betont in Erscheinung.

In der Vergangenheit ist häufig nur das konkret-sinnliche Element hervorgehoben und das Lehrmittel als reines Anschauungsmittel angesehen worden. Das ist teils aus der historischen Entwicklung zu verstehen, als noch vor 100 Jahren das Lehrmittel fast ausschließlich zur Illustration des Unterrichts (vgl. dazu die beliebte Verwendung von Anschauungstafeln (↑ S. 221) und als visuelle Gedächtnishilfe eingesetzt wurde, teils aus der falschen Interpretation des Begriffes Anschauung, die die logisch-abstrakte Komponente übersieht.<sup>4</sup> Diese falsche Ansicht wurde dadurch bestärkt, daß durch die theoretische Durchdringung des naturwissenschaftlichen Unterrichts das Lehrmittel sich zuerst zu einem erkenntnistheoretischen Mittel entwickelte, das vorzugsweise die lebendige Anschauung als Ausgangspunkt der Erkenntnis zu entfalten hatte und gerade deshalb die Überbetonung des Konkret-Sinnlichen in den Vordergrund gerückt wurde. Sofern das genannte Verhältnis richtig gesehen wird, ist aber gegen den häufig verwendeten Ausdruck Anschauungsmittel nichts einzuwenden.

Das Verhältnis des Konkreten zum Abstrakten kann in den Lehrmitteln untereinander stark schwanken, aber auch bei einem Lehrmittel vom Lehrer je nach der didaktischen und methodischen Zielsetzung verändert werden, um seine Wirksamkeit in die geistige Tätigkeit des Schülers einzubeziehen, sie anzuregen oder zu erleichtern.<sup>5</sup> Dadurch wird auch eine Steuerung der rezeptiven oder produktiven Tätigkeit der Schüler möglich (↑ Abschnitt 5.1.). Diese Variabilität des Lehrmittels gestattet die didaktische Anpassung des Erkenntnisprozesses an alle Altersstufen: Je geringer der Umfang der Kenntnisse, der Erfahrungen, des Abstraktionsvermögens des Schülers ist, desto akzentuierter müssen die sinnlich-konkreten Seiten des Lehrmittels herausgearbeitet, in ihrem Aufbau einfach gestaltet und durchsichtig erscheinende Anschauungsmittel verwendet werden. Nur dadurch kann eine echte Auseinandersetzung mit der Wirklichkeit erreicht, das Erfassen und Deuten der Realität gewährleistet, das Bilden von Begriffen und Erkennen von Gesetzmäßigkeiten ermöglicht werden. Von diesem Standpunkt aus betrachtet kann auch das Experiment als Anschauungsmittel<sup>6,7</sup> oder als Lehr- und Lernmittel<sup>8</sup> betrachtet werden, weil im Experimentierprozeß wie beim Einsatz des Lehr- und Lernmittels Handeln, Beobachten und Denken aufs engste verknüpft sind. Je älter der Schüler ist, um so mehr können das logisch-abstrakte Element überwiegen und symbolische Lehrmittel, wie optische und akustische Zeichen (mathematische Formeln, das geschriebene und gesprochene Wort), im Unterrichtsprozeß eingesetzt werden.

Die Vielzahl und Vielgestaltigkeit der Lehrmittel hat in den letzten Jahren immer dringender zu Versuchen geführt, sie zu systematisieren und eine Zuordnung zum Unterrichtsprozeß bzw. zum Erkenntnisprozeß des Schülers zu finden.<sup>9,10,11</sup> Die Systematisierungsversuche gehen von der erkenntnistheoretischen Überlegung aus,

<sup>4</sup> Vgl. dazu Klein, H.: Didaktische Prinzipien und Regeln. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1961 S. 137 ff.

<sup>5</sup> Vgl. dazu Bogojawlenski, D. N./Mentschinskaja, V. A.: Psychologische Probleme des Kenntniserwerbs in der Schule, S. 108.

<sup>6</sup> Vgl. dazu Keune, H.: Grundriß der allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts, S. 669.

<sup>7</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 119.

<sup>8</sup> Das Experiment im Chemieunterricht, S. 7.

<sup>9</sup> Zum gegenwärtigen Diskussionsstand über Begriffsbestimmung, Systematik und Gestaltungsprinzipien der Unterrichtsmittel. Manuskriptdruck, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1957.

<sup>10</sup> Zur Entwicklung von Unterrichtsmittelsystemen. Kolloquium am 23. 6. 1967 in Berlin. In „Pädagogische Forschung“, 8 (1967), H. 4/5, S. 53 ff.

<sup>11</sup> Grundsätze und Hinweise für die Gestaltung von Unterrichtsmitteln. Herausgegeben vom DPZI, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968, S. 11.

daß die Lehr- und Lernmittel eine Widerspiegelung von Gegenständen, Erscheinungen, Zuständen, Vorgängen und Sachverhalten aus Gesellschaft, Natur und Technik darstellen<sup>12</sup> oder allgemeiner ausgedrückt, daß sie eine Form der Widerspiegelung der objektiven Realität sind.<sup>13</sup> Auf diese Tatsache wird bei der Behandlung des Experimentes (↑ Abschnitt 5.3.) und der abstrahierenden Methoden (↑ Abschnitt 5.2.2.6.) besonders hingewiesen. Der gegenwärtige Stand der Diskussion legt deshalb das Verhältnis zwischen objektiver Realität und ihrer Widerspiegelung im Lehrmittel als Systematisierungsprinzip zugrunde und unterscheidet drei Gruppen:

- originale Lehrmittel,
- nachgebildete Lehrmittel,
- symbolische Lehrmittel.

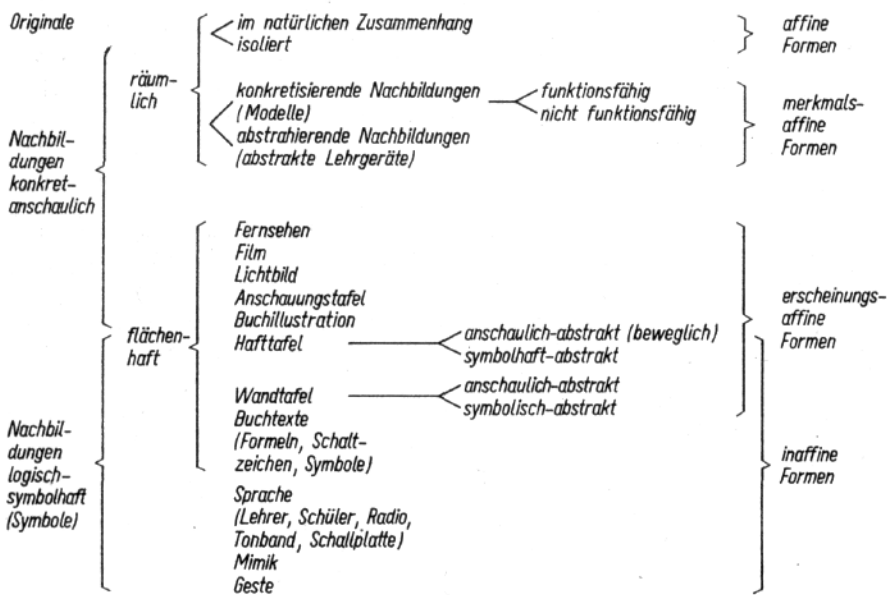
Die gegenseitige Zuordnung der Gruppen ist dadurch gekennzeichnet, daß der Abstand von der abzubildenden Realität zunehmend größer wird und der Grad der Abstraktheit steigt, während die anschauliche (d. h. sinnlich-konkrete) Komponente immer geringer wird; ihr Begriffsinhalt wird stetig ärmer, während der Begriffsumfang zunimmt. Diese Feststellung ist bedeutungsvoll für den Einsatz in den verschiedenen Klassenstufen: Je geringer das Anspruchsniveau sein kann, desto stärker sollten die beiden ersten Gruppen eingesetzt werden. Natürlich bezieht sich das auf die Schwerpunkte der erkenntnistheoretischen Wirksamkeit des Lehrmittels; Bild, Formel und Sprache müssen selbstverständlich in allen Klassenstufen verwendet werden (vgl. die Ausführungen über die Wandtafel auf S. 221).

Man kann den Abbildungscharakter hinsichtlich der Realität auch durch den Affinitätsgrad kennzeichnen und von *merkmalsaffinen*, *erscheinungsaffinen* und *inaffinen* Formen der Lehrmittel sprechen. Dabei sollen unter *merkmalsaffinen* Lehrmitteln solche verstanden werden, die wesentliche *Eigenschaften* des Originals widerspiegeln (Räumlich-

<sup>12</sup> Abriß der allgemeinen Didaktik, a. a. O., S. 162.

<sup>13</sup> Pädagogische Enzyklopädie, Band II. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963, S. 978.

### System der physikalischen Lehr- und Lernmittel



keit, Schwere, Funktionsfähigkeit, gleiche Gesetzmäßigkeit), während *erscheinungs-affine* Formen nur die wesentlichen *Erscheinungsformen* des Originals (Aussehen, Gestalt, Form) wiedergeben. *Inaffine* Formen stimmen weder in wesentlichen Merkmalen noch in wesentlichen Erscheinungsformen mit dem Original überein.<sup>14</sup> Dadurch entsteht ein erkenntnistheoretisch determiniertes System der Lehrmittel, das aber auch hinsichtlich des Abstraktionsgrades psychologisch begründet ist und damit eine Zuordnung zum didaktisch-methodischen Einsatz im Erkenntnisprozeß des Schülers gestattet (↑ S. 125). Hierin liegt die Bedeutung einer solchen Klassifikation für den Unterricht. Die nachstehende Übersicht zeigt ein so geordnetes System.

Man kann im Sinne der Systemtheorie Originale und Nachbildungen auch als Systeme auffassen, weil jedes aus einer Menge einzelner Elemente besteht, eine Struktur zeigt, eine Funktion realisiert und Informationen abgibt oder verarbeitet. Pa im allgemeinen zwischen Realität und Anschauungsmittel nur eine einseitige (vom Original her kommende) Rückwirkung besteht, kann man von offenen Systemen sprechen. Dann sind Wirklichkeit und Originale als homologe (oder auch isomorphe), Wirklichkeit und Nachbildungen als analoge, Wirklichkeit und Symbole als heterologe offene Teilsysteme eines Gesamtsystems zu bezeichnen.

### 7.1.2. *Praktische Gesichtspunkte zum Einsatz der verschiedenen Lehr- und Lernmittel*

Zusammenfassende Darstellungen über den Einsatz der Lehrmittel findet man in der angegebenen Literatur<sup>15,16</sup>, ferner in dem Buch von Backe<sup>17</sup> und in Veröffentlichungen, die sich mit einem speziellen Lehrmittel befassen.<sup>18</sup> Im folgenden sollen daher nur Hinweise und grundsätzliche Erläuterungen zu einzelnen Lehrmitteln gegeben werden.

Originale stellen die denkbar genaueste Abbildung eines Teils der Realität dar oder sind mit ihr identisch, wenn sie im Zusammenhang mit ihrer gesamten natürlichen Umgebung betrachtet werden. Im Unterricht sind sie meist von ihr isoliert. Sie haben den höchsten Informationsgehalt, sprechen den Schüler wegen ihrer Praxisnähe besonders an und ergeben ein Maximum an lebendiger Anschauung. Ihr Nachteil, daß sie aus dem Wirklichkeitszusammenhang gerissen sind, hat den Vorteil, daß Wesentliches stärker hervortritt. Originale können der *Problemstellung* dienen (Elektromotore, Ottomotor an einem Moped, Wärmegeräte aus dem Haushalt, Fahrraddynamo, Radio- und Fernsehgeräte u. a.), dem *Vergleichen*, auch dem historisierenden Vergleichen (etwa verschiedene photographische Apparate), dem praktischen Messen (von der Schiebelehre bis zum Katodenstrahl-Oszillographen), zur Demonstration der Verwirklichung und *Anwendung* einer theoretischen Erkenntnis in der Praxis. Sie haben einen hohen polytechnischen Bildungswert und verbinden den Unterricht mit dem Leben.<sup>19</sup> Der hohe Informationsgehalt des Originals vermindert oft seine didaktische Wirksamkeit, weil Wesentliches und Unwesentliches nicht getrennt sind; es ist häufig so zusammengebaut, daß es weder einsichtig noch didaktisch durchsichtig ist. Aus diesem Grunde verwendet man Nachbildungen der verschiedensten Art. Die konkret-anschaulichen Nachbildungen (Übersicht auf S.217) werden didaktisch so aufbereitet, daß sie einem bestimmten Lehrziel entsprechen; z. B. das Wesentliche betonen, durch farbliche Gestaltung hervorheben, Einzelheiten vergrößert darstellen, das Original aufschneiden,

<sup>14</sup> Vgl. dazu die z. T. abweichende Terminologie in: Didaktik des Biologieunterrichts, S. 66.

<sup>15</sup> Schulpädagogik Teil I, a. a. O., S. 566 ff.

<sup>16</sup> Abriß der allgemeinen Didaktik, a. a. O., S. 161 ff.

<sup>17</sup> Backe, H.: Das physikalische Lehrmittel.

<sup>18</sup> Vgl. hierzu: Unterrichtsmittel-Information, herausgegeben vom DPZI seit 1966. Hierin sind sowohl einzelne Abhandlungen als auch eine umfangreiche Bibliographie mit Inhaltsreferaten enthalten.

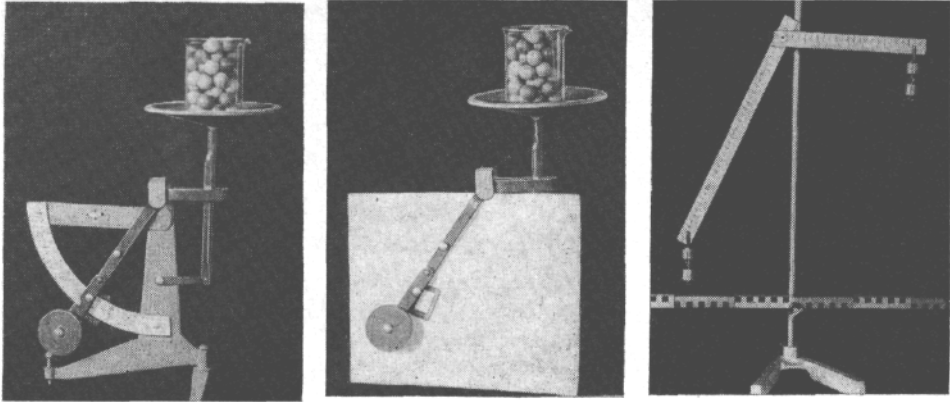


Bild 57 Vom Original zum abstrahierenden Lehrgerät

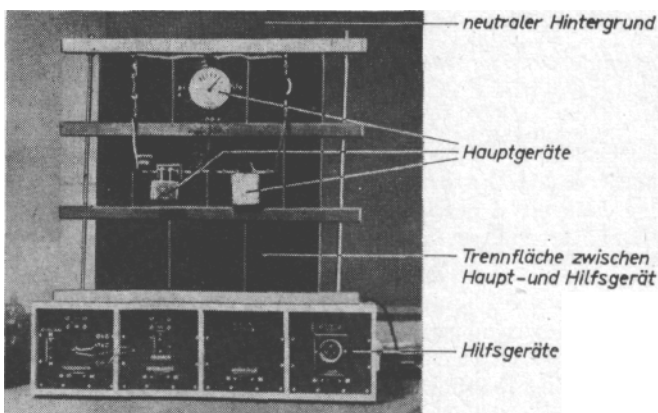


Bild 58 Vertikaler Versuchsaufbau

um es einsichtig zu machen. Dazu zählen die gegenständlichen<sup>20</sup> Modelle, die funktions-tüchtig (Dampfmaschinen, elektrische Modelleisenbahnen, Modellflugzeugmotoren) oder nicht arbeitsfähig sein können (z. B. die Schnittmodelle einer Kolbenschiebersteuerung, eines Viertakt-Dieselmotors). Die zuerst genannten Modelle haben einen hohen Auf-forderungswert, weil sie an den auch im älteren Schüler noch vorhandenen Spieltrieb anknüpfen und eine oft nachhaltige emotionelle Wirkung auslösen. Modelle bewegen sich noch weithin im Bereich der *konkretisierenden* Nachbildungen, sie sind eine Vor-stufe zur Bildung der abstrakten Erkenntnis.

Werden die Merkmale des Modells gegenüber dem Original noch weiter eingeschränkt, so erhöht sich sein Abstraktionsgrad; das Wesentliche, das Abzuleitende, das Abstrakte und Funktionelle tritt noch stärker hervor. Es entsteht das *abstrahierende* Lehrgerät (Bild 57).

Es ist das im Physikunterricht am meisten verwendete Lehrmittel, weil es wesentlichster Bestandteil des (engeren) Experimentes ist, das die qualitativen oder quantitativen Meßwerte ergibt, deren Deutung zur abstrakten Erkenntnis führt. Dieser entscheidenden Stellung im Unterrichtsprozeß muß der Lehrer durch geeignete organisatorische Maßnahmen, wie gute Sichtbarkeit, geeigneter Hintergrund, räumliche Trennung des Hauptgerätes von den Hilfsgeräten (z. B. den Spannungsquellen), Hochsetzen des Lehr-

<sup>20</sup> „Gegenständliche“ Modelle im Gegensatz zu „geistigen“ Modellen (z. B. Atommodell), die man besser Modell-vorstellungen nennen sollte; vgl. dazu S. 155.

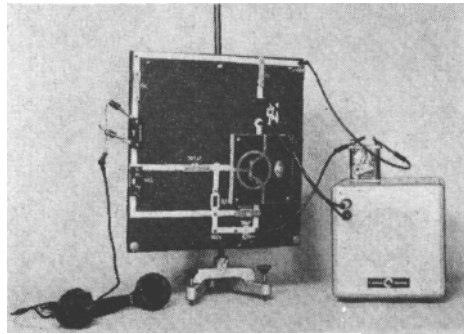
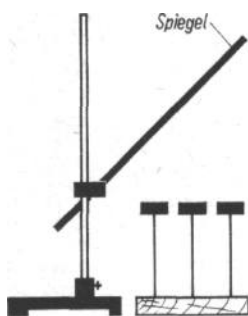
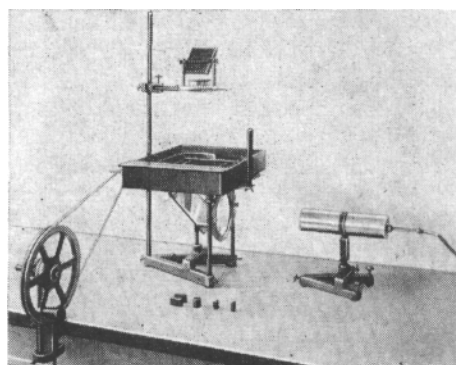


Bild 59 Handelsübliche Lehrtafel

Bild 60 Verwendung eines Spiegels zur Vertikaldemonstration:



a) Schematische Anordnung



b) Anwendung bei der Strömungswanne

gerätes, Aufbau der Versuchsanordnung in einer vertikalen statt horizontalen Ebene (Bild 58), Beleuchtung durch gerichtete Lichtquellen, gerecht werden. Dazu gehört auch die sprachlich-geistige Vorbereitung der Schüler. Durch weitere Mittel, wie farbige Gestaltung, halberdunkelter Raum u. a., kann man auch am Beginn der Phase der abstrakten Vorbereitung für eine emotionale Einstellung der Schüler sorgen. Das Bild 58 gibt eine Anordnung<sup>21</sup> wieder, deren Grundgedanke eine vom Lehrer selbst (oder von Arbeitsgemeinschaften oder im Werkunterricht) angefertigte gestellartige Vorrichtung ist, die eine variationsreiche Anordnung auch von ungenormten Einzelteilen gestattet. Sie ist dadurch den handelsüblichen Lehrtafeln (Bild 59) überlegen, die im allgemeinen zur Verwendung von genormten Teilen zwingen. Diesen und ähnlichen Ausführungen<sup>22</sup> liegt der experimentiertechnische Gedanke zugrunde, nach Möglichkeit die horizontale Lage von Experimentiergeräten in eine vertikale zu verwandeln.<sup>23</sup> Sofern das nicht direkt möglich ist, kann man geneigte Spiegel verwenden (Bild 60). Sofern die Unterrichtskonzeption die Demonstration eines Originals vorsieht, dieses aber aus räumlichen oder anderen Gründen nicht verfügbar ist, werden häufig der *Film* oder das *Lichtbild* eingesetzt. Besonders der Film hat einen breiten Wirkungs-

<sup>21</sup> Makai, L./Kocsis, W.: Gerät zur Vertikaldemonstration in der Elektrizitätslehre. In „Physik in der Schule“, 4 (1966), H. 1, S. 40.

<sup>22</sup> Haspas, K.: Aufbauphysik — Theorie und Praxis. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1956, S. 77

<sup>23</sup> Vgl. dazu: Physikunterricht - Methodisches Handbuch für den Lehrer. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1961, S. 38.

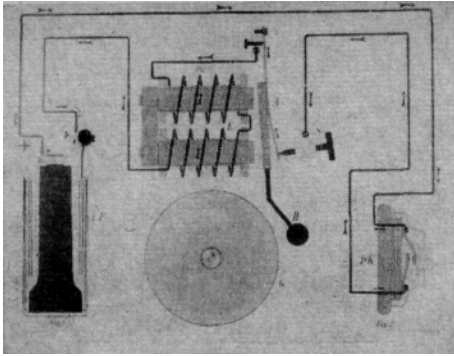


Bild 61 Beispiel für eine Anschauungstafel

bereich. Er reicht von der wirklichkeitsgetreuen Nachbildung der Realität bis zur symbolhaften Darstellung, vom Spielfilm mit hohem emotionalem Gehalt bis zum abstrakten mathematischen Lehrfilm. Durch die Technik des Zeitdehnens und -raffens kann er Vorgänge sichtbar machen, die dem Schulexperiment verschlossen bleiben (Flug von Geschossen, Vorgänge bei Explosionen, Strömungen in Wasser und Luft, z. B. Film 567 „Entstehung des Sogs an der Tragfläche“), er kann komplizierte oder teure Experimente demonstrieren, Exkursionen ersetzen. Durch Trickzeichnungen und Fotomontagen kann er den Erkenntnisweg von der konkreten Realität zur abstrakten Erkenntnis in noch stärkerem Maße erleichtern als die Abstraktionsreihen; als Beispiel sei der Film F 607 „Kolbenschiebersteuerung“ genannt. Die zahllosen Möglichkeiten können hier nur angedeutet werden, es muß auf die Literatur<sup>24</sup> verwiesen werden. Trotz der vielen Möglichkeiten und der offensichtlichen Anschaulichkeit des Films ist stets zu berücksichtigen, daß er nur eine erscheinungsaffine Form des Originals repräsentiert<sup>25</sup>, niemals die Wirklichkeit selbst darstellt, daß man mit ihm nicht experimentieren, ja noch nicht einmal seinen festgelegten Ablauf, mit dem sich natürlich didaktische und methodische Gesichtspunkte verbinden, ändern kann. Das bedeutet, daß stets die Unterrichtssituation dem Film angepaßt werden muß. Das *Lichtbild* ist eine Art Momentphotographie, gewissermaßen ein Ausschnitt aus einem Film. Es zeigt die Objekte im Zustand der Ruhe, ist also ein statisches Lehrmittel gegenüber dem dynamischen Film. Es hat den Vorteil, daß man das Bild in Ruhe betrachten, mehrere zu einer Lichtbildreihe nach eigenen Gedanken des Lehrers zusammenstellen und so eine genetische Reihe aufstellen kann.

Dem Lichtbild entsprechen *Anschauungstafeln* und *Buchillustrationen*; ihr Unterschied zum Lichtbild liegt darin, daß sie häufiger Zeichnungen (Bild 61) darstellen, die nach bestimmten didaktischen und methodischen Gesichtspunkten hergestellt worden sind und sich dadurch relativ weit vom Original entfernen, was weniger zu Lasten der Anschaulichkeit geht — gerade darauf zielen Tafel und Illustration hin —, als vielmehr auf Kosten der affinen Widerspiegelung der Realität. Ihr methodisch-didaktischer Einsatz kann nach zwei Gesichtspunkten erfolgen. Einmal können Anschauungstafel und Buchillustration eine Gesamtschau eines Lehrplankomplexes geben (zur Einführung, Zusammenfassung, Wiederholung). Sie können auch der analytisch-syntheti-

<sup>24</sup> Busse, A.: Lichtbilder und Filme im Physikunterricht der allgemeinbildenden Schule. Deutsches Zentralinstitut für Lehrmittel, Berlin 1956.

Ellrich, K./Gebhardt, W.: Unterrichtsfilme und Lichtbildreihen im Dienst der polytechnischen Bildung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1957.

Verzeichnis der Unterrichtsfilme und Lichtbilder im Unterricht.

Buchelt, W.: Die Technik der Arbeit mit Film, Bild-, Tonbandgeräten. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.

<sup>25</sup> Vgl. dazu die abweichende Auffassung in: Grundsätze und Hinweise für die Gestaltung von Unterrichtsmitteln. S. 30,

sehen Beschreibung eines physikalischen Sachverhaltes dienen, wofür das Bild 61 typisch ist. Sie sollten nur in seltenen Fällen isoliert verwendet werden; in Verbindung mit einem zu demonstrierenden Gerät oder auch einer Versuchsanordnung können sie aber eine gute Hilfe sein.

Das *Fernsehen* repräsentiert eine besondere Art des Unterrichtsfilms. Es kann den Lehrfilm lebendiger, emotioneller, aktueller gestalten, z. B. hervorragende Persönlichkeiten oder besondere Ereignisse unmittelbar vorstellen und den Zuschauer direkt in das lebendige Geschehen stellen.

Leider ist die Entwicklung des Schulfernsehens in der DDR noch in den Anfängen. Eine Forschungsgemeinschaft zur Erkundung der didaktischen Möglichkeiten des Schulfernsehens wurde 1963 gegründet<sup>26</sup>, auf deren erster Arbeitstagung aktuelle Probleme des Schulfernsehens und seiner pädagogischen und psychologischen Grundlegung diskutiert wurden.<sup>27</sup> Weitere Einzelheiten in<sup>28, 29, 30, 31</sup>.

Die *Wandtafel* ist eines der am meisten verwendeten Unterrichtsmittel; die auf ihr entstehende *Tafelzeichnung* wird in allen Phasen des Unterrichtsprozesses eingesetzt. Sie unterscheidet sich vom Bild dadurch, daß sie vor den Augen der Schüler entsteht, also einen genetischen Charakter hat (sofern sie nicht als „vorbereitetes“ Tafelbild eingesetzt wird). Darin liegt ihr methodischer Wert. Die Schüler können bei ihrer Entstehung mitwirken; sie hat bei sorgfältiger, farbiger Ausführung eine ästhetische und erzieherische Wirkung. Wieweit sie Vorbild für die zeichnerische Arbeit des Schülers ist, zeigt ein Vergleich zwischen ihr und der Zeichnung des Schülers im Arbeitsheft. Der Entwurf eines Tafelbildes gehört deshalb zur Unterrichtsvorbereitung des Lehrers. Eine eingehende Darstellung der Technik und des Einsatzes der Tafelzeichnung findet man bei Claus<sup>32</sup> und Reetz<sup>33</sup>.

So hoch die Anschaulichkeit der Tafelzeichnung häufig auch eingeschätzt wird, darf man nicht vergessen, daß sie zu den erscheinungsaffinen Formen gehört, aber teilweise schon zu den inaffinen Repräsentationsformen überleitet, insofern, als die darstellenden Elemente der Tafelzeichnung mehr oder weniger symbolhaften Charakter haben. So ist z.B. die Zeichnung eines elektrischen Meßgerätes (Bild 62b) natürlich kein „wirkliches“ Meßgerät (62 a).

Auch die beste Zeichnung zeigt ausgesprochen abstrakte Züge, die noch deutlicher werden, wenn man von der „naturgetreuen“ Zeichnung zur schematischen (Bild 62c) oder gar symbolhaften Darstellung (Bild 62d) übergeht. In dieser Grenzstellung, die sich in großer Nähe der abstrakten Widerspiegelungen im Denkkakt des Schülers befindet, liegt nun gerade der didaktisch-psychologische Wert der Tafelzeichnung: sie steht dem abstrakten Denken viel näher als der konkreten Realität.

Aus dieser Sicht gewinnt die Tafelzeichnung eine besondere Bedeutung als Illustrationsmittel einer Gedankenführung oder eines geistigen Sachverhaltes. Hierbei entsteht — meist durch den Lehrer — eine Freihandzeichnung, die ohne allzu strenge Forderungen an ihre Gestaltung mehr flüchtige Skizze als ordentliche Tafelzeichnung ist. Eine solche „hingeworfene“ Skizze ist eine Zäsur im akustischen Informationsfluß, fixiert die dynamischen Gedanken und konkretisiert die Begriffe stärker und eindeutiger, als viele Worte es vermögen. Eine derartige Skizze kann intuitiv, aber auch geplant entstehen und eingesetzt werden. Trotz ihrer Flüchtigkeit sollte sie aber ordentlich aussehen (Bild 63). Gute Beispiele findet man in<sup>34</sup>.

<sup>26</sup> Vgl. „Pädagogik“, 18 (1963), 7, S. 648.

<sup>27</sup> Schule und Fernsehen, 4. Beiheft der „Pädagogik“, 19 (1964), H. 1.

<sup>28</sup> Gehrisch, H.: Das moderne Unterrichtsmittel Fernsehen. In „Pädagogik“, 21 (1966), H. 11/12, S. 1014 ff.

<sup>29</sup> Grundsätze und Hinweise für die Gestaltung von Unterrichtsmitteln, S. 71 ff.

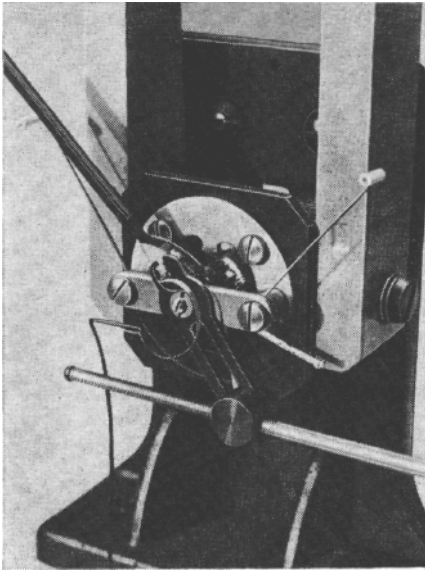
<sup>30</sup> Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 188.

<sup>31</sup> Gehrisch, H.: Die Stellung des Schulfernsehens im Unterricht, Unterrichtsmittel-Information 2 (1967), 4, S. 13.

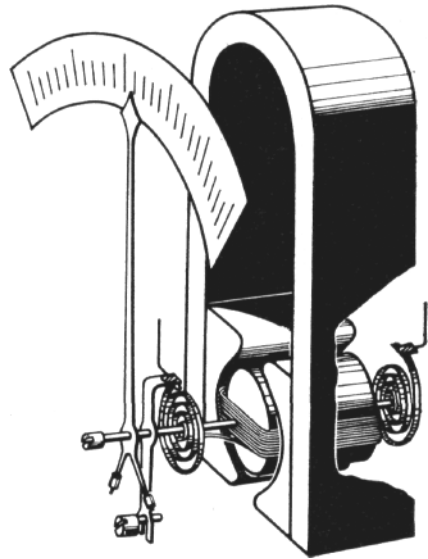
<sup>32</sup> Claus, G.: Tafelbilder im Chemieunterricht.

<sup>33</sup> Reetz, D.: Das Arbeiten an der Wandtafel, S. 34.

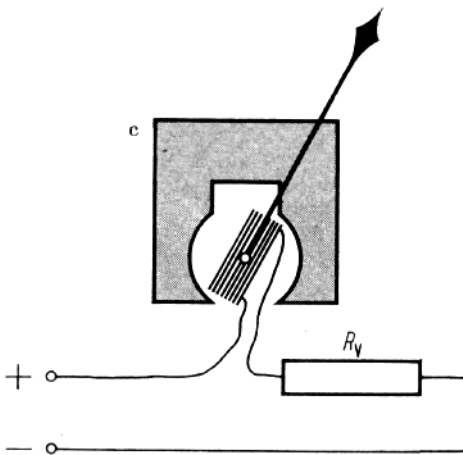
<sup>34</sup> Resnikow, L. I.: Grafische Mittel im Physikunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1964.



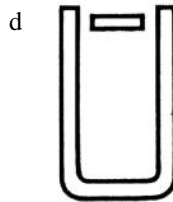
a



b



c



d

Bild 62 Abstraktionsstufung am Beispiel eines Drehspulmeßwerkes

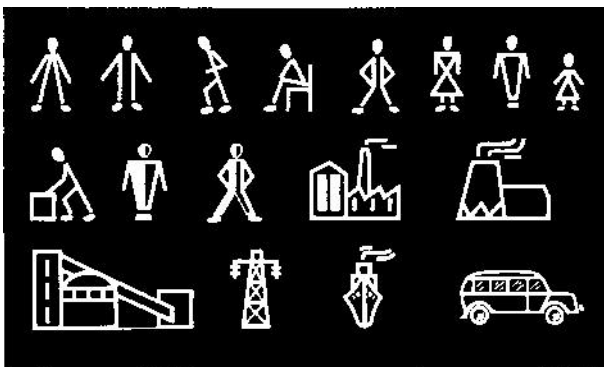


Bild 63 Bilderschrift für die Wandtafel

Eine besondere Form der Wandtafel sind die seit 1955 entwickelten *Hafttafeln*. Hier ist es vor allem die Manipermhafttafel, die in zunehmendem Maße im Unterricht eingesetzt wird. Durch die beweglichen Applikationen gestattet sie eine genetische Arbeitsweise, so daß sie in solchen Fällen sich dem methodischen Anwendungsbereich von Schnittmodellen nähert. Sie kann dem Original gegenüber erscheinungsaffin sein, aber auch durch symbolische Darstellungen inaffin. Sie hat im allgemeinen einen hohen Aufforderungswert und ist oft der Tafelzeichnung überlegen. Über Einzelheiten der Technik und ihrer methodischen Anwendung vergleiche man die Literatur.<sup>35, 36, 37</sup> Zu den rein *logisch-symbolhaften Nachbildungen* zählen das geschriebene und das gesprochene Wort, also der *Schulbuchtext* (↑ Abschnitt 4.2.3.1.) und die *Sprache* (des Lehrers oder des Schülers in der freien Gestaltung oder als Radio, Tonband<sup>38</sup>, Schallplatte). Über die wichtigen didaktischen und psychologischen Beziehungen, die zwischen der Sprache und dem Kommunikationsprozeß im Unterricht bestehen, vergleiche man die Ausführungen im Abschnitt 4.1.1.4.

Aber auch zwischen der Sprache und den Lehr- und Lernmitteln bestehen Zusammenhänge. Während letztere die unmittelbare Anschauung bewirken, erzeugt die Sprache des Lehrers durch Aktualisierung, Vermittlung und Entwicklung die wichtige mittelbare Anschauung, die von den optischen, symbolhaften Nachbildungen zu den abstrakten Denkprozessen überleitet. Nähere Hinweise hierzu findet man in der Literatur.<sup>39,40</sup>

Auch der Lehrton des Lehrers kann für den Erfolg der Stunde und für die Disziplin der Klasse von großer Bedeutung sein. Extreme Hinwendungstendenzen, z. B. bei der zu emotionell betonten Darbietung der historisierenden Methode, bei einem rührseligen Film, haben den gleichen negativen Effekt wie extreme Distanzierungstendenzen, z. B. bei der allzu schroffen und unmotivierten Beurteilung einer Schülerleistung. Näheres in<sup>41</sup>.

Die Sprache des Schülers stellt im kybernetischen Sinne ein rückkoppelndes Glied im Unterrichtsprozeß dar. Die Antworten geben dem Lehrer Auskunft darüber, wie weit der Lehrstoff verstanden worden ist. Deshalb ist es zur didaktischen Regel geworden, den Schüler „im ganzen Satz“ antworten zu lassen. Diese Regel sollte sinnvoll gehandhabt werden. Fragt der Lehrer: „Wie lautet die Definitionsgleichung für den Widerstand“, ist die Schülerantwort

„ $R = \frac{U}{I}$ “ völlig ausreichend. Anders ist die Situation, wenn der Lehrer auffordert: „Drücke

die Definitionsgleichung für den Widerstand in Worten aus!“, dann kann der Schüler nur mit eigenen, nicht durch die Fragestellung vorgegebenen Worten antworten und gegebenenfalls dem Lehrer Veranlassung zu Zwischenfragen geben.

Erfahrungsgemäß haben die Schüler bis in die oberen Klassen hinein mehr oder weniger große Schwierigkeiten, logisch-symbolhafte Darstellungen (Schaltschemata, Versuchsskizzen, graphische Darstellungen, mathematische Gleichungen, Formeln) sprachlich zu interpretieren.<sup>42</sup> Im Sinne der Informations- und Kommunikationstheorie handelt es sich dabei um Kodierung und Dekodierung von Zeichen und Signalen, die über einen Informationsträger mit der Realität verbunden sind (↑ Abschnitt 5.1.). Diese Zu-

<sup>35</sup> Vasina, F./Holfeld, H.: Die Manipermhafttafel und ihre Verwendung im Unterricht, herausgegeben vom Methodischen Kabinett Erfurt, 1956.

<sup>36</sup> Görner, S./Schubert, K.-R.: Arbeit mit Magnethafttafeln und Magnetapplikationen. In „Pädagogik“, 21 (1966), H. 1, S. 53 ff.

<sup>37</sup> Die Magnethafttafel im Chemieunterricht. Schriftenreihe des DPZI, Heft 28, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin.

<sup>38</sup> Vgl. dazu: Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts, S. 186.

<sup>39</sup> Lompscher, I.: Kenntniserwerb und geistige Entwicklung in der Unterstufe. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966, S. 64 f.

<sup>40</sup> Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962, S. 564 ff.

<sup>41</sup> Butscher, H.: Zum Verkehrston des Lehrers im Unterricht — eine experimentell-empirische Untersuchung zum Problem der sozialen Steuerung. Dissertation an der Päd. Fak. der Humboldt-Universität, Berlin 1968.

<sup>42</sup> Haspas, K.: Einige erkenntnistheoretische Fragen. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4, S. 179.

ARBEITSBLATT				
Datum	Name	Schule	Klasse	
<u>Schwingungsweite und Schwingungszahl,</u> <u>Schallstärke und Tonhöhe</u> Eine beruhte Glasplatte wurde unter schwingenden Stricknadeln weggezogen. Die Bewegung der Glasplatte dauerte $\frac{1}{20}$ s. Ergänze die Tabelle!				
Schwin- gungs- weite	Schwin- gungs- zahl	Reihenfolge nach Schall- stärke	nach Ton- höhe	Schwingungsbild
1	2	3	4	
<b>Hinweis:</b> Spalte 3 Der leiseste Ton erhält die Nummer 1, der lauteste Ton erhält die Nummer 5! Spalte 4 Der tiefste Ton erhält die Nummer 1, der höchste Ton erhält die Nummer 5!				

Bild 64 Beispiel eines Arbeitsblattes

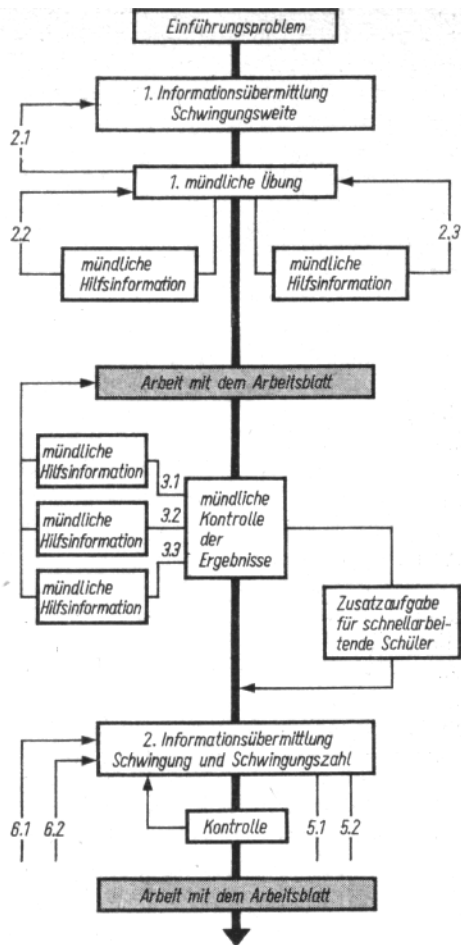


Bild 65 Stellung und Einsatz des Arbeitsblattes im Unterrichtsprozeß

Ordnung muß immer wieder geübt werden; der Schüler muß die Bedeutung jeder logisch-symbolhaften Bezeichnung dekodieren können (semantischer Aspekt), wobei möglichst oft der Informationsträger (gesprochenes oder geschriebenes Wort, Zeichnung, Modell, Original) gewechselt werden sollte. Das Operieren mit den Dingen und den Gedanken über sie muß mit dem Operieren mit dem Zeichen für die Gedanken und ihrem steten Variieren (pragmatischer und syntaktischer Aspekt) verbunden werden.<sup>43</sup>

In den letzten Jahren hat die Verwendung von *Arbeitsblättern* eine zunehmende Bedeutung und Anwendung im Unterrichtsprozeß gefunden. Bei ihnen handelt es sich um ein schwer zu definierendes Lehr- und Lernmittel, das von der Systematik her zwischen dem Lehrbuch und dem Lehrprogramm steht<sup>44</sup>, aber auch Elemente der Wandtafelarbeit und der schriftlichen Arbeit des Schülers zeigt. Arbeitsblätter enthalten im allgemeinen Lehrtexte, Abbildungen, Aufgaben, vorgezeichnete Tabellen, Koordinaten-

<sup>43</sup> Klaus, G.: Spezielle Erkenntnistheorie. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966, S. 15.

<sup>44</sup> Vgl. dazu Menschel, H.: Arbeitsblätter — ein methodisches Hilfsmittel zur Erhöhung von Intensität und Effektivität. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 1, S. 29.

Systeme. Damit entfällt das zeitraubende Abschreiben und Abzeichnen durch den Schüler; er löst die gestellten Aufgaben unmittelbar auf dem Arbeitsblatt und gestattet dadurch dem Lehrer eine rasche Kontrolle der Schülerleistung (↑ Abschnitt 5.2.3.). Der Einsatz von Arbeitsblättern bedeutet eine Intensivierung der Schülertätigkeit und gleichzeitig einen erheblichen Zeitgewinn, dadurch eine beachtliche Rationalisierung des Unterrichts und schließlich eine begrüßenswerte Erleichterung der Tätigkeit des Lehrers. Im didaktischen Sinne können sie in allen Phasen des Unterrichts- und Erkenntnisprozesses eingesetzt werden (Einführung, Erarbeitung, Wiederholung, Kontrolle, Problemstellung, Problemlösung, Anwendung). Über weitere didaktisch-methodische Ziele vergleiche man<sup>45</sup>. Ein Beispiel für ein Arbeitsblatt zeigt das Bild 64 aus<sup>46</sup>, sein Einsatz und seine Stellung im Unterrichtsprozeß werden durch das Bild 65 erläutert.<sup>47</sup> Weitere Ausführungen und Beispiele in der angegebenen Literatur und auf S. 187 und 192.

## 7.2. Unterrichtsmittel für die Schülerexperimente

### 7.2.1. Der Unterrichts- und Experimentierraum

An einen Experimentierraum sind folgende Forderungen zu stellen: Es muß ein kombinierter Unterrichts- und Experimentierraum sein, der es zuläßt, daß unter Beibehaltung der Sitzordnung die Unterrichtsform ständig gewechselt werden kann. Dieser Forderung kommt die herkömmliche Reihenanzordnung der Schulmöbel am nächsten. Steilgestuftes Hörsaalgestühl, hufeisenförmige Anordnung der Schulmöbel oder gesonderte Experimentierplätze erfüllen diese Forderung nicht.<sup>48</sup>

Ein kombinierter Unterrichts- und Experimentierraum ist die Mindestforderung und reicht bei gleichzeitiger Nutzung durch die Fächer Chemie und Biologie nur an einzügigen Schulen aus. Mehrzügige Schulen benötigen bei mehr als drei Parallelklassen für den Physikunterricht zwei Räume. Beide Räume sollten unmittelbar am Sammlungsraum liegen. In einem der beiden Räume können die Schülertische ohne Energieanschlüsse sein.

#### Die Anordnung der Schulmöbel

**Der Energieblock mit angesetzten Experimentiertischen.** Am häufigsten findet man die Ausstattung mit dem durch die Schulmöbelindustrie gefertigten Energieblock vor. Diese Ausstattung hat zwar den Vorteil, daß das Verlegen der Energieleitungen recht einfach ist, sie hat aber auch einige Nachteile:

- Die Abmessungen sind zu groß.
- Die beiderseits angesetzten Dreiertische zwingen dazu, die Schüler in Dreiergruppen experimentieren zu lassen.
- Durch den fehlenden Mittelgang sind die Schüler „eingeschachtelt“, und der Lehrer kann nicht ungehindert an die Experimentierplätze herantreten.

Frei stehende Zweiertische in drei Reihen. Für Schulneubauten ist die in Bild 66 dargestellte Anordnung projektiert.

Einrichtung von Schülerexperimentierräumen mit vorhandenen Schulmöbeln. Häufig werden Schülerexperimentierräume mit vorhandenen Möbeln eingerichtet. Unter Be-

<sup>45</sup> Zur methodischen und organisatorischen Vorbereitung der Einführung des präzisierten Lehrplans für Physik Klasse 7. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 4, S. 160.

<sup>46</sup> Menschel, H.: Arbeitsblätter. In „Physik in der Schule“, 2 (1964), H. 10, S. 435.

<sup>47</sup> Menschel, H.: Arbeitsblätter. In „Physik in der Schule“, 3 (1965), H. 1, S. 30.

<sup>48</sup> Vgl. dazu: Rassel, S.: Vorschläge für die Einrichtung von Fachräumen für den Physikunterricht, Pädagogische Lesung 1967.

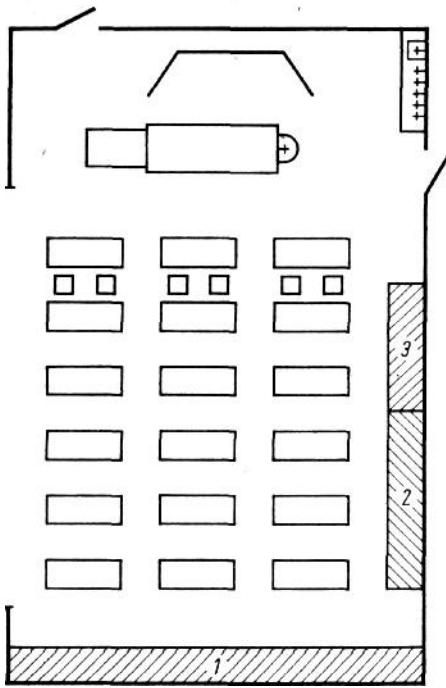
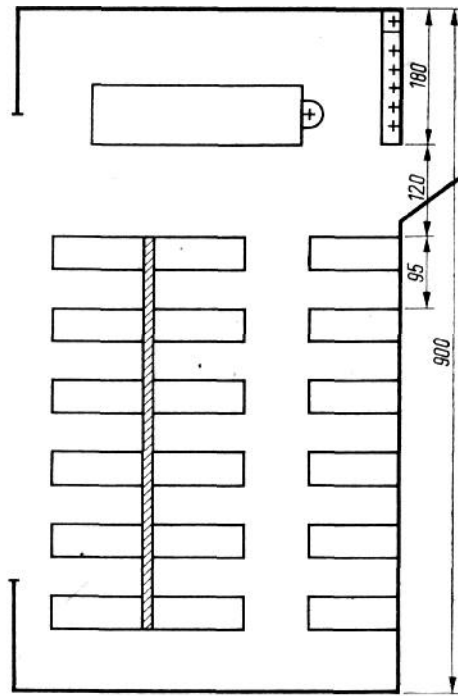


Bild 66 Unterrichts- und Experimentier-  
raum mit drei Reihen Zweiertische



a

b

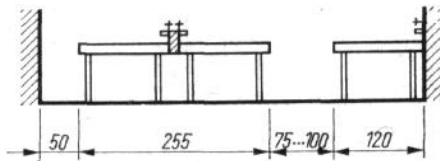


Bild 67 Selbsteingerichteter Unterrichts- und  
Experimentierraum

achtung des Dargelegten sollte die günstigste Lösung angestrebt werden, mit günstigen Energieanschlüssen, Sammlungs- und Vorbereitungsraum in unmittelbarer Nähe. Dabei ist die „Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz . . .“<sup>49</sup> streng zu beachten. Zu der im Bild 66 dargestellten Anordnung soll hier noch im Bild 67 ein Beispiel gezeigt werden. Während die Energieleitungen für eine Tischreihe an der Wand verlegt werden, befindet sich zwischen den beiden anderen Tischreihen ein einfacher selbstgefertigter Energieblock ohne Unterteil.

### 7.2.2. Die Energieversorgung der Schülerarbeitsplätze

Zum Experimentieren werden häufig elektrische Energie, Wärmeenergie und teilweise auch Wasser benötigt. Mit dem unter 7.2.1. beschriebenen Energieblock können die erforderlichen Anschlüsse ohne wesentliche Schwierigkeiten an den Schülerarbeitsplätzen installiert werden. Hingegen ist diese Anlage bei der in Bild 66 gezeigten Anordnung wesentlich schwieriger.

<sup>49</sup> Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerunterrichtlichen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften vom 25. Mai 1967 und Kommentar zur Richtlinie. Beilage in „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 12.

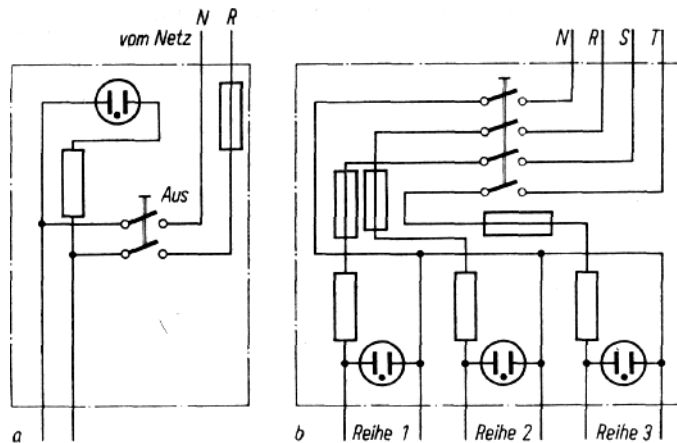


Bild 68 Schalter zur Stromversorgung der Schülerarbeitsplätze

### 7,2,2.1. Die Stromversorgung

Man findet heute in den Schulen zwei Arten der Stromversorgung vor:

- die Arbeitsplatzstromversorgung (Netzspannungsanschluß für Schülerstromversorgungsgerät),
- die zentrale Stromversorgung (Buchsen für Kleinstspannungen, die mit einer zentralen Anlage verbunden werden).

Es kann mit beiden Arten gearbeitet werden. Dennoch hat die zentrale Stromversorgung einige Nachteile gegenüber der Arbeitsplatzstromversorgung:

- Die Selbsttätigkeit der Schüler beim Experimentieren wird eingeschränkt, da sie die Spannung „vorgesetzt“ bekommen.
- Falls nicht mehrere Leitungen an die Plätze geführt werden, kann an allen Plätzen nur mit der gleichen Spannung gearbeitet werden.
- Meist ist die Leistung der Transformatoren solcher Anlagen zu knapp bemessen, so daß bei Belastung erheblich schwankende Spannungsabfälle auftreten, die zu beträchtlichen Meßwertverfälschungen führen können.

Die zentrale Stromversorgung ist als Zusatz- oder Übergangslösung zu empfehlen. Dazu benötigt man aber keine aufwendige Schalttafel. Meist reichen zwei parallel geschaltete Stromversorgungsgeräte aus.

Verlegen von Netzspannungsanschlüssen an die Schülerarbeitsplätze erfordert strengste Beachtung der Sicherheitsvorschriften. Wenn die Anlage auch von einem Fachmann zu installieren bzw. unbedingt von diesem abzunehmen ist, soll hier doch auf die grundlegenden Bestimmungen aus der „Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz . . .“<sup>49</sup> hingewiesen werden (↑ S. 193).

Zu den bestehenden Bestimmungen sollen noch einige praktische Hinweise und Erläuterungen gegeben werden.

Ob genullt oder geerdet wird, entscheidet der Fachmann nach den Bedingungen des örtlichen Netzes. Zu empfehlen ist die Verwendung von Schukosteckdosen mit federnden Klappdeckeln. Es wird nur die gesonderte Sicherung der Anschlüsse an den Schülerplätzen gefordert. Günstiger erweist sich, jede Tischreihe gesondert abzusichern.

Unbedingt zu empfehlen ist das Anbringen von Kontrolllampen, die anzeigen, ob Spannung an den Steckdosen der Schülerarbeitsplätze liegt.

Der Schalter muß sich an einem vom Lehrer leicht zu erreichenden Ort — in Nähe des Experimentiertisches — in einem verschließbaren Kasten befinden, so daß er von Unbefugten nicht in Betrieb genommen werden kann. Zweckmäßige Ausführungen in zwei Varianten zeigen die Bilder 68 a und b.

Man läßt immer erst den Stecker des Stromversorgungsgerätes bzw. der Heizplatte in die Steckdose stecken, ehe man den Hauptschalter betätigt. Selbst wenn der Lehrer den Raum nur kurzfristig verläßt, muß er die Anlage abschalten.

Alle Geräte mit Metallgehäuse müssen geerdet sein. Transformatoren müssen getrennte Wicklungen haben. Die Verwendung von Spartransformatoren ist verboten.

Kleinstspannung darf nur über Transformatoren und in keinem Falle über eine Spannungsteilerschaltung vom Netz erzeugt werden.

Noch vor wenigen Jahren waren zweiadrige Leitungen mit Schukostecker im Handel. Der Lehrer muß streng darauf achten, daß solche nicht in seine Sammlung gelangen. Es ist vorgesehen, künftig nur noch die neuentwickelten Kaltgerätestecker zu verwenden, so daß Verwechslungen mit älteren Exemplaren ausgeschlossen sind. Strengstens verboten — weil sehr gefährlich — ist das Einführen von Bananensteckern in Netzsteckdosen.

### 7.2.2.2. Wärmeenergie

Die bisher gebräuchlichste Wärmequelle ist der Bunsenbrenner. Da Gasanlagen ausschließlich durch Fachleute verlegt werden müssen, soll hier nur der Hinweis gegeben werden, daß sie als Ringleitung angelegt werden sollten. In Orten ohne Gasanschluß kann eine Propangasanlage installiert werden. Hierzu sind besondere Propangasbrenner erforderlich, die fest mit den Anschlüssen verbunden sein müssen.

Zu beachten ist auch hier, daß ein nur dem Lehrer zugänglicher Absperrhahn vorhanden sein muß, der nur beim Experimentieren geöffnet werden darf.

Zum SEG „Kalorik“ wurde eine Stativheizplatte 220 V, 150 W entwickelt. Bei physikalischen Schülerexperimenten genügt sie allen Anforderungen.

Das Temperatur-Zeit-Diagramm (Bild 69) zeigt den Temperaturanstieg für 100 ml Wasser bei Verwendung eines Bunsenbrenners (1), einer etwa zwei Minuten vorgewärmten (2) und einer bei Versuchsbeginn eingeschalteten Heizplatte (3).

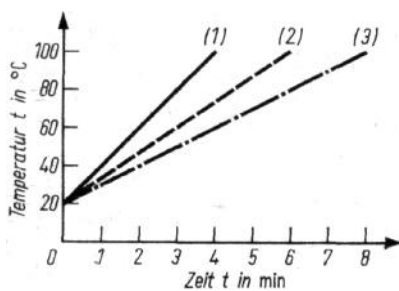


Bild 69 Temperatur-Zeit-Diagramm zum Vergleich der Heizleistung eines Bunsenbrenners und einer Heizplatte

### 7.2.2.3. Wasseranschluß

Die Schülerplätze mit Wasseranschluß zu versehen ist sehr aufwendig und nicht unbedingt erforderlich. Es genügt ein zentrales Wasserbecken.

Das Becken sollte lang und schmal und aus Plast gefertigt sein. Darüber sind ein Warmwasserspeicher und mindestens fünf Wasserhähne anzubringen (Bild 66).

Wird zu einem Versuch Wasser benötigt, so holen die Schüler vorher in einem Becherglas die erforderliche Menge. Meßzylinder, Reagenzgläser usw. werden dann aus dem Vorratsgefäß gefüllt.

### 7.2.3. Die Schülerexperimentiergeräte

Durch Schülerexperimente sollen die Schüler selbständig zu Erkenntnissen gelangen. Solche Teilaufgaben wie freies Gestalten eines Versuchsaufbaues, elementares technisch-konstruktives Gestalten usw. (↑ Abschnitt 4.4.2.) bedingen, daß die Geräte so konstruiert sind, daß diese Aufgaben damit durchgeführt werden können.

### 7.2.3.1. Einige Grundsätze für die Gestaltung von Schülerexperimentiergeräten

Aus methodischen und ökonomischen Gründen sollte das bewährte Prinzip der Aufbau-physik (↑ Abschnitt 5.2.2.6.) Grundlage der Gestaltung sein.

- Die Einzelteile müssen leicht zu handhaben und zusammensetzen sein. Sie müssen so gestaltet sein, daß der Zeitaufwand zum Zusammenstellen einer Versuchsanordnung so gering wie möglich ist.
- Die Einzelteile müssen weitgehend miteinander zu kombinieren und auszutauschen sein.
- Die Geräte müssen eine freie Gestaltung und weitgehende Variierbarkeit der Aufbauten zulassen.
- Die Teile müssen stabil und formschön sein.

### 7.2.3.2. In den Schulen vorhandene ältere Schülerexperimentiergeräte

**SU Mechanik.** Der Satz besteht aus einer Auswahl der üblichen Aufbauteile, wie V-Fuß, Stäbe, Verbindungsteile, Rollen mit Schere und einigen verkleinerten und vereinfachten Nachbildungen, wie Brett für geneigte Ebene, Experimentierklotz usw.

Es fehlen Meßkörper und ein Federkraftmesser.

**SU Optik.** Dieser Satz ist ein vereinfachter Nachbau der kleinen optischen Bank. Ungünstig ist die Verwendung des Meterstabes als Grundschiene. Man kann die Abstände der Linsen usw. nicht ablesen, da der Fuß den Meterstab verdeckt. Die große Leistung der Lampe (30 W) ist nicht erforderlich und bringt Schwierigkeiten bei der Stromversorgung.

**SU Elektrik I, II und III.** Dieser Gerätesatz ist bis auf einige Ausnahmen aus dem Aufbausatz LKO zusammengestellt.

Teilgerät I Gleichstromkreis

Teilgerät II Elektromagnetismus

Teilgerät III Motoren und Generatoren

Die Übernahme dieser großen, zur Demonstration vorgesehenen Teile erwies sich in einigen didaktischen Belangen und auch ökonomisch als ungünstig.

**SU Elektrik IV.** Das Gerät besteht aus einer mit Bohrungen versehenen Grundplatte. Die Schaltelemente: Röhren, Transistoren, Widerstände usw. sind auf kleinen Brettchen montiert, die mit den Füßen in den Raster der Grundplatte eingesetzt werden. Die Verbindungen werden durch Leiter mit Kabelschuhen hergestellt, die unter den Klemmschrauben der Schaltelementbrettchen festgeschraubt werden. Besonders durch die zu kleinen Schrauben ist der Aufbau kompliziert und zeitraubend.

**Schülerstromversorgungsgerät NG S/SV 58/62.** Dem Gerät können Gleich- und Wechselspannungen von 1,25 V bis 20 V bei einer maximalen Stromstärke von 5 A entnommen werden. Diese hohe Leistung war zum Betrieb der aus den Demonstrationsgeräten entnommenen Physikleuchte (6 V, 5 A) erforderlich. Für Versuche mit Röhren befinden sich am Gerät Abnahmebuchsen für Gitterspannung (1V bis 10 V stufenlos regelbar) und Anodenspannung (60 V). Die Produktion der vorstehend genannten Gerätesätze wurde Ende 1965 eingestellt.

### 7.2.3.3. Das neue System physikalischer Schülerexperimentiergeräte

Durch eine Arbeitsgruppe der Lehrmittelfachkommission Physik beim DPZI wurde 1964/65 ein neues System physikalischer Schülerexperimentiergeräte entwickelt (Bild 70).

Ausgehend von theoretischen Erkenntnissen und praktischen Erfahrungen wurde ein geschlossenes System geschaffen, dessen Einzelsätze sorgfältig aufeinander abgestimmt sind. Die Einzelteile sind weitgehend miteinander kombinierbar. Abweichend von den Abmessungen des Präzisionsstativmaterials wurde ein Stabdurchmesser von 10 mm gewählt.

Das System umfaßt folgende Teilgeräte:

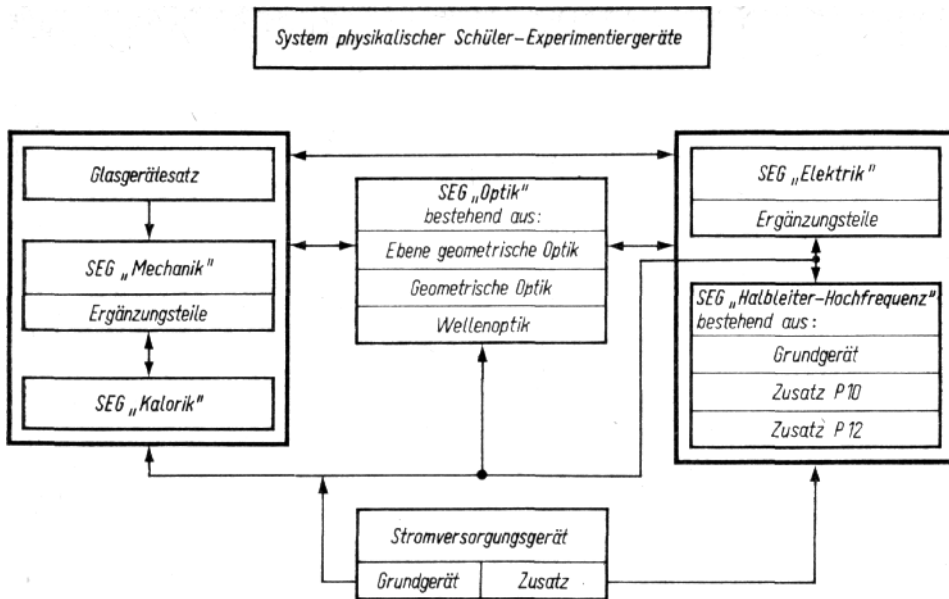


Bild 70 Übersicht zum System physikalischer Schülerexperimentiergeräte

### Glasgerätesatz

Die Glasgeräte (Bild 71) sind nach den Erfordernissen des Experimentierens in gleicher Front zusammengestellt. Sie werden vorwiegend beim SEG Mechanik und Kalorik, aber auch beim SEG Optik und Elektrik benötigt. Einige Merkmale:

- Die beiden Bechergläser können mit den im SEG Kalorik enthaltenen Teilen zu einem Kalorimeter zusammengesetzt werden.
- Die unterschiedlich großen Erlenmeyerkolben haben gleiche Halsweiten, man benötigt nur eine Stopfengröße.
- Alle Glasrohre haben bei unterschiedlicher innerer Weite den gleichen Außendurchmesser. Den gleichen Außendurchmesser haben auch die Meßpipette und das Thermometer, so daß diese ebenfalls in die Bohrungen der Stopfen passen.

### SEG Mechanik

Das SEG Mechanik (Bild 72) ist das Grundgerät des Systems. Es enthält außer dem Stativmaterial zahlreiche Bauelemente. Besonderer Wert wurde auf die Ausstattung mit Meßkörpern und Meßgeräten gelegt, so daß die Versuche vorwiegend quantitativ gestaltet werden können. Als Ergänzungsteile werden Federstoßgerät, Tischklemmen u. ä. Teile geliefert, die nur in höheren Klassen benötigt werden.

### SEG Kalorik

Der Gerätesatz (Bild 73) besteht aus nur wenigen Teilen und setzt das Vorhandensein des SEG Mechanik und des Glasgerätesatzes voraus. Als Wärmequelle dient eine Heizplatte 220 V, 150 W. Jedoch sind auch ein Kochring usw. enthalten, um auch mit anderen Wärmequellen arbeiten zu können.

### SEG Optik

Dieser Gerätesatz besteht (Bild 74) aus drei Teilgeräten:

**Ebene geometrische Optik.** Bei diesem Gerät wird vor allem die horizontale Versuchsanordnung genutzt. Hauptteile sind eine Heftleuchte, ein Satz Flachglaskörper, eine Spiegelkombination und eine Flachküvette. Der Strahlenverlauf kann auf der mit

Bild 71 Glasgerätesatz

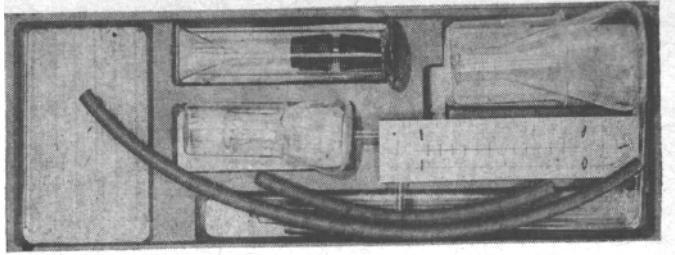
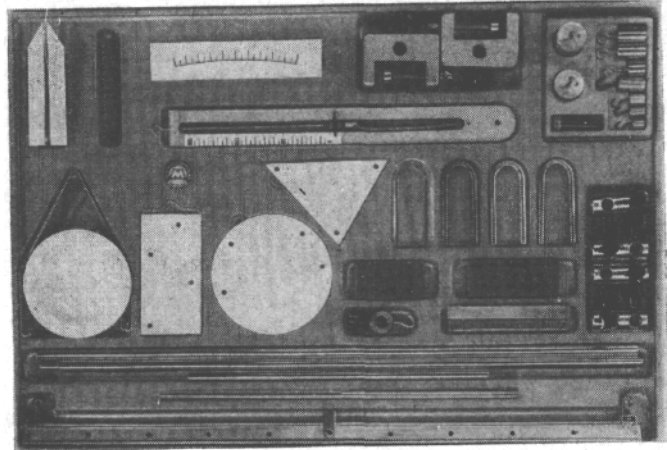
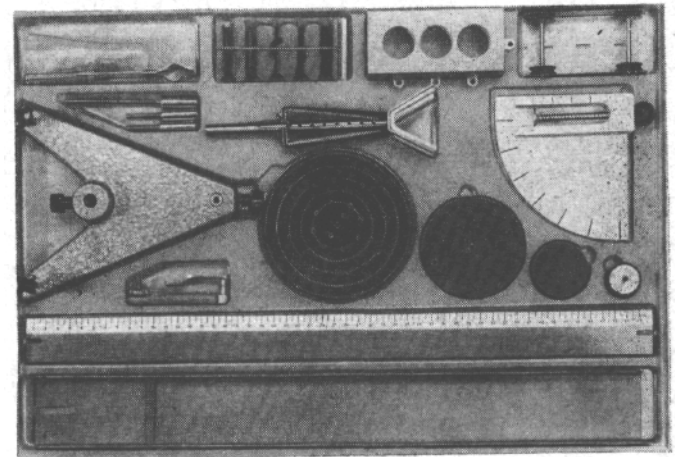


Bild 72 SEG Mechanik

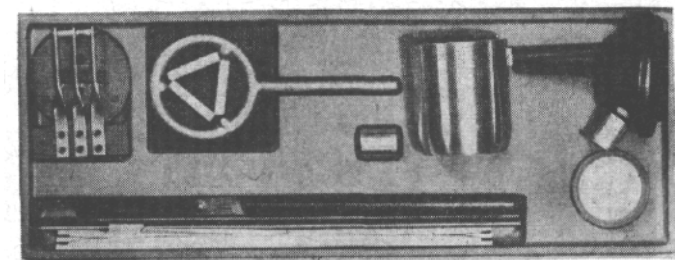


a



b

Bild 73 SEG Kalorik



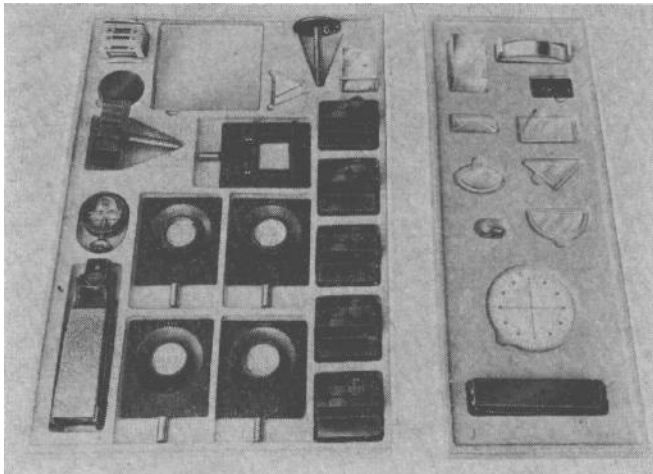


Bild 74 SEG Optik

Bild 75 Versuchsanordnung mit dem SEG Geometrische Optik

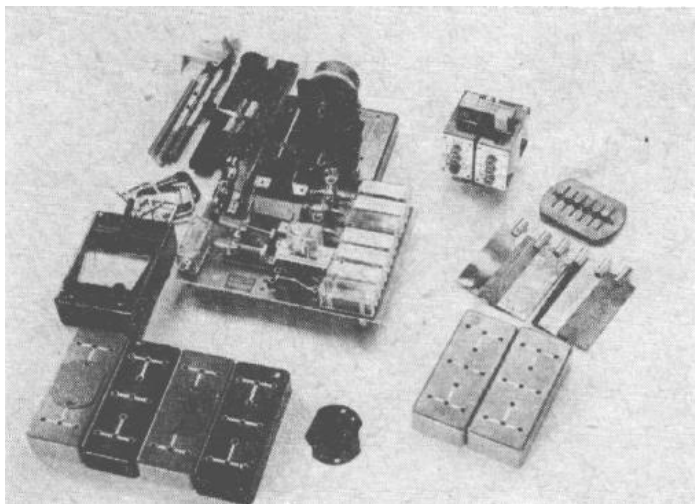
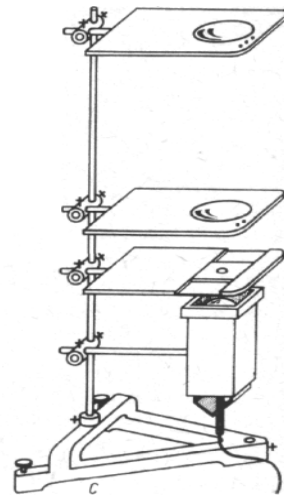
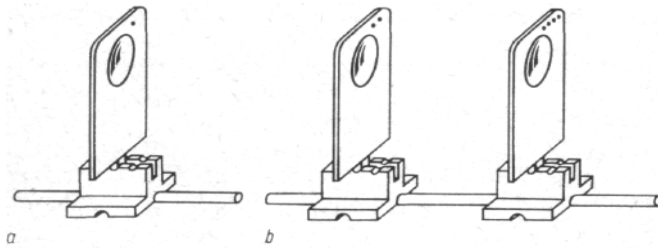


Bild 76 SEG Elektrik

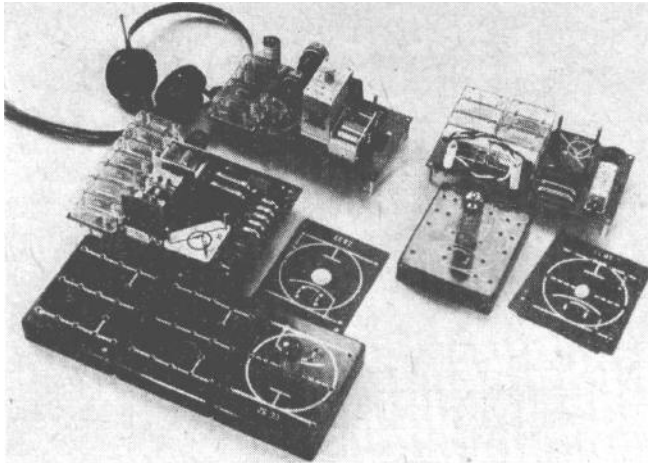


Bild 77 SEG Halbleiter-Hochfrequenz

Winkelteilung versehenen

Plastscheibe verfolgt werden. Die Glaskörper usw. können aber auch auf eine Heftseite gelegt und dort können die Körper und der Verlauf der Lichtstrahlen nachgezeichnet werden.

**Geometrische Optik.** Dieser Teil enthält im wesentlichen Teile einer kleinen optischen Bank und ist besonders zum Aufbau optischer Geräte gedacht. Die Blendrahmen sind mit kurzen Stativstäben versehen, so daß sie sowohl in die T-Füße als auch in die Kreuzmuffen des Stativmaterials eingesetzt werden können. Daraus ergibt sich eine variable Gestaltung der Versuchsanordnungen (Bild 75). Die Experimentierleuchte (6 V, 5 W) ist mit einem Stellbügel versehen, so daß sie auch als Heftleuchte verwendet werden kann. Als Schiene dienen zwei 50 cm lange Stativstäbe aus dem SEG Mechanik.

**Wellenoptik.** Dieses Zusatzteil enthält Polarisations- und Farbfilter und eine Anzahl Dias mit verschiedenen Gittern und Spalten, die in Verbindung mit dem vorstehend beschriebenen Gerät verwendet werden können. Ein Handapparat ermöglicht die direkte Betrachtung optischer Erscheinungen.

#### **SEG Elektrik.**

Das SEG Elektrik (Bild 76) enthält auf kleinen Steckbrettchen montierte Schaltelemente sowie Spulen u. ä. für Versuche zum Gleich- und Wechselstromkreis. Die Grundbretter können mit den verschiedensten Schaltelementen besetzt werden. Die Verbindung erfolgt durch flexible Leiter oder durch Brückenstecker. Elementare Konstruktionen, wie Klingel, Relais usw., werden zwischen den Fußklemmen aufgebaut. Das Meßgerät entspricht in seiner Ausführung einem modernen Vielfachmeßgerät. Die Ergänzung enthält weitere Grundbretter, einfache Schaltelemente und einige spezielle Teile, wie Heißleiter, Elektroden, Relais u. ä.

#### **SEG Halbleiter-Hochfrequenz**

Das SEG Halbleiter-Hochfrequenz (Bild 77) ist nach dem gleichen Steckprinzip wie das SEG Elektrik geschaltet. Zu den Grundbrettern der SEG Elektrik kommen noch solche mit fünf Buchsenreihen und Röhrenbretter. Die Verbindung der einzelnen Bretter erfolgt hier vorwiegend durch Brückenstecker.

Aus ökonomischen Gründen wurde eine Unterteilung vorgenommen: Die Grundausstattung ist so zusammengestellt, daß damit die auf diesem Gebiet in frontaler Arbeit zweckmäßigen Versuche, wie Kennlinien von Halbleitern, einfache Empfängerschaltung usw., durchgeführt werden können.

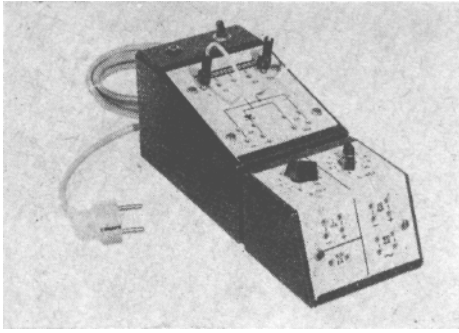


Bild 78 Schülerstromversorgungsgerät, zweiteilig

Die Ergänzung P 10 enthält weitere Schaltelemente, die zum Ausführen umfangreicher Schaltungen, wie sie im Praktikum der Klasse 10 durchgeführt werden, ausreichen. Die Ergänzung P 12 enthält u. a. ein weiteres Röhrenbrett und ist für die Praktika der Erweiterten Oberschule bemessen.

#### **Das Schülerstromversorgungsgerät SVG/SVZ**

Das Gerät (Bild 78) ist zweiteilig ausgeführt, was sowohl methodisch als auch ökonomisch recht günstig ist. Bis zur Klasse 9 wird nur das Grundgerät benötigt. Die Schüler der unteren Klassen haben eine übersichtlich gestaltete Frontplatte vor sich, und es können keine Schäden, z. B. durch Anschließen einer Glühlampe an die Gitterspannung, auftreten. Die Leistung des Gerätes beträgt etwa 25 Watt. Es können Gleich- und Wechselspannungen von 1 V bis 12 V entnommen werden. Die Gleichrichtung erfolgt durch einen Selengleichrichter in Graetzschaltung. Trotz weniger Buchsen kann die Spannung durch Differenzsteckweise um jeweils 1 V verändert werden. Das Zusatzgerät dient für Versuche mit Röhren. Es wird über eine Messerleiste mit dem Grundgerät verbunden. Das Gehäuse enthält nur die Potentiometer zum Einstellen der Spannung. Die Wicklungen für Gitter- und Anodenspannung befinden sich auf dem Transformator des Grundgerätes. Im Gleich-, Wechsel- und Anodenstromkreis sind Bimetallstreifen als Überstromauslöser eingebaut.

#### *7.2.4. Die Aufbewahrung der Schülerexperimentiergeräte*

Die häufig benötigte große Anzahl an Einzelteilen macht eine zweckmäßige Aufbewahrung erforderlich, wenn der Aufwand bei der Vor- und Nachbereitung erträglich bleiben soll. Der Aufbewahrungsort muß im oder in unmittelbarer Nähe des Experimentierraumes liegen, denn ein weiter Transportweg würde die Bereitstellung erheblich erschweren.

**Die satzweise Aufbewahrung.** Von der bisher üblichen Art, jeden Gerätesatz in einen besonderen Kasten einzuordnen, ist man allgemein abgegangen.

**Die stückweise Aufbewahrung.** Die vielseitige und übergreifende Verwendung der Einzelteile macht es erforderlich, daß sie stückweise aufbewahrt werden. Je nach Umfang des Systems wurden dafür transportable Koffer, fahrbare Truhen oder feststehende Schränke entwickelt.

Die für das SEG entwickelten Aufbewahrungsschränke — 2 Schulschränke der Type IV - fassen 15 komplette Systeme und bieten noch ausreichend Freiraum für eigene oder spätere Ergänzungen. Die Schränke enthalten in je zwei Reihen angeordnet 40 Tablett, auf denen die Einzelteile raumsparend in Fächern oder auf zweckmäßigen Halterungen gelagert sind. So faßt z. B. ein Tablett 15 Sätze des SEG Ebene geometrische Optik. Auf gleichen Tablett befinden sich die Teile, die häufig gemeinsam benötigt werden.



Bild 79 Aufbewahrungsschrank für Schülerexperimentiergeräte (Entwicklungsmuster)

Lediglich die Teile des SEG Halbleiter-Hochfrequenz sind entsprechend der auf dieser Stufe zweckmäßigen Arbeitsweise auf kleinen Grundplatten satzweise zusammengestellt.

Die Standorte wurden so angeordnet, daß die Sachgebiete (Mechanik, Kalorik usw.) geschlossen sind. Die weniger benötigten und leichten Teile lagern auf den oberen, die meist benötigten auf den mittleren und die schweren (V-Füße, Stromversorgungsgeräte usw.) auf den unteren Tablett. Zur schnellen Orientierung sind die vorderen Ränder der Tablett mit einer Farbmarkierung (Sachgebiet) und mit einer Ordnungszahl versehen.

#### 7.2.5. Die Bereitstellung der Schülerexperimentiergeräte

Bei der Entwicklung der Aufbewahrungsschränke wurde auch das Ziel verfolgt, die Bereitstellung, Verwaltung und Instandhaltung der Geräte einer Schülergruppe übertragen zu können. Die Heranbildung eines kleinen Kollektivs für diese Aufgabe bringt für den Lehrer eine spürbare Entlastung.

Die Schränke können je nach den örtlichen Bedingungen im Vorbereitungsraum, im Experimentierraum oder auf dem Flur aufgestellt werden. Unmittelbar daneben sollte ein Regal zum Abstellen stehen. Das Bereitstellen der Geräte kann dann je nach Gegebenheit in folgender Weise erfolgen:

- Die beauftragten Schüler nehmen die erforderlichen Tablett aus dem Schrank und verteilen von diesen die Geräte auf die Schülerarbeitsplätze.
- Werden von einem Tablett, das viele Gruppen enthält, nur ein oder zwei Gruppen benötigt, so werden nur diese entnommen und auf ein Verteilertablett gelegt.
- In dem neben dem Schrank stehenden Regal wird für jede Arbeitsgruppe ein Platztablett bereitgestellt. Auf dieses legen die beauftragten Schüler die zum Versuch erforderlichen Teile. (Man sollte hin und wieder auch einige Teile dazulegen, die nicht benötigt werden, um den Schüler zur kritischen Auswahl zu erziehen. ↑ S. 189). Das Abholen erfolgt durch einen Schüler der Arbeitsgruppe.

- Bei dieser Arbeitsweise besteht die Möglichkeit, Versuchsaufbauten teilweise oder vollkommen aufgebaut zu übergeben. Man wendet diese Methode an, wenn der Aufbau recht aufwendig und für den Versuch unwesentlich ist, z. B. Versuchsanordnung zum Nachweis der Ausdehnung eines Körpers beim Erwärmen.

Das Einsammeln der Geräte erfolgt in umgekehrter Reihenfolge. Die Fächer und Halterungen auf den Schranktablets sind so ausgeführt, daß der Lehrer mit einem Blick übersehen kann, ob die Anzahl der Teile stimmt.

Für die Praktika, die im Zeitraum einiger Wochen — meist am Ende des Schuljahres — durchgeführt werden, sind eine Anzahl von Geräten für bestimmte Versuche erforderlich. Es wäre sehr aufwendig, wollte man diese Dinge immer wieder neu zusammensetzen. Für eine Bereitstellung für den gesamten Zeitraum des Praktikums benötigt man eine Anzahl größerer Tablets und ein Regal, in das diese eingeschoben werden können. In der Vorbereitung des Praktikums werden für jeden Versuch alle erforderlichen Geräte auf einem Tablett zusammengestellt. Die Tablets werden im Regal abgestellt und können von den Experimentiergruppen dort entnommen und wieder abgestellt werden.

## 8. Die Vorbereitung und Auswertung des Unterrichts

### 8.1. Die Vorbereitung des Lehrers auf den Unterricht

#### 8.1.1. Die Bedeutung der Planungsarbeit für den Unterricht

Eine sorgfältige und umfassende Planung ist heute unerläßliche Voraussetzung für jede erfolgreiche komplexe Tätigkeit. Nur eine wissenschaftlich begründete Planung schafft die Grundlagen für die Erfolge beim Aufbau der sozialistischen Gesellschaft, insbesondere in der sozialistischen Volkswirtschaft, in der wissenschaftlichen Forschung und ebenso im gesamten Bildungswesen.

Erst durch die gewissenhafte Planung der Bildungs- und Erziehungsarbeit wird der gesellschaftlichen Forderung nach höchsten Ergebnissen des Unterrichts Rechnung getragen. Eine wohlüberlegte Planung und Vorbereitung sichert hohe Intensität und Effektivität des Unterrichts.

Insbesondere wird durch eine sorgfältige Planung der kontinuierliche Aufbau des gesamten Lehrganges in jedem Unterrichtsfach und die Einhaltung eines optimalen Verhältnisses von Erkenntnis- und Fähigkeitsentwicklung, Festigung, Anwendung und Kontrolle erreicht und der Prozeß der Aneignung von Wissen und Können wirksam mit der sozialistischen Erziehung und der geistigen Entwicklung der Schülerpersönlichkeit verknüpft.

Durch eine gründliche Planung werden aber auch die Verbindungen zu den anderen Unterrichtsfächern besser sichtbar und können für die Entwicklung der Schüler wirkungsvoller genutzt werden. Dabei erstreckt sich die *Koordinierung* mit den anderen Fächern nicht ausschließlich auf das verbindende Wissen. Vielmehr sollen auch die fachübergreifenden Aspekte (↑ Abschnitt 2.1.) bei der Entwicklung von *Fähigkeiten* und besonders bei der *Erziehung* vorausschauend erkannt und maximal erschlossen werden. So schafft die Planung auch die Grundlagen für ein einheitliches Vorgehen des Kollektivs der in einer Klasse unterrichtenden Lehrer.

Die knappe schriftliche Festlegung der für einen bestimmten Zeitraum angestrebten Bildungs- und Erziehungsziele schafft schließlich eine Grundlage für eine aussagekräftige Kontrolle über die Ergebnisse der eigenen Arbeit.

Eine wichtige Ergänzung der Planung besteht deshalb in der sorgfältigen Auswertung des Unterrichtes und im Vergleich seiner Ergebnisse mit den gestellten Zielen. Durch eine Analyse der Erfolge und Mißerfolge, der bewährten Verfahren und der noch vorhandenen Mängel wird die Voraussetzung für eine verbesserte Planung und damit für größere Erfolge im Unterricht geschaffen.

Die wichtigsten verbindlichen Grundlagen für die Planung und Vorbereitung des Unterrichts sind die Fachlehrpläne.

Die Bedeutung, der Inhalt und der Aufbau der Lehrpläne für Physik wurden im Kapitel 3 eingehend dargelegt. Äußerst wertvolle Hinweise für die Arbeit mit den neuen Lehrplänen findet der Leser in dem Referat des Ministers für Volksbildung M. Honecker auf der 9. Sitzung der Volkskammer.<sup>1</sup>

Hier sei nur noch einmal daran erinnert, daß die neuen Lehrpläne nicht nur das Bildungsgut und seine Struktur für jedes Fach und jede Klasse eingehend darlegen. Sie

<sup>1</sup> Ergebnisse der Einführung neuer Lehrpläne und -methoden an den 10klassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschulen. In „Neues Deutschland“ vom 12. Juni 1968.

geben darüber hinaus wichtige Anleitungen für die Planung und Gestaltung des pädagogischen Prozesses und für die planmäßige Erziehung der Schüler zu jungen sozialistischen Staatsbürgern. Neben den facheigenen Aufgaben kennzeichnen sie auch deren Beziehungen zu den fachübergreifenden Zielen.

Zur optimalen Erfüllung der Lehrpläne darf der Lehrer bei seiner Planungsarbeit nicht ausschließlich von den Bildungs- und Erziehungsaufgaben seines eigenen Faches ausgehen. Er muß sich vielmehr auch über die wesentlichen Ziele und Aufgaben der benachbarten Fächer informieren und diese beachten.

Über die Bedeutung der Planung bei der Einführung der präzisierten Lehrpläne sagte Minister Dietzel auf der „Konferenz über den naturwissenschaftlichen Unterricht“: „Die in den präzisierten Lehrplänen fixierten Grundlinien des Prozesses der Aneignung von Wissen und Können, der Entwicklung geistiger und praktischer Fähigkeiten und der sozialistischen Erziehung stellen jeden Lehrer vor höhere Anforderungen bei der Planung und Durchführung seines Unterrichtes.“<sup>2</sup>

### 8.1.2. Die gesetzlichen Grundlagen für die Planungsarbeit

In der „Verordnung über die Sicherung einer festen Ordnung an den allgemeinbildenden Schulen — Schulordnung —“<sup>3</sup> wird festgelegt:

„Grundlegende Bedingungen für die Sicherung hoher Leistungen in der Schule sind die planmäßige und kontinuierliche Gestaltung der Bildungs- und Erziehungsarbeit und das einheitliche politische und pädagogische Handeln des Pädagogenkollektivs.“ (Vorwort) „Die Bildungs- und Erziehungsarbeit erfolgt auf der Grundlage der staatlichen Lehrpläne . . . Alle Lehrer und Erzieher sind verpflichtet, durch die gewissenhafte Erfüllung der in den Lehrplänen festgelegten Bildungs- und Erziehungsaufgaben die Voraussetzungen zu schaffen, daß jeder Schüler das Ziel der Klasse und der Schule erreichen kann.“ (§ 2) Für die Planung der Bildungs- und Erziehungsarbeit sind anzufertigen:

- Die Pläne der Schule (§ 5 und § 6)
- Der Klassenleiterplan (§ 7)  
Er enthält die Festlegungen des Klassenleiters für die politisch-ideologische und moralische Erziehung des Klassenkollektivs und für die Entwicklung der Lerneinstellung und des sozialistischen Verhaltens der Schüler im Klassenunterricht, im Betrieb sowie außerhalb des Unterrichts.  
Er bestimmt das gemeinsame Vorgehen der Lehrer zur allseitigen Entwicklung aller Schüler, besonders der Kinder der Arbeiter und Genossenschaftsbauern sowie der alleinstehenden werktätigen Frauen und zur Förderung individueller Fähigkeiten (§ 7, 2).
- Die Planung und Vorbereitung des Unterrichts durch den Lehrer (§ 28)  
„(1) Alle Lehrer sind verpflichtet, sich gewissenhaft und schöpferisch auf ihren Unterricht vorzubereiten und ihn mit hoher Qualität durchzuführen. (2) Eine wichtige Voraussetzung, die Kontinuität des Unterrichtsprozesses zu sichern, jede Unterrichtsstunde rationell zu gestalten und höchste Bildungs- und Erziehungsergebnisse zu erzielen, ist die sorgfältige Planung des Unterrichtes. Sie umfaßt
  - die langfristige Planung von Stoffeinheiten und
  - die gründliche Vorbereitung jeder Unterrichtsstunde.“

<sup>2</sup> Dietzel, K.: Die Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichtes in den nächsten Jahren beim schrittweisen Aufbau des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4.

<sup>3</sup> Verordnung über die Sicherung einer festen Ordnung an den allgemeinbildenden Schulen — Schulordnung —, Gesetzblatt der DDR 1967, Berlin 27. XI. 1967, Teil II, Nr. III.

In den folgenden Abschnitten werden einige Anleitungen für die geforderte Planungs- und Vorbereitungsarbeit gegeben. Dazu gehören auch Empfehlungen für die allgemeine Vorbereitung des Lehrers auf seinen Unterricht.

### 8.1.3. *Die allgemeine Vorbereitung des Lehrers auf seine Unterrichtstätigkeit*

Auf dem VII. Parteitag der SED wurde festgestellt, „daß das Streben nach mehr „Wissen, nach hoher Allgemeinbildung das Menschenbild des Sozialismus prägt. Das heißt aber doch, daß heute schon kein Bürger mehr sagen kann, er habe für sein ganzes Leben ausgelernt, weil er eine Bildungseinrichtung besucht hat. Niemand kann sich auf seinem Diplom ausruhen! Die Weiterbildung wird ein normaler Bestandteil des Lebens der Menschen im Sozialismus.“<sup>4</sup> Diese Worte gelten in besonderem Maße für jeden Lehrer, der sich dafür verantwortlich fühlt, daß bei der Einführung neuer Lehrpläne mit einem höheren wissenschaftlichen Niveau die Qualität des Unterrichtes ständig verbessert wird.

Die hohen Anforderungen, die unser Staat an jeden Lehrer stellt, können nur von dem erfüllt werden, der beharrlich an seiner weiteren Entwicklung arbeitet, der in seiner persönlichen Haltung und in seinem fachlichen Können ebenso wie in seinem Lerneifer seinen Schülern stets Vorbild ist.

Besonders der Fachlehrer für Naturwissenschaften kann heute nicht bei den Kenntnissen stehenbleiben, die er in seiner Ausbildungszeit erworben hat. Er muß sein Wissen ständig vertiefen und auf den neuesten Stand der wissenschaftlich-technischen Entwicklung bringen. Er sollte sich auch über die wichtigsten Anwendungen seiner Wissenschaft und über die Fortschritte auf benachbarten Gebieten unterrichten und vor allem das gesellschaftliche Leben durch aktive Mitarbeit kennenlernen. Die politische, fachliche, pädagogische und methodische Qualifizierung und Weiterbildung der Fachlehrer ist von entscheidender Bedeutung für die Erfüllung des Bildungsgesetzes und insbesondere für die Realisierung der präzisierten Lehrpläne. In Übereinstimmung mit der schulpolitischen Entwicklung in unserer Republik hat auch die organisierte Weiterbildung der im Fach Physik tätigen Lehrer einige wesentliche Etappen durchlaufen. Über den Inhalt der bisherigen Weiterbildung sowie über die jeweils angewandten Formen und Methoden informieren unter anderem zwei Aufsätze von Wohlert.<sup>5</sup>

Die Einführung und Verwirklichung neuer Lehrpläne stellt auch an das theoretische Niveau und die Organisation der Lehrerweiterbildung neue, höhere Anforderungen. Mit dem Schuljahr 1969/70 beginnt daher auf der Grundlage zentral ausgearbeiteter verbindlicher Lehrprogramme eine qualitativ neue Form der systematischen Weiterbildung, die Weiterbildung der Lehrer in Kursen. Erste grundlegende Ausführungen darüber enthält der Artikel „Das Kurssystem der Weiterbildung“ von Machacek (in „Deutsche Lehrerzeitung“ 4/1969, S. 3). Weitere Einzelheiten können dem „Lehrprogramm für die Weiterbildung der Physiklehrer“ (in „Physik in der Schule“ 7 (1969), H. 7/8) entnommen werden. Die komplexe Verbindung von politisch-ideologischen, pädagogisch-psychologischen, fachwissenschaftlichen und didaktisch-methodischen Themen sowie die konsequente wissenschaftliche Führung des gesamten Weiterbildungsprozesses gewährleisten eine hohe Praxiswirksamkeit der Weiterbildung. Für seine fachliche Weiterbildung soll der Physiklehrer wenigstens eines der bekannten

<sup>4</sup> Ulbricht, W.: Die gesellschaftliche Entwicklung in der DDR bis zur Vollendung des Sozialismus. Dietz Verlag, Berlin 1967.

<sup>5</sup> a) Wohlert, W.: Zur Weiterbildung der Physiklehrer. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 9.

b) Zur Praxis der Lehrerweiterbildung im Fach Physik. In „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 3.

Hochschullehrbücher für Physik<sup>6</sup> selbst besitzen und bei der Vorbereitung seines Unterrichts zu Rate ziehen.

Daneben muß er sich ständig über aktuelle Fragen der physikalischen und technischen Entwicklung aus Fachzeitschriften informieren, damit er seinen Unterricht zeitnahe gestalten und auf Fragen der technisch ineist sehr interessierten Schüler antworten kann.<sup>7</sup>

Es wird empfohlen, eine Litralurkartei anzulegen, um jederzeit wichtige Aufsätze aus Zeitschriften oder Tageszeitungen schnell auffinden und bei Bedarf auswerten zu können. Wertvolle Ratschläge hierzu enthält der Lehrbrief für das Fernstudium der Bergakademie Freiberg „Gut ordnen — schneller finden“.<sup>8</sup>

Zur Verbesserung der pädagogisch-methodischen Arbeit und zu ihrer wissenschaftlichen Begründung muß sich der Lehrer auch mit der pädagogischen, psychologischen und fachmethodischen Literatur beschäftigen. Es ist hier nicht der Platz, die verschiedenen Lehrbücher für Pädagogik, Psychologie usw. aufzuzählen. Auf die Zeitschrift „Pädagogik“ und auf die „Deutsche Lehrerzeitung“ soll aber hingewiesen werden.

Ganz besonders wird das Studium der Zeitschrift „Physik in der Schule“ empfohlen, da der Lehrer hier sehr konkrete Hilfen für seine Berufsarbeit findet und über die wichtigsten fachlichen und fachmethodischen Fragen gründlich informiert wird. Jeder Physiklehrer muß auch ständig an der Weiterentwicklung seiner Experimentierfertigkeit und an der Vervollkommnung der von ihm beherrschten Versuche nach Anzahl und Qualität arbeiten. Gute Anleitungen dazu enthalten die Teile 1 bis 10 „Physikalische Schulversuche. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin“. Ein Lehrer, der in dieser Art ständig an seiner eigenen Weiterbildung arbeitet, leistet damit einen wichtigen Beitrag für seine Unterrichtsvorbereitungen. Die aufgewendete Mühe wird durch die Erfolge im Unterricht und durch die Befriedigung über die berufliche Arbeit reichlich belohnt.

#### 8.1.4. *Die langfristige Planung der Stoffeinheiten (Zeitplanung)*

Der erste Schritt bei der Planung des Fachunterrichtes besteht in der Aufteilung des Lehrstoffes auf das Schuljahr. Dazu muß der Lehrer von dem Ablaufplan des Schuljahres (Beachtung der Termine der Ferien und der unterrichtsfreien Tage) ausgehen und auf der Grundlage der vorgegebenen Wochenstundenzahl für das Fach sowie der Stundenvorgaben für jede Stoffeinheit die Termine für die Behandlung der einzelnen Stoffeinheiten jeweils für ein Schulhalbjahr festlegen.

Bei der Festlegung der Zeiten für die Stoffeinheiten wird der Lehrer auch Stunden für komplexe Wiederholungen, für Systematisierungen und für Kontrollarbeiten einplanen sowie eine zweckmäßige Verteilung der im Lehrplan als Reserve vorhandenen Stunden auf das ganze Schuljahr vornehmen.

Schon bei der groben Zeitplanung verschafft sich der Lehrer einen Überblick über die Ziele des Lehrganges, über den Entwicklungsstand des Klassenkollektivs und über die fachlichen und materiellen Voraussetzungen für den Unterricht.

Er legt z. B. fest, welche Besichtigungen (↑ Abschnitt 4.4.) durchgeführt oder welche Lehrfilme gezeigt werden sollen und plant eine rechtzeitige Anmeldung in den Betrieben bzw. Bestellung der Filme. Auch die langfristige Beschaffung von fehlenden Lehrmitteln, Lehrtafeln oder Modellen wird eingeleitet. Schließlich werden noch die Themen

<sup>6</sup> Recknagel, A.: Physik. VEB Verlag Technik, Berlin.

Grimsehl, E.: Lehrbuch der Physik. VEB Fachbuchverlag Leipzig.

<sup>7</sup> Wissenschaft und Fortschritt, Jugend und Technik, Urania, Technikus.

<sup>8</sup> Ökonomie des Studierens. Bergakademie Freiberg, Fernstudium Best.-Nr. 100 19/2.

von Jahresarbeiten oder größeren Beobachtungs- und Arbeitsaufträgen für die Schüler vorbereitet.

Um die Schreibarbeit möglichst gering zu halten, kann der Lehrer die Termine für die Behandlung der Stoffeinheiten mit Bleistift direkt in den Lehrplan eintragen und die übrigen Festlegungen auf einer Karteikarte fixieren.

Während des Schuljahres muß er ständig die Einhaltung des Zeitplanes kontrollieren und sicherstellen.

### 8.1.5. *Der Stoffeinheitenplan (Thematische Planung)*

#### 8.1.5.1. *Die Bedeutung der Planung von Stoffeinheiten*

Unter einer Stoffeinheit wird ein begrenzter, nach sachlogischen und didaktischen Gesichtspunkten gegliederter Komplex aus dem Unterrichtsstoff verstanden. Es hat sich gezeigt, daß der Lehrer den komplexen Unterrichtsprozeß in jeder Einzelstunde nur dann effektiv planen und gestalten kann, wenn er sich vorher eingehend mit Ziel, Inhalt und Aufbau der ganzen Stoffeinheit, zu der die Stunde gehört, vertraut gemacht hat. Deshalb wird in der „Schulordnung“ und in der pädagogischen Literatur<sup>9</sup> mit Recht der Planung der Stoffeinheiten große Bedeutung zugemessen.

Bei dieser thematischen Planung erfaßt der Lehrer „die Bedingungen und den günstigen Ablauf des Lernens der Schüler in einer bestimmten Unterrichtseinheit als Ganzes, er bestimmt von dort aus den Standort und die Teilziele für jede einzelne Unterrichtsstunde sowie die zu ihrer Realisierung nötigen Lernaufgaben, und er entscheidet über die Hauptmaßnahmen, mit denen er die aktive Lerntätigkeit der Schüler auslösen und steuern muß“<sup>10</sup>.

Da er jetzt den gesamten Stoffkomplex überblickt, kann er auch am besten die geeigneten Ansatzpunkte für die erzieherische Arbeit festlegen und dafür sorgen, daß alle Erziehungspotenzen des Lehrstoffes erschlossen werden. Nicht jedes Stundenthema bietet die gleichen Möglichkeiten für bestimmte erzieherische Einwirkungen. Die Planung der Stoffeinheit sichert also die Stetigkeit des Bildungs- und Erziehungsprozesses und verhindert, daß der Unterricht zu einer Kette von aneinandergereihten, beziehungslosen Einzelstunden ohne planmäßige Verteilung der Schwerpunkte der Bildungs- und Erziehungsarbeit wird.

Das der Stoffeinheit zugrunde liegende Thema ermöglicht es, die logische Struktur des Bildungsgutes besser aufzudecken und dabei das Wesentliche und Grundsätzliche der Erscheinungen und Erkenntnisse deutlicher hervorzuheben. Der Lehrer entgeht dadurch auch der Gefahr, sich in Einzelheiten zu verlieren.

Nur das Grundwissen und Grundkönnen wird in den Stoffeinheitenplan aufgenommen.

Da die erfolgreiche Arbeit am neuen Bildungsgut stets auf einem bestimmten Wissen und Können aus dem früheren Unterricht aufbaut, müssen diese Voraussetzungen erkannt und in geeigneter Weise aktualisiert werden. Damit wird das Ausgangsniveau für die Behandlung der neuen Stoffeinheit festgelegt. (↑ S. 94).

Nach der Behandlung der Stoffeinheit soll ein kontrollierbares Ergebnis (neue Niveaustufe des Wissens und Könnens) erreicht werden, das dann wiederum eine sichere Grundlage für die weitere Arbeit bildet.

#### 8.1.5.2. *Der Inhalt des Stoffeinheitenplanes*

Es wird empfohlen, die Planung auf die folgenden Schwerpunkte zu richten:

1. Besinnung auf den Inhalt und die sachlogische Struktur der Stoffeinheit. Die sorg-

<sup>9</sup> Eggert, K./Eggert, R.: Komplexe Planung von Stoffeinheiten. In „Pädagogik“, (1964), H. 7.

<sup>10</sup> Kotschwar, W.: Thematische Planung von Unterrichtseinheiten. In „Pädagogik“, (1965), H. 10.

fältige Stoffanalyse muß dazu führen, daß das Wesentliche deutlich erkannt und aus der verwirrenden Fülle von Einzelfakten hervorgehoben wird.

2. Formulierung der grundlegenden *Bildungsziele* (Begriffe, Gesetze, Theorien - wichtigste Anwendungen -- Erkenntnismethoden, Arbeitsverfahren -- spezielle Fähigkeiten und Fertigkeiten) und Bestimmung der zu erreichenden Niveaustufe in den einzelnen Bereichen.
3. Besinnung auf die *erzieherischen* Schwerpunkte für die gesamte Stoffeinheit und für ihre Komponenten.
4. Festlegung des *vorauszusetzenden* und zu aktualisierenden Grundwissens und Grundkönnens aus dem Physikunterricht und aus anderen Unterrichtsfächern.
5. Aufsuchen der *übergreifenden* Aspekte zu anderen Fächern (insbesondere auch bezüglich der Arbeitsverfahren, der Fähigkeitsentwicklung und der erzieherischen Einwirkungen) und zur außerunterrichtlichen Bildungs- und Erziehungsarbeit.
6. Festlegung der Stundenthemen unter Einhaltung eines angemessenen Verhältnisses zwischen Erarbeitung, Übung, Wiederholung und Kontrolle.

#### 8.1.5.3. Die Form des Stoffeinheitenplanes

Für die schriftliche Fixierung des Stoffeinheitenplanes gibt es keine Vorschrift und keine einheitliche Norm. Entscheidend ist auch nicht die ausführliche schriftliche Darstellung, sondern die gründliche geistige Auseinandersetzung mit Inhalt und Struktur der Stoffeinheit und mit ihren besonderen Unterrichtszielen. Eine zweckmäßig gegliederte Tabelle erleichtert den Überblick über die einzelnen Bildungs- und Erziehungsziele und unterstützt das planmäßige Vorgehen. Auf einem Karteiblatt kann man dazu eine Tafel mit folgenden Spalten anlegen:

Nr.*	Stunden- thema	Zu aktuali- sierendes Wissen und Können	Zu erarbei- tendes Wissen und Können	Erzieherischer Schwerpunkt	Fachüber- greifende Aspekte
------	-------------------	--	---	-------------------------------	-----------------------------------

\* Laufende Nummer der Stunde in der Stoffeinheit

In der Zeitschrift „Physik in der Schule“ wurden Vorschläge für alle Klassenstufen veröffentlicht.<sup>11</sup> Sie erleichtern dem Lehrer die Planung, indem sie Material zur Verfügung stellen, das sich in der praktischen Unterrichtsarbeit bereits bewährt hat und das auf den Unterricht in jeder Klasse generell übertragbar ist (Invarianten des Unterrichts).

Der Lehrer kann diese Vorschläge für seine Arbeit übernehmen. Er muß dann die zu einer Stoffeinheit gehörenden Stundenthemen noch einmal zusammenschauend überdenken und die Wiederholungs- und Kontrollstunden einplanen.

Auf jeden Fall aber muß er sich eigene Gedanken über die besonderen Maßnahmen machen, die sich aus der spezifischen Klassensituation und aus der Forderung nach differenziertem Eingehen auf die Schülerpersönlichkeit ergeben.

Gegen die Anlage des Stoffeinheitenplanes in Form einer Tabelle wird gelegentlich eingewendet, daß der durch Spalten und Zeilen vorgegebene Raum für die einzelnen Eintragungen entweder nicht ausreicht oder nicht ausgenutzt wird. Manche Lehrer be-

<sup>11</sup> Stoffverteilungspläne. In „Physik in der Schule“

Klasse 6 (zum Lehrplan 1967) 5 (1967), H. 5.

Klasse 7 (zum Lehrplan 1968) 6 (1968), H. 2.

Klasse 8 (zum Lehrplan 1969) 7 (1969), H. 1.

Klasse 9 (zum Lehrplan 1959) 3 (1965), H. 7 u. 8., 4 (1966), H. 1.

Klasse 10 (zum Lehrplan 1959) 3 (1965), H. 9, 4 (1966), H. 1.

Vorbereitungsklasse 9 5 (1967), H. 7/8.

Vorbereitungsklasse 10 6 (1968), H. 6.

Vorzügen deshalb eine nur zeilenmäßig gegliederte Anordnung. Der Lehrer kann schließlich die Planung der Stoffeinheit mit der Planung der Einzelstunden kombinieren. Dazu wird folgende Empfehlung gegeben:

Ein Schreibheft wird durch Auftrennung der Heftfäden in Doppelbögen zerlegt.

Jeder Doppelbogen dient

1. zur Eintragung der allgemeinen Ziele für die Stoffeinheit (Schwerpunkte des Wissens und Könnens sowie der erzieherischen Einwirkung),
2. zur Eintragung der einzelnen Stundenthemen einschließlich Wiederholungsstunden,
3. als Hülle für die Karteikarten, auf denen die einzelnen Unterrichtsstunden fachlich und methodisch geplant werden (vgl. das folgende Kapitel).

Bei dieser kombinierten Planung werden die Bildungs- und Erziehungsziele der einzelnen Stunden, das jeweils zu aktualisierende Wissen und Können u. a. aus der Sicht der Stoffeinheit nur einmal, und zwar sofort auf der Vorderseite des Karteiblattes für die betreffende Einzelstunde niedergeschrieben.

Insgesamt ergibt die Hülle (Umschlag) zusammen mit den Karteikarten für die Einzelstunden die komplexe Planung für die gesamte Stoffeinheit.

Der methodische Weg und die didaktische Gliederung des Lehrstoffs werden erst bei der Vorbereitung der Einzelstunden auf der *Rückseite* der Karteikarte skizziert (↑ Abschnitt 8.1.6.).

Eine große Hilfe bei der Planung und Vorbereitung des Unterrichtes stellen auch die „Unterrichtshilfen Physik“ dar. Die „Unterrichtshilfen“ haben nicht die Aufgabe, die eigene Auseinandersetzung mit Ziel und Inhalt des Lehrplanes zu *ersetzen*, sondern sie zu *erleichtern*, sie theoretisch zu vertiefen und dabei die schöpferischen Kräfte des Lehrers anzuregen.

Die in den Unterrichtshilfen sehr sorgfältig ausgearbeiteten Stundenentwürfe stellen einen Vorschlag für die Realisierung des Lehrplanes dar, sie sollen dem Lehrer helfen, eine den besonderen Bedingungen in der Klasse angepaßte Stundenvorbereitung anzufertigen.

Auf keinen Fall darf sich der Lehrer durch die Unterrichtshilfen oder andere methodische Anleitungen zu einer Erweiterung des im Lehrplan geforderten Stoffes verleiten lassen.

#### 8.1.6. Die Vorbereitung auf die Unterrichtsstunde

Damit die Bildungs- und Erziehungsziele in jeder Unterrichtsstunde von allen Schülern erreicht werden, muß der Lehrer sein fachliches und pädagogisches Wissen sowie seine Kenntnisse über die Besonderheiten der Klasse (Unterrichtssituation) bei der Vorbereitung auf die einzelne Unterrichtsstunde planmäßig anwenden. Die Unterrichtsvorbereitung besteht darin, die Theorie der Bildung und Erziehung wirkungsvoll in die Praxis umzusetzen, indem der Lehrer vorausschauend die Schwerpunkte der Unterrichtsarbeit und den optimalen Verlauf der Stunde festlegt.

Der Physiklehrer muß außer der gedanklichen Vorbereitung auch eine praktische Erprobung der geplanten Experimente (↑ Abschnitt 5.3.,) vornehmen sowie die erforderlichen Unterrichtsmittel (Lehrtafeln, Modelle, Arbeitsblätter<sup>12</sup>, Lichtbilder, Filme) bereitstellen (↑ Abschnitt 7.1.). Die gedankliche Vorbereitung der Unterrichtsstunden umfaßt die folgenden Schritte:

- Die Besinnung auf den sachlichen Gehalt des Lehrstoffes.
- Die Besinnung auf den erzieherischen Gehalt des Lehrstoffes.

<sup>12</sup> Beispiele hierfür in „Physik in der Schule“, 6 (1968), H. 5 und 6. Weitere Literaturangaben in: Schollmeyer, G.: Über die Ergebnisse eines Großversuchs mit Arbeitsblättern. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 12.

- Die Besinnung auf die didaktischen Grundlagen und die Auswahl zweckmäßiger Unterrichtsmethoden.
- Die Festlegung des geplanten Unterrichtsablaufes und seine schriftliche Fixierung.

#### 8.1.6.1. Die Besinnung auf den sachlichen Gehalt des Lehrstoffes

Wenn der Lehrer die Stoffeinheit sorgfältig geplant hat, dann wurde von ihm bereits ein wichtiger Teil der Unterrichts Vorbereitung geleistet. Die Einzelstunde erhält jetzt ihre spezifischen Aufgaben aus ihrer Stellung in der Stoffeinheit. Inhalt und Charakter der Stunde, insbesondere das Thema und die Bildungs- und Erziehungsziele sowie das zu aktualisierende Wissen und Können werden nun dem Stoffeinheitenplan entnommen.

Um der Forderung nach Wissenschaftlichkeit des Unterrichts gerecht zu werden, wird der Lehrer sich selbst noch einmal gründlich mit den in der Stunde zu erarbeitenden Begriffen, Gesetzen, Theorien, Modellvorstellungen und den technischen Anwendungen vertraut machen und ihre Stellung im System der Physik und im Physiklehrplan betrachten. Dabei wird er auch geeignete Formulierungen für die in der Stunde zu erarbeitenden Erkenntnisse (Definitionen, Gesetze usw.) festlegen.

Er wird sich darüber klar werden, welches grundlegende Können (Fähigkeiten in der Handhabung physikalischer Arbeitsverfahren und mathematischer Methoden, im logisch-abstrakten Denken, im technisch-konstruktiven Denken . . .) zum Bildungsgut der Stunde gehört. Dabei wird er sich auf die Voraussetzungen für die erfolgreiche Bildungsarbeit (Ausgangsniveau) sowie auf die Verbindungen des Lehrstoffes mit den anderen Fächern besinnen. Er wird sorgfältig zwischen Grundwissen und Ergänzungs- oder Spezialwissen unterscheiden und sich geeignete Übungs- und Anwendungsaufgaben zurechtlegen.

Vor allem wird er bereits hier eine dem Charakter und der Struktur des Lehrstoffes angemessene *Gliederung* des Bildungsgutes nach bestimmten Erkenntnisschritten vornehmen und die Teilziele dieser Stundenglieder festlegen.

#### 8.1.6.2. Die Besinnung auf den erzieherischen Gehalt des Lehrstoffes

Der Unterrichtsprozeß besteht nicht einfach darin, bestimmte Kenntnisse aus dem Kopf des Lehrers in den Kopf des Schülers zu übertragen und dabei gewisse Fähigkeiten zu entwickeln. Es kommt vielmehr darauf an, bei der Vermittlung des Bildungsgutes die gesamte Schülerpersönlichkeit, insbesondere ihre Einsichten, Überzeugungen und Verhaltensweisen wesentlich zu fördern und zu formen.

Neben der intellektuellen und der polytechnischen Bildung und Erziehung muß besonders die staatsbürgerliche Erziehung der Schüler als eine vordringliche Aufgabe angesehen werden. Deshalb wird sich der Lehrer bei der Vorbereitung der Unterrichtsstunde auf die erzieherischen Potenzen des Lehrstoffes besinnen und sorgfältig prüfen, welche elementaren Grundlagen für weltanschaulich-philosophische Verallgemeinerungen, für historische bzw. ökonomische Betrachtungen und vor allem welche Ansatzpunkte für die politisch-moralische Erziehung sich im Lehrstoff und bei seiner Erarbeitung im Klassenkollektiv finden lassen.

Die gesamte erzieherische Einwirkung ist eine fachübergreifende Aufgabe, die nur dann erfolgreich gelöst werden kann, wenn das Lehrerkollektiv der Klasse gemeinsam und einheitlich vorgeht. Der Physiklehrer muß ständig prüfen, welchen spezifischen Beitrag gerade sein Fach für die Erfüllung des gemeinsamen Erziehungsauftrages zu leisten vermag.

Es ist wichtig, echte und natürliche Zugänge zu den verschiedenen Seiten der staatsbürgerlichen Erziehung zu suchen und diese dann so zu erschließen, daß sie tatsächlich erzieherisch wirksam werden. Krampfhaft Verknüpfungen sind ebenso wirkungslos wie das formale Anwenden unverstandener philosophischer oder ökonomischer Begriffe oder vorzeitige weltanschauliche Verallgemeinerungen.

Die natürliche Verbindung eines physikalischen Lehrstoffes mit technischen, ökonomischen oder aktuell-politischen Fragen, das Aufdecken des Zusammenhanges zwischen physikalischen Erkenntnissen, dem wissenschaftlich-technischen Fortschritt, den materiellen Bedürfnissen der Menschen und der herrschenden Gesellschaftsordnung, die Würdigung der wissenschaftlichen Leistung und der menschlichen Haltung bedeutender Physiker bieten echte Ansatzpunkte für die staatsbürgerliche Erziehung im Physikunterricht. Sie können in allen Etappen des Unterrichtsverlaufes wirksam werden, sowohl bei der Schaffung einer anregenden Ausgangssituation als auch im Prozeß der Aneignung, der Sicherung, der Festigung und der Anwendung der Erkenntnisse (↑ Kapitel 2).

#### S.1.6.3. Die Besinnung auf die didaktischen Grundlagen und die Auswahl zweckmäßiger Unterrichtsmethoden

Eine wichtige Aufgabe bei der Unterrichtsvorbereitung besteht in der Festlegung des *Weges*, auf dem die Unterrichtsziele in der wirkungsvollsten Weise, d. h. mit einem hohen Bildungs- und Erziehungsergebnis in möglichst geringer Zeit und mit möglichst geringem Aufwand an Kraft und technischen Mitteln erfüllt werden können. Wichtige Hinweise hierzu gibt das Kapitel 5 sowie die dort zusammengestellte Literatur.

- Der Lehrer wird zunächst überlegen, wie er das für die Erreichung der Stundenziele voraussetzende Wissen und Können auffrischen (aktualisieren) und wie er sich zuverlässig davon überzeugen kann, daß die Schüler tatsächlich die Grundlagen für das Fortschreiten besitzen (Sicherung des *Ausgangsniveaus*). Keinesfalls ist dazu eine breite Wiederholung des gesamten Stoffes der letzten Stunde geeignet. Viel wirkungsvoller ist eine bewußte Auswahl im Hinblick auf das gestellte Stundenziel.
- Für den Erfolg der Unterrichtsstunde ist oft ihr Beginn ausschlaggebend. Der Lehrer wird sich deshalb überlegen, wie er eine günstige *Ausgangssituation*, möglichst eine Problemsituation, und eine wirkungsvolle *Motivation* für die folgende Arbeit schaffen kann. Die Bekanntgabe eines Stundenthemas („Heute wollen wir das Archimedische Gesetz behandeln“) weckt bei den Schülern wenig Interesse und erzeugt keine Lernbereitschaft.

Es ist wirksamer, wenn der Lehrer an Erfahrungen der Kinder aus ihrem Erlebnis-kreis (Sport, Spiel, Technik . . . ) oder an eine Betriebsbesichtigung anknüpft, wenn er von einem aktuellen und bedeutsamen Ereignis oder von einem Schülerreferat ausgeht, oder wenn er einleitend über das Ergebnis eines Beobachtungsauftrages berichten läßt.

- Diese einleitende Problemsituation soll dann zu einer Frage führen, die in günstigstem Falle die Schüler selbst stellen, die aber sonst vom Lehrer aufgeworfen wird. Für den Physikunterricht lassen sich zahlreiche Probleme um folgende Fragen gruppieren: Wie kommt es, daß . . . ? Wovon hängt das ab . . . ? Wie funktioniert das . . . ? Wie kann man das deuten . . . ? Wie läßt sich das praktisch anwenden . . . ? Probleme können am Anfang eines Erkenntnisprozesses stehen, der über das Aufstellen und Prüfen von Hypothesen zur experimentellen Tätigkeit führt. Sie können aber auch rein *gedankliche* Operationen auslösen.
- Es ist meist wirkungsvoller, wenn das genaue Stundenthema erst im Zusammenhang mit der Problemstellung für die Schüler formuliert wird.
- Das Ausgangsniveau und die Stundenziele stecken die Wegstrecke ab, die in der Stunde zu durchlaufen ist. Es kommt nun darauf an, diesen Weg so zu gliedern, daß die einzelnen Schritte der Erkenntnisgewinnung klar hervortreten und für die Schüler deutlich werden. Die Portionen des Lehrstoffes werden so gewählt, daß sie unter der Führung des Lehrers von jedem Schüler selbständig erarbeitet werden können, ohne daß dabei eine Über- oder Unterforderung eintritt. Die Lernergebnisse

in jedem Erkenntnisschritt müssen vom Lehrer jederzeit überprüft und notfalls verbessert werden können.

Die Stundenabschnitte ergeben sich im allgemeinen aus der fachlichen *Struktur* des Lehrstoffes. Jeder Abschnitt muß im allgemeinen ein konkretes *Teilziel* haben, das dem Gesamtziel der Stunde untergeordnet ist. Der Unterrichtsstoff der Stunde wird dabei so weit aufgegliedert, daß eine dem Erkenntnisprozeß entsprechende didaktisch aufbereitete Feinstruktur der Unterrichtsstunde entsteht.

Die Erkenntnisgewinnung muß so erfolgen, daß die Schüler dabei zu vielseitigen geistigen *Tätigkeiten* angeregt werden. Bei der Vorbereitung der Unterrichtsstunde muß der Lehrer deshalb die *Schülertätigkeiten* besonders sorgfältig planen und dabei überlegen, welche Tätigkeiten im Zusammenhang mit der Aneignung des Lehrstoffes die geistige und charakterliche Entwicklung besonders fördern. Dabei sind vier Aspekte zu beachten:

1. Die bewußte Aneignung der physikalischen Arbeitsverfahren und Erkenntnis methoden gehört ebenso wie die Erarbeitung des eigentlichen Wissensstoffes zürn Bildungsziel. Diese Verfahren und den Wissensstoff eignen sich die Schüler aber vorwiegend durch planmäßige Tätigkeiten und durch vielfältiges Anwenden an.
2. Durch die bewußte und zielgerichtete Tätigkeit der Schüler werden zugleich wichtige Charaktereigenschaften entwickelt.
3. Die geistig-produktiven Schülertätigkeiten fördern die allseitige Entwicklung der Schüler stärker als die rezeptiven.
4. Durch zielbewußte Tätigkeiten beim Wissenserwerb prägt sich der Schüler den Lehrstoff fester ein als bei einer überwiegend verbalen Wissensvermittlung.

Zur Planung der Schülertätigkeiten gehören auch Überlegungen, wie diese Tätigkeiten laufend durch bestimmte Fragen, Impulse, Problemstellungen, Aufgaben bzw. Lernaufträge ausgelöst und gesteuert werden können und wie durch geeignete Motive die Bereitschaft zur Mitarbeit geweckt und erhalten werden kann. Das bedeutet, daß im Zusammenhang mit den Schülertätigkeiten die entsprechenden *Lehrertätigkeiten* zu planen sind.

(Im Abschnitt 8.3. sind die wichtigsten Schülertätigkeiten zusammengestellt. Die Aufstellung ist als Hilfe für den Lehrer gedacht.)

Das bewußte Üben bestimmter Erkenntnisabläufe in festgelegten Denkschritten ist ein wirkungsvolles Mittel zur geistigen Erziehung der Schüler. Eng mit der Entwicklung des Denkens hängt die Fähigkeit zusammen, gewonnene Erkenntnisse sprachlich einwandfrei zu formulieren. Die Klarheit der Gedanken zeigt sich in der sprachlich richtigen Wiedergabe. Da sich der Lehrer während des Stundenablaufes ständig über die erzielten Ergebnisse informieren muß, wird er den Schülern häufig den Auftrag erteilen, ihre Beobachtungen und ihre Erkenntnisse darzustellen. Besonders wichtig ist dabei die *schriftliche Formulierung* der Antworten, weil hier die noch vorhandenen Mängel deutlich sichtbar werden und alle Schüler gleichzeitig tätig sein müssen. Auch diese *Übungen* wird der Lehrer planen. Sie dienen gleichzeitig der *Zusammenfassung*, der *Kontrolle* und der *Festigung*.

Der Lehrer muß den größten Wert darauf legen, schon bei der Vorbereitung der Unterrichtsstunde geeignete Maßnahmen und die erforderliche Zeit für die Sicherung und *Festigung* der gewonnenen Kenntnisse und der Fertigkeiten einzuplanen. Dazu eignen sich Teil- und Gesamtzusammenfassungen durch Lehrer und Schüler, Anwendungen, Übungen, Wiederholungen, Systematisierungen, Analogiebetrachtungen, Hausaufgaben u. a. (↑ Abschnitt 5.2.3.).

Die Forderung nach aktiver Mitarbeit aller Schüler darf aber keinesfalls zu einer Einförmigkeit der Methode führen. Durch den *Wechsel* der Methoden und durch das Ablösen von individueller und gemeinsamer Tätigkeit sollen die Schüler vielseitig beansprucht werden. Dabei werden Ermüdungserscheinungen vermieden, die zu

einem Leistungsabfall führen. Auch in einem modernen Fachunterricht haben der lebendige Lehrervortrag und das heuristische Unterrichtsgespräch noch immer wichtige Funktionen. Sie müssen aber so angewendet werden, daß dabei nicht einem aktiven Lehrer eine passive Klasse gegenübersteht (↑ Kapitel 5). Der Lehrer wird sich überlegen, welche *Experimente* am effektivsten zu den erstrebten Unterrichtszielen führen und ob es möglich ist, diese Experimente von den Schülern selbst ausführen zu lassen. Alle Versuche müssen so vorbereitet werden, daß die Schüler den gesamten Erkenntnisprozeß von der Problemstellung bis zur Auswertung und Formulierung des Ergebnisses bewußt durchlaufen können. („Das Wichtigste am Experiment sind die Gedanken, die wir uns dabei machen“.) (↑ Abschnitt 5.3.)

Es wird auch festgelegt, welche *deduktiven* Schlußfolgerungen sich aus den gewonnenen Erkenntnissen ableiten lassen, welche neuen Fragestellungen sich ergeben und welche Anwendungen des gewonnenen Wissens besonders bedeutungsvoll sind. Inhalt, Form und Stellung der *Leistungskontrollen* werden so geplant, daß sie ein zuverlässiges und umfassendes Bild über Leistungsstand und Leistungsvermögen jedes Schülers geben und daß von ihr Impulse für die Verbesserung der Lerntätigkeit der Schüler und der Arbeit des Lehrers ausgehen. Die Schwerpunkte für die Leistungskontrolle werden vorher festgelegt. Auf keinen Fall dürfen sie sich auf eine Kontrolle des Gedächtnisses oder auf die Überprüfung des häuslichen Fleißes beschränken.

Durch die Planung der Schülertätigkeiten ergeben sich vielseitige Möglichkeiten für eine *stetige* Leistungskontrolle und für die *Beurteilung* der Schüler. Dadurch wird das zeitraubende kontrollierende Abfragen einzelner Schüler am Anfang der Stunde entbehrlich. Es wird empfohlen, daß der Lehrer bereits bei der Vorbereitung der Stunde 2 bis 3 Schüler auswählt, deren Mitarbeit und Leistung er in der Stunde besonders beobachten will. Am Ende der Stunde legt der Lehrer für diese Schüler eine *Gesamtstundennote* fest und gibt diese bekannt (↑ Abschnitt 5.2.3.). Zur Stundenvorbereitung gehört auch die Auswahl und die Bereitstellung effektiver Unterrichtsmittel der verschiedensten Art (Arbeitsblätter, Aufgabenkarten, Tabellenbücher, Modelle, Manipuliertafeln, Filme und Lichtbilder) und der Entwurf eines aussagekräftigen Tafelbildes. Die „Unterrichtshilfen“ geben dazu wertvolle Anregungen (↑ auch Abschnitt 7.1.).

Der Lehrer wird sich bei der Vorbereitung auch überlegen, in welcher Form die wichtigsten Ergebnisse der Stunde von den Schülern festgehalten werden sollen (Art der mündlichen und schriftlichen Formulierung, Ergebnissätze im Protokoll, Aufsuchen von Merksätzen im Lehrbuch bzw. im Nachschlagewerk u. a.). Die *Hausaufgaben* (einschließlich Beobachtungs- und Erkundungsaufträgen, Hausexperimenten) bieten vielfältige Möglichkeiten zur Aktivierung der Schüler außerhalb des Unterrichtes. Sie dienen sowohl zur Festigung der Kenntnisse als auch zur Entwicklung von Fähigkeiten und Fertigkeiten. Durch *differenzierte* Anforderungen kann der Lehrer eine individuelle Förderung der Schüler erreichen — vorausgesetzt, daß er die Hausaufgaben rechtzeitig und zielstrebig plant.

Schließlich wird der Lehrer bei der Unterrichtsvorbereitung auch eine *zeitliche* Planung der einzelnen Unterrichtsabschnitte und Stundenglieder vornehmen.

Manchmal wird behauptet, daß die Festlegung bestimmter Zeitabschnitte für die einzelnen Stundenglieder nicht zweckmäßig oder sogar wertlos sei, weil unvorhergesehene Schülerfragen oder mangelhafte Kenntnisse der Schüler den Lehrer zwingen können, den Unterricht anders durchzuführen, als er ihn geplant hat. Die Erfahrung zeigt aber, daß gerade bei unerwarteten Situationen die Planung des zeitlichen Ablaufes der Stunde die beste Gewähr dafür bietet, daß auch beim Anpassen an die neue Lage die Ziele des Unterrichtes und die Schwerpunkte der Stunde nicht aus dem Auge verloren werden. So wird vermieden, daß z. B. für Wiederholungen,

Leistungskontrollen oder Experimente zuviel Zeit verwendet wird, und daß Problemstellung, Versuchsauswertung, Zusammenfassungen, Übungen und Anwendungen dann zu kurz kommen oder daß die Hausaufgaben erst in der Pause gestellt werden. Der Zeitplan sichert allen Teilen der Stunde ihre Stellung im Unterrichtsprozeß. Allerdings setzt eine gute Zeitplanung Übung und Erfahrung voraus. Die Zeitabschnitte sollten nicht zu klein gewählt werden.

Gelegentlich auftretende Abweichungen vom geplanten Stundenablauf sprechen ebensowenig gegen die Zeitplanung wie ein unpünktlicher Zug gegen die Fahrpläne der Reichsbahn.

**8.1.6.4. Die schriftliche Festlegung des geplanten Unterrichtsverlaufes** In der Schulordnung wird festgelegt: „Umfang und Gliederung der *schriftlichen* Vorbereitungen sind vom Charakter des Faches, vom Lehrplan, von den zur Verfügung stehenden Materialien, von der Qualifikation und von den Erfahrungen des Lehrers abhängig.“ Damit wird eine schriftliche Vorbereitung auf die einzelne Unterrichtsstunde gefordert. Es wird aber keine verbindliche Form vorgeschrieben. Im folgenden werden deshalb auch nur Vorschläge für die schriftliche Vorbereitung gemacht, die der Lehrer entsprechend den besonderen Bedingungen verändern kann. Die Besinnung auf die *Bildungs- und Erziehungsziele* der Unterrichtsstunde und die Überlegungen zu den didaktischen und methodischen Mitteln und Verfahren bilden die unerläßliche Grundlage für die schriftliche Vorbereitung. Der nächste Schritt besteht nun darin, den vermutlichen Verlauf der Stunde zu bestimmen und die wichtigsten Überlegungen kurz schriftlich festzuhalten.

Im Mittelpunkt dieser Arbeit steht die Festlegung der *didaktischen* Glieder und der *Zwischenziele* sowie die Planung und Organisation der aktiven *Erkenntnistätigkeit* der Schüler.

Brüggener<sup>13</sup> macht folgenden Vorschlag für die Ausarbeitung der Verlaufsstruktur einer Unterrichtsstunde, der sich in der Praxis bereits sehr gut bewährt hat:

**1. Grobstruktur** (zweckmäßig als Zeilengliederung)

- Problemstellung und -erfassung
- Sicherung des Ausgangsniveaus (zielgerichtetes Reaktivieren des Wissens und Könnens)
- Arbeit am neuen Bildungsgut (Erkenntnisgewinnung, Festigung, Übung, Systematisierung, Anwenden)
- Hausaufgabe

**2. Feinstruktur** (zweckmäßig als Spaltengliederung)

Zeitplan und didaktische Gliederung	Lehrertätigkeiten	Schülertätigkeiten

Als eine sehr *konzentrierte Form* der schriftlichen Festlegung des Stundenverlaufs hat sich auch folgendes Schema bewährt, das auf einer Karteikarte A 5 entworfen werden kann:

Die *Vorderseite* der Karteikarte enthält:

- Bezeichnung der Stoffeinheit: Klasse:
- Nr. der Stunde in der Stoffeinheit: Stundenthema:
- Bildungsziele:

<sup>13</sup> Brüggener, K.-H.: Zur Erhöhung der Effektivität im Unterrichtsprozeß. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4.

- a) physikalisches Grundwissen (Erscheinungen, Begriffe, physikalische Größen, Gesetze, Modelle, wichtige Anwendungen . . .)
- b) grundlegendes Können (Fähigkeiten zur Gewinnung, Beschreibung, Verarbeitung, Aneignung, Speicherung und Anwendung physikalischer Erkenntnisse; sicherer und bewußter Gebrauch physikalischer Arbeitsverfahren)
- Erziehungsaufgaben: Einsichten, Überzeugungen, Verhaltensweisen (aus dem Lehrstoff abgeleitet bzw. durch die Klassensituation bedingt)
- Ausgangsniveau: Wissen, Können, Verhaltensweisen (Diese Festlegungen wurden bereits bei der Aufstellung des Stoffeinheitenplanes [↑ Abschnitt 8.1.5.3.] getroffen)
- Problemstellung und Motivation
- Experimente (Quellenangabe z. B. Girke-Sprockhoff Bd. ...; Nr. ...)
- Hausaufgabe:

Die *Rückseite* der Karteikarte gibt die Skizze des geplanten Stundenverlaufs und seine zeitliche Gliederung.

Man kann eine Tabelle mit folgenden Spalten anlegen:

1	2	3	4
Zeit (von ... bis ...) Didakt. Gliederung	Erkenntnisschritte nach der sachlogischen Struktur	Lehrer- tätigkeiten	Schüler- tätigkeiten

Erläuterung zu 1: Zur didaktischen Gliederung gehören folgende Elemente:

Reaktivierung, Problemstellung, Zielangabe, Erarbeitung, Teilzusammenfassung, Gesamtzusammenfassung, Anwendung, Übung, Festigung, Kontrolle.

Erläuterung zu 2: Gegenstand der Planung sind die Gestaltung des Erkenntnisprozesses entsprechend der sachlogischen Struktur des Bildungsgutes und die Festlegung eines effektiven Weges zur Erreichung des Stundenzieles bzw. zur Lösung der gestellten Aufgaben.

Erläuterung zu 3: Die Tätigkeiten des Lehrers sind in den verschiedenen Kapiteln ausführlich dargestellt und begründet worden. Sie sind naturgemäß von der Klassensituation und vom Lehrstoff abhängig. Sie müssen deshalb ebenso geplant werden (auch im zeitlichen Umfang) wie das Experiment und das Tafelbild.

Erläuterung zu 4: Ein Verzeichnis von Schülertätigkeiten, geordnet nach steigendem Schwierigkeitsgrad, findet man im Abschnitt 8.3. Ihre zweckmäßige Zuordnung zu den speziellen didaktischen Gliederungselementen und zu den einzelnen Erkenntnisschritten ist entscheidend für eine konsequente, rationelle Unterrichtsführung<sup>14</sup>.

Die sorgfältige Vorbereitung einer Unterrichtsstunde stellt hohe Anforderungen an den Lehrer, doch hat sich gezeigt, daß bei regelmäßiger Planung der erforderliche Zeitaufwand immer mehr abnimmt. Zudem erhält der Lehrer in den präzisierten Lehrplänen, in der Fachzeitschrift und in den „Unterrichtshilfen“ wertvolle Vorgaben für eine effektive Unterrichtsplanung.

#### 8.1.6.5. Die praktische Erprobung der Experimente und die Bereitstellung der Experimentiergeräte

Grundsätzlich sollte jeder Versuch vor seinem Einsatz in dem Raum erprobt werden, in dem der Fachunterricht stattfindet. Der Lehrer gewinnt dadurch Sicherheit im Aufbau und in der Durchführung, er überzeugt sich davon, daß alle benötigten Teile und Hilfsgeräte bereitstehen und funktionstüchtig sind, und er findet den Aufbau, der am übersichtlichsten und am rationellsten ist. Er vermeidet damit Situationen, die

<sup>14</sup> Riehl, W.: Über ein System der geistigen Tätigkeiten und Fähigkeiten im Physikunterricht. In: Rationeller und effektiver Physikunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.

zur Störung des Erkenntnisprozesses, unter Umständen sogar zu Disziplinschwierigkeiten führen können.

Ganz besonders bei der Vorbereitung der Schülerexperimente kommt es darauf an, daß rechtzeitig alle erforderlichen Geräte in einwandfreiem Zustand bereitstehen und so aufbewahrt werden, daß sie ohne Zeitverlust verteilt und wieder eingesammelt werden können (↑ Abschnitt 5.3.).

Bei der praktischen Erprobung der Versuche wird der Lehrer auch an die Gefahrenquellen (↑ Abschnitt 5.4.) erinnert, die sich bei der Durchführung einzelner Experimente ergeben können. Er überlegt, welche *Hinweise* er geben und welche weiteren *Sicherungen* er ergreifen muß. Zeitraubende oder schwierige Messungen wird er schon bei der Vorbereitung durchführen und die gewonnenen Meßwerte notieren, damit sie in jedem Fall in der Stunde zur Verfügung stehen. Es ist auch zweckmäßig, im Zusammenhang mit dem Versuch bereits das *Tafelbild* zu entwerfen.

## **8.2. Die Auswertung der gehaltenen Unterrichtsstunden**

Die *Besinnung* nach jeder Unterrichtsstunde und nach jeder *Stoffeinheit* wird zunächst von der Frage ausgehen, ob das erreichte Niveau in der Bildung und Erziehung den angestrebten Zielen entspricht und ob der Unterricht so verlaufen ist, wie er geplant

Die Beantwortung dieser Frage führt weiter zu Einzelfragen, die die Mitarbeit der Schüler, die Qualität des Aneignungsprozesses, den gewählten methodischen Weg und den geplanten Aufbau der Stunde bzw. der Stoffeinheit, die eingesetzten Experimente, Arbeits- oder Anschauungsmittel, die Hausaufgabe, den zeitlichen Ablauf u. a. betreffen. Besonders die *Ursachen* für ein eventuelles Versagen soll der Lehrer gründlich und ehrlich gegen sich selbst feststellen (mangelnde Sicherheit im Lehrstoff, ungenügende Herausarbeitung des Wesentlichen, Disziplinschwierigkeiten und ihre Gründe, Arbeit nur mit einzelnen Schülern, geringes Experimentiergeschick, Mängel an den Experimentiergeräten, fehlende Zeit für Festigung und Systematisierung der Erkenntnisse usw.).

Dem noch weniger erfahrenen Lehrer wird empfohlen, die gewonnenen Einsichten in kurzen, stichwortartigen Notizen im Stoffeinheitenplan (nach unserem Vorschlag auf den Seiten 3 und 4 der „Hülle“) bzw. in der schriftlichen Stunden Vorbereitung festzuhalten.

In jedem Falle ist diese *Nachbesinnung* (kritisch-analytische Arbeit) eine gute Grundlage für die weitere Verbesserung der künftigen Planungsarbeit (schöpferisch-synthetische Arbeit). Sie dient damit auch der weiteren theoretischen Durchdringung der praktischen Unterrichtsarbeit.

## **8.3. Verzeichnis von Schülertätigkeiten, geordnet nach steigendem Schwierigkeitsgrad**

### *8.3.1. Schülertätigkeiten mit überwiegend aktiv-produktivem Charakter*

Anschauen, Betrachten von einfachen physikalischen Körpern, Erscheinungen, von Abbildungen und Modellen mit Konzentration auf vorgegebene Ziele.

Anschauen, Betrachten von komplexen Anordnungen unter vorgegebenen Aspekten.

Beobachten von Vorgängen und aktive Verarbeitung der Wahrnehmung auf der Grundlage des bereits erworbenen Wissens.

Beschreiben (mündlich, schriftlich) einfacher Sachverhalte in zusammenhängender, folgerichtig aufgebauter und sprachlich einwandfreier Darstellung.

Berichten über Erfahrungen, über Gelesenes, über Beobachtungen, über Prozeßabläufe.

Sammeln von Beobachtungsergebnissen im Gedächtnis.

Darstellen von beobachteten Sachverhalten in einem zweckmäßigen Schema.

Vorläufiges Erkennen bzw. Vermuten von sachlich begründeten Beziehungen zu bereits bekannten Erscheinungen.

Analysieren der Beobachtungsergebnisse.

Vergleichen:

- Aufsuchen des Gemeinsamen
- Aufsuchen des Unterscheidenden
- Erkennen des Wesentlichen
- Erkennen des Allgemeinen
- Erkennen des Besonderen Erkennen
- des Zufälligen Erkennen der
- Ähnlichkeiten.

Abstrahieren von unwesentlichen Erscheinungen bei den betrachteten Gegenständen und Vorgängen.

Zusammenfassen wesentlicher Merkmale (Synthese).

Bilden physikalischer Begriffe.

Verallgemeinern von Aussagen.

Mündliches und schriftliches Formulieren von Aussagen zur Beschreibung von Begriffen (Verbaldefinitionen, Zuordnungsdefinitionen, Nominaldefinitionen).

Auffinden des einem Begriff übergeordneten Gattungsbegriffes und Festlegung der artbestimmenden Merkmale (Realdefinition).

Anwenden der Definition und Überprüfung an neuen Sachverhalten.

Einordnen, Überordnen, Nebenordnen, Unterordnen von verwandten Begriffen.

Systematisieren von Erfahrungen und Erkenntnissen mit Hilfe der definierten Begriffe.

Verknüpfen der Begriffe zu qualitativen Aussagen bzw. Urteilen.

Erfassen der wesentlichen quantitativen Eigenschaften physikalischer Begriffe.

Erkennen der Merkmale einer physikalischen Größe.

Beschreiben des festgelegten Meßverfahrens.

Definieren der Einheit (Maßeinheit).

Bilden von Teilen und Vielfachen der Einheiten.

Umrechnen von Einheiten ineinander.

Anwenden physikalischer Größen zur quantitativen Beschreibung physikalischer Sachverhalte.

Erkennen, Formulieren eines Problems, Erfassen der Problemsituation.

Aufstellen einer Hypothese bzw. einer Vermutung zur Lösung des Problems.

Festlegen eines Beobachtungszieles (mündliche, schriftliche Formulierung).

Planen eines Untersuchungsverfahrens, Festlegung des Ablaufes eines geeigneten Experimentes.

Auswählen zweckmäßiger Experimentier- bzw. Meßgeräte, Abschätzen des Meßbereiches.

Planen des Ablaufes und des Umfanges der Untersuchung.

Einschränken bzw. Begrenzen der Versuchsparameter durch Vereinfachung der Fragestellung, durch Isolation unwesentlicher Effekte.

Entwerfen eines zweckmäßigen Versuchsprotokolles.

Anfertigen einer Schaltskizze.

Aufbauen der Versuchsanordnung.  
 Schätzen der zu erwartenden Werte.  
 Durchführen von Einzelmessungen bzw. von Meßreihen.  
 Analyse der Meßergebnisse: Vergleich der Meßreihen; Aufsuchen von halbqualitativen Beziehungen: Wenn . . . , dann . . . ; Je . . . , desto . . .  
 Entwerfen eines Diagramms zur graphischen Darstellung der Meßergebnisse.  
 Festlegen geeigneter Maßstäbe für die Eintragung der physikalischen Größen.  
 Richtiges Bezeichnen der Achsen. Übertragen der Meßwerte in das Diagramm.  
 Auswerten des Diagramms: Vermuten einer mathematischen Funktion. Überprüfen der Vermutung durch Rechnung (Quotientenbildung, Produktenbildung ...).  
 Ablesen von Wertepaaren aus dein Diagramm: Interpolieren. Abschätzen der Möglichkeit zur Extrapolation über die Meßreihe hinaus. Feststellen und Deuten der Streuung der Meßwerte. Formulieren des Versuchsergebnisses in Worten, in einer Gleichung. Diskussion der Größengleichung.  
 Vergleichen mit der Ausgangshypothese (Bestätigung, Widerlegung). Bestimmen und Erläutern eines evtl. auftretenden Proportionalitätsfaktors aus dem Bild einer graphischen Funktion. Einführen neuer physikalischer Größen zur zweckmäßigen Darstellung physikalischer Sachverhalte. Planmäßiges Verändern des Versuchsaufbaues: Festhalten einzelner Parameter und Verändern bestimmter Größen.  
 Begründen der Versuchsergebnisse.  
 Begründen der Abweichungen von den erwarteten Ergebnissen. Analysieren der Fehler, Aufdecken ihrer Ursachen. Beschreiben von physikalischen Erscheinungen unter Verwendung von physikalischen Modellen (Deuten, Erklären).  
 Erläutern der Aufgaben und der Grenzen von Modellen. Gewinnen hypothetischer Aussagen aus den eingeführten Modellen. Überprüfen der Vermutungen durch Experimente. Feststellen der Widerspruchsfreiheit zu anderen Erfahrungen. Erkennen größerer Zusammenhänge zwischen verschiedenen Erscheinungen  
 durch strukturelle Betrachtungen,  
 durch energetische Betrachtungen,  
 durch Feldebetrachtungen.  
 Einordnen gewonnener Erfahrungen in physikalische Leitlinien.  
 Anwenden physikalischer Gleichungen zur deduktiven Gewinnung neuer Erkenntnisse. Mathematisches Umformen von Größengleichungen.  
 Erkennen der gegebenen und der gesuchten Größen in angewandten Aufgaben. Einsetzen der physikalischen Größen in die aufgelöste Gleichung. Abschätzen des erwarteten Ergebnisses. Kontrollieren des Ergebnisses mit der Einheitenprobe.  
 Ablesen von Werten aus einfachen Nomogrammen. Sicheres Anwenden des Rechenstabes.  
 Erkennen der praktisch-technischen Bedeutung physikalischer Erkenntnisse. Erfassen und Verstehen des physikalischen Prinzips, das einfachen technischen Geräten oder Hilfsmitteln zugrunde liegt. Anwenden von physikalischen Kenntnissen zur Lösung einfacher technisch-konstruktiver Aufgaben.  
 Schöpferisch-kombinierendes Anwenden gewonnener Erkenntnisse. Berichten über Erkundungsaufträge in Haushalt oder Produktionsbetrieben.

Begründen der ökonomischen Bedeutung bestimmter physikalisch-technischer Erkenntnisse.

Verständnisvolles Lesen von Lehrbuchtexten: Erfassen des Wesentlichen.

Anfertigen von Konspekten oder Exzerpten aus Zeitschriftenaufsätzen, aus Artikeln in der Tagespresse, aus einfacher Fachliteratur.

Aufsuchen von Gleichungen, Fachtermini, Naturkonstanten u. a. aus Formelsammlungen, Lexika, Wissensspeichern . . .

Einprägen wesentlicher Erscheinungen, Größen, Definitionen, Gleichungen.

### 8.3.2. *Schülertätigkeiten mit überwiegend rezeptivem Charakter*

Vorlesen und Berichten über die Hausaufgaben.

Beantworten von Lehrerfragen im abfragenden Unterrichtsgespräch.

Zuhören beim Lehrervortrag.

Zusehen beim Experimentieren, Ausführen von Experimenten in gleicher Front bei schrittweiser Anleitung.

Niederschriften von Merksätzen, von Musterlösungen physikalischer Aufgaben.

Skizzieren eines Versuchsaufbaues nach Vorgabe. Abschreiben von Meßreihen, Diagrammen. Abzeichnen von Schaltskizzen. Mitrechnen von Aufgaben, die an der Tafel vorgerechnet werden u. a. m.

## Anhang

### Übersicht zur Thematik im Physikunterricht der Klassen 6 bis 12

#### Klasse 6 (Lehrplan 1967)

1. Einführung in den Physikunterricht
2. Körper und Stoff
  - 2.1. Eigenschaften physikalischer Körper, die Aggregatzustände
  - 2.2. Volumen und Körper
  - 2.3. Bewegung fester Körper
  - 2.4. Kraft und ihre Wirkungen auf Körper
  - 2.5. Masse eines Körpers
  - 2.6. Dichte eines Stoffes
  - 2.7. Aufbau der Stoffe aus Teilchen, Verhalten von Form und Volumen der Körper
  - 2.8. Verhalten des Volumens der Körper beim Erwärmen und Abkühlen
  - 2.9. Temperatur eines Körpers
  - 2.10. Zustandsänderung eines Körpers durch Erwärmen
  - 2.11. Wärmeausbreitung in Stoffen
  - 2.12. Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladungen
3. Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen
4. Geometrische Optik
  - 4.1. Lichtquellen und Lichtausbreitung
  - 4.2. Reflexion des Lichts
  - 4.3. Brechung des Lichts
  - 4.4. Optische Geräte

#### Klasse 7 (Lehrplan 1968)

1. Die Kraft und ihre graphische Darstellung
2. Arbeit, Energie und Leistung in der Mechanik
  - 2.1. Mechanische Arbeit
  - 2.2. Arbeit an einfachen kraftumformenden Einrichtungen
  - 2.3. Mechanische Energie
  - 2.4. Mechanische Leistung
3. Mechanik der Flüssigkeiten und Gase

- 3.1. Druck in abgeschlossenen Flüssigkeiten und Gasen
- 3.2. Schweredruck und seine Wirkungen
- 3.3. Druckverhältnisse in strömenden Flüssigkeiten und Gasen

#### Klasse 8 (Lehrplan 1970)

1. Wärmelehre
  - 1.1. Wärmeenergie
  - 1.2. Zustandsgleichungen für ideales Gas
  - 1.3. Energieumwandlungen
2. Elektrizitätslehre
  - 2.1. Ladung, Stromstärke und Spannung
  - 2.2. Elektr. Arbeit, Energie und Leistung
  - 2.3. Elektrischer Widerstand, Ohmsches Gesetz
- 2.4. Unverzweigter und verzweigter Stromkreis

#### Klasse 9 (Lehrplan 1970)

1. Mechanik
  - 1.1. Grundlagen der Kinematik
  - 1.2. Grundlagen der Dynamik
  - 1.3. Energie
  - 1.4. Kreisbewegung
  - 1.5. Gravitation
2. Elektrizitätslehre
  - 2.1. Elektrisches Feld
  - 2.2. Magnetisches Feld
  - 2.3. Elektromagnetische Induktion
  - 2.4. Elektrische Leitungsvorgänge
3. Praktikum

#### Klasse 10 (Lehrplan 1971)

1. Kernphysik
  - 1.1. Atombau
  - 1.2. Elementarteilchen
  - 1.3. Atomkerne
  - 1.4. Entwicklung und Bedeutung der Atomphysik

- |   |   |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none"> <li>2. Schwingungen</li> <li>2.1. Mechanische Schwingungen</li> <li>2.2. Elektromagnetische Schwingungen</li> <li>3. Wellen</li> <li>3.1. Mechanische Wellen</li> <li>3.2. Elektromagnetische Wellen</li> <li>4. Gesamtwiederholung und Systematisierung</li> <li>4.1. Schwingungen und Wellen (Lehrervortrag mit Experimenten)</li> <li>4.2. Energieerhaltungssatz (Lehrervortrag mit Experimenten)</li> <li>4.3. Praktikum</li> <li>4.4. Weitere Wiederholung</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>4. Energieerhaltungssatz</li> <li>5. Regelungen</li> <li>5.1. Systematisierung wichtiger Kenntnisse über Regelungsprozesse und Anwendung physikalischer Vorgänge bei Regelungen</li> <li>5.2. Lektion: Bedeutung der Erforschung kybernetischer Systeme für die Beherrschung der Regelungsvorgänge in Natur, Technik und Ökonomie</li> <li>6. Praktikum</li> </ul> |
|---|---|

Klasse 11 (Lehrplan 1969)

- 1. Welle-Teilchen-Dualismus
  - 1.1. Welleneigenschaften des Lichts
  - 1.2. Welleneigenschaften von Teilchen
  - 1.3. Quanteneigenschaften des Lichts
  - 1.4. Modelle der Atomhülle
  - 1.5. Überblick über die historische Entwicklung der Lichttheorien
- 2. Kinetische Gas- und Wärmetheorie, Hauptsätze der Wärmelehre
  - 2.1. Gesetze des idealen Gases
  - 2.2. Grundlagen der kinetischen Gastheorie und Wärmetheorie
  - 2.3. Erster und zweiter Hauptsatz der Wärmelehre
- 3. Praktikum (Teil 1)
- 4. Mechanik I
  - 4.1. Geschwindigkeit, Beschleunigung und Bewegungsgleichungen
  - 4.2. Arbeit und Leistung
  - 4.3. Impuls
- 5. Praktikum (Teil 2)

Klasse 12 (Lehrplan 1970)

- 1. Mechanik II
  - 1.1. Drehbewegung
  - 1.2. Wiederholung und Lösung von weiteren Aufgaben aus dem Gebiet der Mechanik
- 2. Felder
  - 2.1. Begriff des Feldes
  - 2.2. Gravitationsfeld
  - 2.3. Elektrisches und elektromagnetisches Feld
- 3. Aus der speziellen Relativitätstheorie

# Literaturverzeichnis

## Literatur zum Kapitel 1

- Dannemann, F.: Der naturwissenschaftliche Unterricht auf praktisch-heuristischer Grundlage. Hahnsche Buchhandlung Hannover und Leipzig 1907.
- Didaktik des Biologieunterrichts. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966.
- Drefenstedt, E.: Rationelle Gestaltung der Unterrichtsstunde. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem. Staatsverlag der DDR, Berlin 1965.
- Grimsehl, E.: Didaktik und Methodik der Physik. Becksche Verlagsbuchhandlung München 1911. Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968 (Übersetzung aus dem Russischen). Hahn, K./Töpfer, E.: Methodik des physikalischen Unterrichts. Quelle und Meyer, Heidelberg, 3. Auflage 1963, 2 Bände. Itelson, L.: Mathematische und kybernetische Methoden in der Pädagogik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967. Keune, H.: Grundriß der allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.
- Klaus, G.: Spezielle Erkenntnistheorie. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966.
- Klaus, G.: Kybernetik und Erkenntnistheorie. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1967. Klein, H.: Didaktische Prinzipien und Regeln. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1961.
- Leitungstätigkeit und Pädagogik. Staatsverlag der DDR, Berlin 1968. Meyer, G.: Kybernetik und Unterrichtsprozeß. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1965.
- Mothes, H.: Methodik und Didaktik der Naturlehre. Aulis Verlag Frankenberg—Eder 1957. Operationsforschung — Technik, Praxis, Philosophie. Wissenschaftliche Schriftenreihe der Humboldt-Universität, Berlin 1968. Physikunterricht — Methodisches Handbuch für den Lehrer. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1961.
- Poske, F.: Didaktik des physikalischen Unterrichts. B. G. Teubner, Leipzig und Berlin 1915. Rationaler und intensiver Physikunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Einen nahezu vollständigen Überblick über alle Arbeiten, die sich mit Fragen der Methodik des Physikunterrichts befassen, erhält man in der „Information und Dokumentation der Technischen Hochschule Karl-Marx-Stadt (Leitstelle Physik)“, die zur Zeit mehr als 15000 Nachweise umfaßt.

## Literatur zum Kapitel 2

- Beiträge zur Erziehung zum selbständigen Denken. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960.
- Dietz, B.: Zielorientierung im Unterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1969.
- Frankiewicz, H.: Technik und Bildung in der Schule der DDR. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968. Lange, E., Perner, G. und Polzin, P.: Sozialistische Erziehung in der Schulpraxis. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

- Nürnberger, H., Rudolf, R. und Wiehle, O.: Leitung von Arbeitsgemeinschaften. In „Schriftenreihe Ganztägige Bildung und Erziehung“. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Schwidtmann, H.: Zur weltanschaulichen Erziehung und Bildung der Oberschüler. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962.
- Suchomlinski, W.: Über die Erziehung des kommunistischen Menschen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.
- Unser Bildungssystem — wichtiger Schritt auf dem Wege zur gebildeten Nation. Materialien der 12. Sitzung der Volkskammer der DDR und das Gesetz über das einheitliche sozialistische Bildungssystem. Staatsverlag der DDR, Berlin 1965.
- Untersuchungen des Denkens in der sowjetischen Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.
- Wie wir die Kinder lehren, selbständig zu denken und zu arbeiten. Aus den Erfahrungen sowjetischer Lehrer. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962.

### **Literatur zum Kapitel 3**

- Klingberg, L. u. a.: Abriß der Allgemeinen Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967. Lichtenegger, F. und W. Sperk: Zum Lehrstoff—Zeit-Problem. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966. Pädagogische Wissenschaft und Schule (Konferenzmaterialien), Bände 1 bis 3. Herausgegeben vom Deutschen Pädagogischen Zentralinstitut. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1964. Rubinstein, S. L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1961. Wenzel, E.: Geordneter Bildungsstoff — projektiertes Wissen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.

### **Literatur zum Kapitel 4**

- Abriß der allgemeinen Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Berge, M. und W. Salzwedel: Differenzieren ja — aber wie? Die Begabungen jedes Schülers können besser entwickelt werden. In „Deutsche Lehrerzeitung“, 15 (1968), Nr. 35, S. 4.
- Fabian, Z.: Der pädagogische Wert der Gruppenarbeit. In „Vergleichende Pädagogik“, 4 (1968), S. 155 bis 169.
- Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Hofmann, F.: Allgemeinbildung — eine problemgeschichtliche Studie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Klein, H./Tomaschewsky, K. u. a.: Schulpädagogik, Teil I, Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.
- Meier, A.: Modell des Unterrichts mit hochschulähnlichen Lehr- und Lernformen in den oberen Klassen. In „Pädagogik“, Jg. 1965, H. 12.
- Meyer, E.: Gruppenunterricht. 4. Auflage. Worms 1964. Das Buch enthält eine sehr umfangreiche Literaturzusammenstellung zum Gruppenunterricht.
- Okon, W.: Individuelles Lernen und Gruppenarbeit im Unterricht. In „Vergleichende Pädagogik“, 4 (1968).
- Pictzsch, (i.: Ein Betrieb wird besichtigt. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1965.
- Rausch, E.: Zur didaktisch-methodischen Gestaltung des Lernens in Schülergruppen. In „Vergleichende Pädagogik“, 4, (1968).
- Resnikow, L. J.: Über die fakultativen Physikkurse. Fizika v škole Moskva 28 (1968) 3 (russ.).

### **Literatur zum Kapitel 5**

- Amende, D.: Untersuchungen und Beobachtungen über Möglichkeiten der Vertiefung und Festigung, insbesondere bei der Wiederholung. Pädagogische Lesung 1968.
- Astronomieunterricht — Methodisches Handbuch für den Lehrer. Von einem Autorenkollektiv. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.

- Bogojawlenski, D. N., und N. A. Mentschinskaja: Psychologische Probleme des Kenntniserwerbs in der Schule, Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962.
- Clauss, G./Hiebsch, H.: Kinderpsychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962.
- Danilow, M. A.: Über den Unterrichtsprozeß in der sowjetischen Schule. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.
- Didaktik des Biologieunterrichts. Von einem Autorenkollektiv. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962.
- Didaktische Prinzipien der deutschen demokratischen Schule. In: Verordnung über die Durchführung der Unterrichtsstunde. Die neue Schule. Berlin 1951.
- Drefenstedt, E.: Rationelle Gestaltung der Unterrichtsstunde. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Engels, F.: Ludwig Feuerbach und der Ausgang der klassischen deutschen Philosophie. Dietz Verlag, Berlin 1948.
- Fey, P.: Informationstheorie. Akademie-Verlag, Berlin 1963.
- Geiger, K.: Induktive und deduktive Methode. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Grimsehl, E.: Didaktik und Methodik der Physik. Becksche Verlagsbuchhandlung, München 1911.
- Grundlagen der Methodik des Physikunterrichts. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968 (Übersetzung aus dem Russischen).
- Hahn, H.: Physikalische Freihandversuche, 3 Bände. Otto Salle Berlin 1905, 1907, 1912.
- Hahn, K./Töpfer, E.: Methodik des physikalischen Unterrichts. 2 Bände, Quelle und Meyer Heidelberg 1962 bzw. 1963 (3. Auflage).
- Haspas, K.: Aufbauphysik — Theorie und Praxis. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1956.
- Haspas, K.: 25 Versuche aus der Optik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1955.
- Hering, D.: Zur Faßlichkeit naturwissenschaftlicher und technischer Aussagen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959.
- Ileun, H.G.: Die Schülerübung. In: Schulpädagogik, Teil I, Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.
- Heyder, W.: Die Stellung des Freihandversuchs im System der Experimente des Physikunterrichts und seine Bedeutung für die Entwicklung des Erkenntnisvermögens der Schüler. Inauguraldissertation an der Philosophischen Fakultät der Universität Rostock 1967.
- Heyer, Ch.: Schülerübungen im Chemieunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959.
- Itelson, L.: Mathematische und kybernetische Methoden in der Pädagogik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.
- Kerscheneiner, G.: Wesen und Wert des naturwissenschaftlichen Unterrichts. Verlag Oldenburg, München-Düsseldorf 1952 (4. Auflage).
- Keune, H.: Grundriß der Allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.
- Klaus, G.: Kybernetik in philosophischer Sicht. Dietz Verlag, Berlin 1963.
- Klaus, G.: Semiotik und Erkenntnistheorie. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1968.
- Klaus, G.: Spezielle Erkenntnistheorie. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966.
- Klaus, G.: Wörterbuch der Kybernetik. Dietz Verlag, Berlin 1967.
- Klaus, G./Burh, M.: Philosophisches Wörterbuch. Bibliographisches Institut Leipzig, o. J.
- Klein, H.: Didaktische Prinzipien und Regeln. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960
- Klein, H./K. Tomaschewsky u. a.: Schulpädagogik, Teil I, Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.
- Klimpel, P.: Erziehung und Entwicklung der Persönlichkeit. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Klimpel, P.: Zur Begriffsbildung in der Unterstufe. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.
- Klingberg, L.: Pädagogische Führung und Selbsttätigkeit in der sozialistischen Schule. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962.
- Klingberg, L. u. a.: Abriß der allgemeinen Didaktik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.

- Knöchel, W.: Grundlagenprobleme der Pädagogik in kybernetischer Sicht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Landa, L. N.: Algorithmische Verfahren im Unterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Landa, L. N.: Kybernetik und Unterrichtstheorie. In: Sowjetwissenschaft, Gesellschaftswissenschaftliche Beiträge. Jg. 1963, H. 1.
- Lautenschläger, K.-H.: Zur Entwicklung der chemischen Schülerübungen in Deutschland. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963.
- Leontjew, A. N.: Probleme der Entwicklung des Psychischen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1964.
- Lompscher, J.: Kenntniserwerb und geistige Entwicklung in der Unterstufe. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Marx, K.: Das Kapital. Band I. Dietz Verlag, Berlin 1951.
- Meyer, G.: Kybernetik und Unterrichtsprozeß. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1965.
- Mueller, W.: Unterrichtliche Probleme des physikalischen Praktikums. Pädagogische Lesung 1967.
- Neidhardt, P.: Einführung in die Informationstheorie. VEB Verlag Technik, Berlin 1957.
- Neuner, G.: Sozialistische Bildungskonzeption und Einheit von Bildung und Erziehung. In „Pädagogik“, Jg. 1965, H. 2.
- Neuner, G.: Zu einigen Grundfragen der sozialistischen Erziehung. In „Pädagogik“, Jg. 1961, H. 5/6.
- Okon, W.: Der Unterrichtsprozeß. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1957.
- Oppermann, L.: Zur weltanschaulichen Bildung und Erziehung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962.
- Parthey, H./Wahl, D.: Die experimentelle Methode in Natur- und Gesellschaftswissenschaften. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1966.
- Physikunterricht — Methodisches Handbuch für den Lehrer, Von einem Autorenkollektiv. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1961.
- Probleme der Lerntheorie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Rationaler und intensiver Physikunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Richtlinie für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerunterrichtlichen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften vom 25. Mai 1967. In „Verfügungen und Mitteilungen des Ministeriums für Volksbildung und des Staatlichen Amtes für Berufsausbildung“ Nr. 12/1167 vom 30. Juni 1967.
- Rosenfeld, G.: Zur Theorie und Praxis der Lernmotivation. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1964.
- Rossa, E.: Das naturwissenschaftliche Experiment als Mittel der Erziehung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959.
- Rubinstein, S. L.: Das Denken und die Wege seiner Erforschung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1961.
- Rubinstein, S. L.: Grundlagen der allgemeinen Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1962.
- Rubinstein, S. L.: Sein und Bewußtsein. Akademie-Verlag, Berlin 1964.
- Schreiter, H.: Zur Typologie der physikalischen Schülerübungen. Dissertation an der Techn. Universität Dresden, 1967.
- Teplow, B. N.: Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960.
- Unterrichtshilfen, Physik, 6. Klasse. Von einem Autorenkollektiv. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.
- Unterrichtshilfen, Physik, 7. Klasse. Von einem Autorenkollektiv. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Uhlig, A.: Komponenten der Unterrichtsgestaltung. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1960. Weck, H.: Selbständiges Problemerkennen und Problemlösen. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966.
- Wedekind, W.: Erfahrungen bei der Durchführung lehrplanverbindlicher Schülerexperimente im Physikunterricht der Klasse 6. Pädagogische Lesung 1967.

- Weiß, H.: Schülerübungen. In: Pädagogische Enzyklopädie. Band II. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.
- Wygotski, L. S.: Denken und Sprechen. Akademie-Verlag, Berlin 1964.
- Wygotski, L. S.: Die geistige Entwicklung der Kinder im Unterrichtsprozeß. Moskau—Lenin-grad, 1935 (russ.)

### **Literatur zum Kapitel 6**

- Itelson, L.: Mathematische und kybernetische Methoden in der Pädagogik. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967. Kelbert, II.: Programmierter Unterricht und Anwendung moderner Lernhilfsmittel. In: Pädagogische Enzyklopädie. Band II. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.
- Klaus, G.: Kybernetik in philosophischer Sicht. 2. Auflage. Dietz Verlag Berlin 1962.
- Knöchel, W.: Grundlagenprobleme der Pädagogik in kybernetischer Sicht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1966. Landa, L. N.: Die Ausbildung der Schüler in den Methoden des rationellen Denkens und das Problem der Algorithmen, In: Kybernetische Probleme in Pädagogik und Psychologie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1963 (Psychologische Beiträge, Abteilung II, Heft 3). Leontjew, A. N./Galperin, P. J.: Die Theorie des Kenntniserwerbs und der programmierte Unterricht. In: Probleme der Lerntheorie. Volk und Wissen Volkseigener Verlag Berlin 1966. Meyer, G.: Kybernetik und Unterrichtsprozeß. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1965. Aktuelle Probleme des programmierten Unterrichts. In „Sovjetskaja pedagogika“. Moskau 30 (1966), H. 1.
- Richter, E. O.: Die Selbsttätigkeit der Schüler im programmierten Physikunterricht. Dissertation am Deutschen Pädagogischen Zentralinstitut, Berlin 1967. Teltzrow, M.: Erste Untersuchungen zur Programmierung des Physikunterrichts in einer 6. Klasse. Pädagogische Lesung 1965.

### **Literatur zum Kapitel 7**

- Backe, H.: Das physikalische Lehrmittel. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1959.
- Backe, H.: Experimentiertechnik im naturwissenschaftlichen Unterricht an den berufsbildenden Schulen. Verlag Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1954.
- Brunstein/Fischer: SEG „Halbleiter-Hochfrequenz“ Fa. Erwin Pahl, Berlin-Weißensee.
- Clauß, G.: Tafelbilder im Chemieunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1965.
- Das Experiment im Chemieunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968.
- Didaktik des Biologieunterrichts. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1962.
- Heise, G.: Anleitung zum Schülerexperimentiergerät Mechanik. VEB Metallbau und Labor-möbelwerk Apolda.
- Heise, G.: Anleitung zum Schülerexperimentiergerät Kalorik. VEB Metallbau und Labor-möbelwerk Apolda.
- Heise/Pöttsch/Roth: Versuche mit dem SEG Optik. VEB Polytechnik Karl-Marx-Stadt.
- Heise, G.: SEG „Elektrik“ Fa. Erwin Pahl, Berlin-Weißensee.
- Keune, H.: Grundriß der allgemeinen Methodik des Chemieunterrichts. Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin 1963.
- Reetz, D.: Das Arbeiten an der Wandtafel. In: Praktiker unterrichten — Pädagogische Hinweise für den Unterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.
- MfV. Richtlinien für den Arbeits- und Brandschutz im naturwissenschaftlichen Unterricht und in der außerunterrichtlichen Arbeit auf dem Gebiet der Naturwissenschaften vom 25. Mai 1967. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1967.

## Literatur zum Kapitel 8

- Aufgabenstellung des Ministeriums für Volksbildung und des Zentralrats der FDJ zur weiteren Entwicklung der staatsbürgerlichen Erziehung der Schuljugend der DDR vom 9. April 1969.
- In „Deutsche Lehrerzeitung“ (1969), Nr. 19. Dietzel, K.: Die Aufgaben des naturwissenschaftlichen Unterrichtes in den nächsten Jahren beim schrittweisen Aufbau des einheitlichen sozialistischen Bildungssystems. In „Physik in der Schule“, 5 (1967), H. 4.
- Eggert, K./Eggert, R.: Komplexe Planung von Stoffeinheiten. In „Pädagogik“, (1964), H. 7.
- Kotschwar, W.: Thematische Planung von Unterrichtseinheiten. In „Pädagogik“ (1965), H. 10.
- „Ökonomie des Studierens“ Bergakademie Freiberg, Fernstudium, Best.-Nr. 100/19/2. Riehl, W.: Über ein System der geistigen Tätigkeiten und Fähigkeiten im Physikunterricht. In: Rationaler und intensiver Physikunterricht. Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1968. Stoffverteilungspläne. In „Physik in der Schule“
- Klasse 6 (zum Lehrplan 1967) 5 (1967), H. 5.
  - Klasse 7 (zum Lehrplan 1968) 6 (1968), H. 2.
  - Klasse 8 (zum Lehrplan 1969) 7 (1969), H. 1.
  - Klasse 9 (zum Lehrplan 1959) 3 (1965), H. 7 und 8. 4 (1966), H. 1.
  - Klasse 10 (zum Lehrplan 1959) 3 (1965), H. 9. 4 (1966), H. 1.
  - Vorbereitungsklasse 9. 5 (1967), H. 7/8.
  - Vorbereitungsklasse 10. 6 (1968), II. 6. Ulbricht, W.: Die gesellschaftliche Entwicklung in der DDR bis zur Vollendung des Sozialismus. Dietz Verlag Berlin 1967. Verordnung über die Sicherung einer festen Ordnung an den allgemeinbildenden Schulen — Schulordnung -. Gesetzblatt der DDR 1967, Berlin 27. XL 1967, Teil II Nr. III.
- Wohlert, W.: Lehrprogramm für die Weiterbildung der Physiklehrer. In „Physik in der Schule“ 7 (1969), H. 7/8.

### Quellennachweis der Bilder

Bischoff, H., Weimar: 32 • Brunlein, W., Güstrow: 62a • EKO Fotostelle, Eisenhüttenstadt: 22a • Haspas, K., Berlin: 42a, 42b, 57a bis c, 59 • Heise, G., Dresden: 76, 77, 79 • Humboldt-Universität, Berlin: 20b bis f, 21 b bis e, 26, 38, 39, 50a, 50b, 51a, 51b • Lechner, H., Berlin: 34 • Menschel, H., Dresden: 23a • Nationale Forschungs- und Gedenkstätte, Weimar: 13 • PGH Folostudio Leipzig, Leipzig: 78 • Schmidt, K., Berlin: 20a • VEB Metallbau und Labormübehwerk, Apolda: 71, 72a, 72b, 73 • VEB Polytechnik, Karl-Marx-Stadt: 74 • VWW -Archiv, Berlin: 9, 13, 22c, 58, 60b • VW V Seifert, M., Berlin: 13, 25 a bis d, 33, 41, 49 • Wendt, J., Güstrow: 22d • Carl Zeiss, Jena: 24a.

# Register

- Abhängigkeit, funktionale 49  
— kausale 49  
Ablaufplan 240  
Abstraktion, negative 175  
— positive 175  
Abstraktions-prozeß 125, 135  
— reihen 95, 220  
Abstraktions- und Konkretionsreihen 125  
affin 132, 135, 216  
Affinitätsgrad 216  
algorithmische Vorschrift 111  
Algorithmus 110, 113, 168  
Altersbesonderheiten 86  
Analogie-betrachtungen 93, 246  
— methode 162  
— versuche 153, 155  
analytisch-synthetische Methode 98  
Anforderungen, differenzierte 247  
Anordnung — des Lehrstoffes 9, 254  
Anregung 185, 188  
Anschaulichkeit 95  
Anschauungs-mittel 215  
— tafeln 220  
Anwendung 108, 128, 157, 217  
— gesellschaftlich nützliche 51  
Anwendungsanfragen 143  
Anweisung 185  
Arbeitsbögen 74  
Arbeiten 147  
Arbeit  
— an der Tafel 97  
— häusliche — der Schüler 144  
— mit dem Buch 97, 104  
— mit dem Schulbuch 143  
— mit Geräten und Modellen 97  
— mit programmierten Materialien und Unterrichtsmaschinen 97  
Arbeiten, experimentelle 143  
Arbeitsblatt 144, 186, 211, 224, 243  
Arbeitsgemeinschaften, Arten der — 72  
— außerschulische 80  
— Formen der — 74  
— freie 72  
— gebundene 73  
— Lehrmittelbau 75  
— physikalische 61  
— physikalisch-technische 80  
— Ziele der — 72  
Arbeits- und Brandschutz 193, 227  
Arbeitsweise, gemeinschaftliche 182, 191  
— getrennte 182, 191  
Aspekte der Philosophie 63  
Aspekt, facheigener 52  
— fachübergreifender 52  
— informationstheoretischer 94  
— kybernetischer 89  
— pragmatischer 224  
— syntaktischer 224  
— übergreifender 29, 242  
Atommodell 07  
Aufbau-geräte 135  
— physik 135, 229  
Aufbewahrung der Schülerexperimentiergeräte 234  
Aufgaben, das Lösen spezieller — 143  
— erhöhten Schwierigkeitsgrades 74  
— praktische 147  
Ausbildung, allseitige — der sozialistischen Persönlichkeit 51  
Ausgangsniveau 241, 245, 249  
Aussagebestätigung 179  
Aussagen, qualitative 251  
Ausstellungsecken 73  
Auswahl — des Bildungsgutes 39  
— des Lehrstoffes 9  
Auswertung 250  
Bedingungen, innere 87  
Befragung, verdichtete 146  
Begabtenförderung 82  
Begriff 41, 43  
— und Merkmale des programmierten Unterrichts 197  
— physikalischer 41  
Begriffs-bildung 136  
— System 41  
Beobachtungs- und Arbeitsaufträge 241  
Bereitstellung der Schülerexperimente 235  
Berufs-findung 80  
— vorbereitung 77  
Besichtigung 76, 240  
Betrachtungen, historische 114  
Beurteilung 247  
Bewertung, Kontrolle und — 180  
Bildung 43  
— wissenschaftliche 36  
Bildungs-gut 39  
— ziele 242  
Bildung, die Stellung physikalischer — im sozialistischen Bildungssystem 19  
Bildungs- und Erziehungsprozeß 85  
— Modellierung des —ses 90  
Bildung und Erziehung, geistige 29, 35, 52  
— ideologische 29, 30  
— polytechnische 29, 33, 52  
— weltanschauliche 31, 52  
black box (Schwarzer Kasten) 118, 139  
Blockstunde 69  
Buchillustrationen 220  
Darbietung — des Lehrstoffes 9, 97  
Deduktion 108, 112  
— Methoden der Induktion und — 98  
Definition — des Begriffs 41  
—sfragen 146  
Denkaufgaben 143  
Demonstration 97  
—sexperimente 103  
Denken, funktionales und technisches 135  
— konstruktives und technisches 119  
Denkprozeß 41  
Denk- und Arbeitsverfahren 48  
Denkverfahren 43 didaktische —  
Prinzipien und Regeln 90  
— Vereinfachung 93  
Differenzierung 38  
— innere 70, 183  
— differenziertes Eingehen 242  
Doppelstunde 69  
Durchdringung 62  
— philosophische 63  
— polytechnische 65  
Einfluß, gesellschaftlicher 73  
Einführung — eines neuen Gegenstandes 103  
— in ein neues Gebiet 98  
— sversuche 104  
Eigenschaften, quantitative 251  
Einheit des Historischen mit dem Logischen 115  
Einsatz von Lehrprogrammen 206  
Einstein 124  
Einzelunterricht 70  
Emotionen 159  
Energie 190  
— Versorgung 226  
Entwicklungsreihen 118  
— tendenzen 16  
Erarbeitung des zu Lernenden 98  
Ergebnisse, Kontrolle der — 145  
Erkenntnis-abläufe 246  
— prozeß 108, 128, 138, 147, 150  
— schritte 249  
— lätigkeit 248  
Erziehung, ideologische 70  
— sozialistische 36  
— staatsbürgerliche 64, 244  
Exkursion 76  
Experiment (↑ Versuch) 147  
— als Anschauungsmittel 215  
— äquivalente — e 174  
Experimentierregeln 160  
Experimentier-raum 225  
— prozeß 150  
Extrapolation 109, 252  
— experimentelle 279  
Fach-ausdrücke 92  
— lehrplan 39  
Fähigkeiten 49  
— technische 33  
Feddersen 123  
Feinstruktur 248  
Feldbegriff 47  
Fernsehen 221  
Festigung 246  
— des Gelernten 98, 141  
Film 220  
Folge von Lehr- und Arbeitsaufgaben 118  
Forderungen, optimale 37  
Forschungs-experiment 148  
— methoden 16  
— Unterricht 139  
Förderung, individuelle 83, 247  
— zurückgebliebener und begabter Schüler 208  
frontale — Arbeit 69  
— r Unterricht 69  
— Freihand-versuch 153, 209  
— Zeichnung 221  
Freizeitbeschäftigung, gelenkte 72  
Funktion, Unterricht liehe 98  
Führung, pädagogische 37  
Form, erscheinungsaffine 216  
— inaffine 216  
— merkmalsaffine 21

- Gedankenexperiment 114, 153, 156  
 Gefahrenquellen 193  
 genetische (entwickelnde) Methoden 98  
 Geräte 104 Gesamtstundennote 247  
 — Zusammenfassung 246  
 gesellschaftlich nützliche Anwendung 51  
 gesellschaftlicher Einfluß 73  
 Gesetze, physikalische 41, 42  
 Gesetzmäßigkeiten 12, 13  
 Gespräch 97  
 — sthemen 74  
 Gestaltung von Schul-Kreisolympiaden 82  
 Glieder, didaktische 248  
 Goethe 116 Graphen 170  
 Grobstruktur 248  
 Großklasse 69  
 Größe, physikalische 41, 42, 251  
 Grundformen, didaktische 97  
 — methodische 98, 105  
 Grundkönnen 241  
 Grundsätze 12, 14  
 — allgemeine methodische 14, 15  
 — spezielle methodische 14, 15  
 Grundüberzeugung, moralische 52  
 — wellenschaulich-philosophische 52  
 Grundwissen 41, 241, 248  
 Gruppenarbeit 70  
 — bildung 71  
 — demonstration 174  
 — Unterricht 70
- Haftafeln** 223 llab-jahresarbeiten 84  
 — klassen 69  
 Hausaufgaben 246, 247  
 Hertz 123  
 Hervorhebung des Kausalen 48  
 Hochschulvorbereitung 66  
 Huygens 124  
 Hypothese 179, 251
- Idealisierung** 114, 153  
 inaffin 132, 135  
 Individualisierung 197 individuelle außerschulische Tätigkeit 83  
 Induktion 108, 112  
 — exakte 16, 109  
 — generalisierende 110, 16  
 — Methoden der — und Deduktion 98
- Informationsaufnahme** 50, 210  
 — fluß 94  
 — theorie 151, 166, 223  
 — träger 223  
 — und Kommunikationstheorie 223  
 — — und speicherung 89, 210  
 — Verarbeitung 50, 89
- inputs 139, 140  
 Interpolation, experimentelle 179  
 Interpolieren 252  
 Intensivierung des Unterrichts 196  
 Interesse 72  
 —gemeinschaften 80  
 —ninduktion 82  
 Invarianten des Unterrichts 242
- Jahresarbeiten** 147, 241  
 Jahrgangsklasse 69
- Kant** 116  
 Klassenarbeiten 147  
 — leiterplan 238  
 — plan 54  
 — einteilung der Experimente 152  
 — unterrichtssystem 70  
 Klassifikation der Methoden 97  
 Kollektiverziehung 181  
 Konfliktsituation 138, 159  
 Konkretionsreihen 128, 144
- konstruktives und technisches Denken 119  
 Konsultationsstunden 84  
 Kontrolle 246  
 — der Ergebnisse 145  
 — und Bewertung 180  
 Koordinierung 38  
 Können 249  
 Kurssystem der Weilerbildung 239  
 kybernetischer Aspekt 89
- Lehrgegenstand** 148  
 Lehrer-experiment 158  
 — tätigkeiten 246, 249  
 — vortrag 103, 143, 247  
 Lehrfilm 240  
 Lehrgang 52  
 — linearer 53  
 — konzentrischer 53  
 — stufenförmiger 53  
 Lehrgänge, fakultative 75  
 Lehrgerät, abstrahierendes 218  
 Lehrmaschine 199  
 Lehrmaterialien, programmierte 199  
 Lehrplan 39, 53, 54  
 — werk 20, 39, 53  
 Lehrprogramm 198  
 — Entwicklung und Erprobung eines — 199  
 — für den Physikunterricht 203  
 — für die Weiterbildung 239  
 — (I ogenstandskomplex eines — s 199  
 — Lehrexperimente mit — en 208  
 — Methodenkomplex eines -s 199  
 — Schülerexperimente mit -en 209  
 — Voraussetzungenkomplex eines — s 199  
 — Zielkomplex eines — s 198  
 Lehrsystem, objektiviertes 197  
 — programmiertes 197  
 Lehrton 223  
 Lehr- und Lernaufgaben, Folge von — 122  
 Lehr- und Lernmittel 214  
 Lehrweise 97  
 — anleitende 103, 97  
 — anregende 97, 103, 145  
 — darbietende 97, 103  
 Leistungskontrolle 178, 247  
 — stetige 247  
 Leitlinie 44, 53, 190  
 Leitungs-Organisationswissenschaften 17  
 Lernalgorithmus 108  
 Lernmotive 158  
 Lernprozeß 41 Lernweise 97  
 — applikative 98, 142, 145  
 — produktive 98, 142, 145  
 — reproduktive 97, 142, 145  
 — rezeptive 97, 142  
 Lichtbild 220  
 Lieblingsbeschäftigung 83  
 Linien, facheigene 28  
 — fachübergreifende 28, 30  
 Literaturkartei 240  
 Literatur, physikalischorientierte — 83  
 Logik, formale 112 Lösung des Problems 138 Lösungsgarantie 111
- Manipermhaftafel** 223  
 Mathematisierung 113  
 Meraner Reformvorschläge 9  
 merkmalsaffin 132, 135  
 Merksätze 247  
 Methode 85, 96  
 — abstrahierende und konkretisierende 98  
 — analytisch-synthetische 98, 104, 144  
 — deduktive 112  
 — der Induktion und Deduktion 98  
 — der Modellierung 154  
 — der physikalischen Wissenschaft 47  
 — der verbundenen Induktion und Deduktion 104  
 — des Versuchs und Irrtums 141  
 — experimentelle 147  
 — forschende 98, 144  
 — genetische (entwickelnde) 98  
 — historisierende (geschichtsbetrachtende) 98, 114  
 — historisierend-genetische 122  
 — vorwiegend deduktive 104  
 Methodenwechsel 94  
 Methodik, spezielle 9, 102  
 — moderne 11  
 Mittel, methodologisches 147  
 Modell 89  
 — Bau von — en 147  
 — ideelles 154  
 — inneres 90, 140, 158  
 — materielles 154  
 — vergegenständlichtes 154  
 modellieren 89  
 Modellierung 90  
 — des Bildungs- und Erziehungsprozesses 90  
 Modellversuche 155  
 — — technische 153  
 — Vorstellungen 153, 96  
 Motivation 153, 159, 245  
 Motive 158  
 Muster 134, 206
- Nachahmen, Vormachen und — 185  
 Nachbesinnung 250 Nachbildungen 217  
 — konkretisierende 218  
 Niveaulufe 241  
 Netzwerkplanung 17  
 Newcomen 123  
 Newton 124
- Objektivierung** 197  
 Operationen, geistige 35  
 Operationsforschung 17  
 Organisation — des Unterrichtsprozesses 85  
 — sformen des Unterrichts 69  
 Orientierungsgrundlage 158  
 — punkte 158  
 Originale 217  
 Originalgerät 116  
 Outputs 139, 140
- Papin** 123  
 Parallelversuche 162, 174  
 Patentschriften 116  
 Persönlichkeit, allseitige Ausbildung der sozialistischen — 51  
 — Einheit der - 87  
 Persönlichkeitsformung 12, 85  
 Philosophie, Aspekt der — 53  
 physikalische-Gesetze 41, 42  
 — Größen 41, 42, 251  
 — Prozesse 41, 42  
 physikalisches, konstruktives und technisches Denken 120  
 physikalisch-orientierte Literatur 83  
 physikalische Bildung, Stellung und Funktion 19  
 physikalisch-technische Arbeitsgemeinschaften 80  
 physikalische Wissenschaft, Methode der - 16, 48  
 Physikmethodik, klassische 9  
 Physikolympiade der sozialistischen Länder 83  
 Physikolympiaden 81  
 Physikunterricht 19  
 — Aufgaben des — s 26  
 — facheigener Aspekt des — s 27  
 — fachübergreifender Aspekt des — s 27  
 — Ziele und Aufgaben des — s 19

- Planung der Stoffeinheiten 240  
— kombinierte 243  
— komplexe 243  
polytechnische-Bildung 76  
— Durchdringung 65  
— Kabinette 77  
Popow 123  
Pionier- und Jugendakademie 81  
Pragmatik 18  
Praktikum, physikalisches 189  
Praxis 108  
Prinzip — der Faßlichkeit 93, 133  
— der Wissenschaftlichkeit 91  
Problem 251  
— bewußtsein 178  
— findung und Problemlösung 105  
— lösung 138  
— methode 118  
— situation 108, 123, 137, 138, 158  
— stellung 138, 158, 178, 217  
— stellung und Problemlösung 144  
— unterricht 137  
— versuche 138, 159  
Programm, subjektiviertes 197  
— objektiviertes 197  
programmierter Unterricht 146  
programmierte Versuchsmaterialien 188  
Programmierung, lineare 199  
Produktionsbetriebe 77  
Prozesse, physikalische 41, 42  
— stochastische 14
- Querverbindung 177**
- Randbedingungen 14**  
Rationalisierung 16, 164  
Realdefinition 251  
Reformpädagogik 11  
Regel 160  
— prozeß 151  
Reihenversuche 162  
Roger Bakon 122  
Rückkopplung 197
- Schallplatten 116  
Schaltskizze 251  
Schlußfolgerungen, deduktive 247  
Schnittmodelle 153  
Schulbuchlex 223  
Schulexperiment, Durchführung des — es 160  
Schulfernsehen 221  
Schulordnung 238, 248  
Schülerexperiment 74, 147, 148, 158, 172, 177, 250  
— Definition des — s 158  
Schülerexperimentiergerät 228  
— Aufbewahrung der — e 234  
— Bereitstellung der — e 235  
Schüler-demonstrationsexperiment 172, 173  
— hausesperiment 172, 191  
— praktikumsexperiment 172  
— referat 104, 146  
— tätigkeiten 143, 146, 246, 249  
— Übung 172  
Schülerübungsexperiment 172  
— im allseitigen Angriff eines Problems 181, 183  
— in gleicher Front 181  
— in getrennt-gemeinschaftlicher Arbeitsweise 181  
— in prinzipieller Übereinstimmung 181, 182  
— in regelloser Arbeitsweise 181, 184  
Schüler — versuch 144, 172  
— vortrage 74
- Schwarzer Kasten (black box) 118, 139  
Schwierigkeitsgrad, Aufgaben erhöhten -es 74  
Selbsttätigkeit 37  
Semantik 18, 168  
sematische Stufen 93  
Semiotik 93, 166  
Sigmatik 18, 168  
Sowjetpädagogik 11  
sozialistisches Bildungssystem, Stellung physikalischer Bildung im — 19  
Sprache 223  
Steuerung 197  
Steuerungs- und Regellingsvorgänge 89  
Stoff 85  
— einheiten 241  
— erarbeitung 178, 179  
— komplex 241  
— Planung der - 240  
— Vertiefung 178  
— Wiederholung 179  
Stromversorgung 227  
Struktur 152, 217  
— elemente 150  
— muster 206  
Stufen, semantische 93  
Stundenthema 242, 245  
Stundenlyp 101  
Synthese 251  
Systematik, fachwissenschaftliche 52  
— pädagogische 52  
Systematisierungen 246  
— des Bildungsgutes 42  
Systeme 217  
Systemdenken 175  
Systemtheorie 217
- Tafel-bild 250  
— Zeichnung 221  
Tätigkeit — des Lehrers im programmierten Physikunterricht 209  
— des Schülers im programmierten Physikunterricht 211  
— manuelle 50  
— selbständige — der Schüler 97  
Teilchenstruktur 40, 67  
Thematische Planung 241  
Tonbänder 116  
trial and error Theorie (Versuch und Irrtum) 139, 199  
Typologie der Unterrichtsstunden 102
- Umwelteinflüsse, aktive Erfassung der — 51  
Unfallschutzbelehrungen 79  
Unterricht, fakultativer 60, 73  
— herkömmlicher 190, 197, 205  
— kombinierter 197  
— programmierter 146, 195, 196, 205  
Unterrichts-einheit 09  
— führung 249  
Unterrichtsgespräch 143  
— heuristisches 103, 247  
— katechetisches 145  
Unterrichtshilfen Physik 243  
Unterrichts-methode 96  
— — historisierende 115  
— mittel 12  
Unterrichtsmodell — von Drefenstedt 150  
— von Tomaschewsky 118  
Unterrichtsstoff 39, 52
- Unterrichtsstunde 69  
— Aufbau in der — 160  
— Typologie der — n 102  
Unterrichts-verlauf 248  
— ziele 245  
Überprüfung der Ergebnisse 08  
Überraschungsversuche 138, 159
- Verallgemeinerungen, weltanschauliche 143**  
Verbalurteile 145  
Vereinfachungsreihen 108, 133  
Vergleichen 217  
Verinnerlichung 85  
Versuchsanordnung, Zusammenstellung von — en 75  
Versuche, adäquante 164, 174  
— analoge 164, 174, 175  
— differenzierende 164  
— homologe 175  
— kongruente 164, 174  
— qualitative 167  
— quantitative 167  
— variierte 161  
Versuchsaufbauten, fertige 160  
Versuch und Irrtum (trial and error) 119, 139  
Versuchsmaterialien, programmierte 188  
Versuchsprotokolle 180, 251  
Vorbereitung 237  
Vorführen 103  
Vorgehen, forschendes 104  
Vormachen und Nachahmen 185  
Vorschriften, algorithmisch 111, 205  
Vortrag 97  
Vortragsthemen 74  
Vorzeigen 103
- Wahrheiten, relative 141**  
Wahrscheinlichkeitscharakter 14  
Wandbilder 116  
Wandtafel 221  
Wandzeitungen, Gestaltung von 75  
Watt 123  
Wasser-anomalie 110  
— an-schluß 228  
Wärmeenergie 228  
Wechselbeziehungen 62  
— zum Chemieunterricht 66  
— zum Mathematikunterricht 68  
— zum polytechnischen Unterricht 67  
Weiterbildung 239  
— der Lehrer in Kursen 239  
— Kurssystem der 239  
— Lehrprogramm für die — 239  
Weiterführungsexperiment 179  
Weitschweifigkeit 125  
weltanschauliche  
Verallgemeinerungen 143  
Weltanschauung 31  
Weltbild 31  
— wissenschaftliches 32  
Wettbewerbe 81  
Wiederholbarkeit 161  
Wiederholung 178  
Widersprüche 159  
— äußere und innere 88  
Wissensspeicher 104, 143
- Zeitplanung 240**  
Zensuren 145  
Ziel des Physikunterrichts 19, 36  
Zusammenfassung 246  
Zwischenziele 248