Erläuterung des Lehrplanes Physik



Erläuterungen des Lehrplanes Physik

Akademie
der Pädagogischen Wissenschaften
der Deutschen Demokratischen Republik

Klaus Liebers

Der Lehrplan Physik der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule

---

Inhaltliche und didaktisch-methodische Erläuterungen

Volk und Wissen
Volkseigener Verlag Berlin
1988

Die Entwicklung der Erläuterungen zu den Lehrplänen wird inhaltlich angeleitet und koordiniert durch eine Arbeitsgruppe der APW, der angehören:
Prof. Dr. Harald Meixner (Leiter)
Prof. Dr. Hans-Jörg König
Prof. Dr. Hans Leutert
Prof. Dr. Günter Schulze

Liebers, Klaus:
Der Lehrplan Physik der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule: Inhaltl. u. didaktisch-methodische Erl./Klaus Liebers. – 1. Aufl. – Berlin: Volk u. Wissen. 1988. – 79 S.
NST: Erläuterungen des Lehrplans Physik

ISBN 3-06-022197-9

1. Auflage
© Volk und Wissen Volkseigener Verlag, Berlin 1988
Lizenz-Nr. 203 · 1000/88 (E 02 21 97-1)
Printed in the German Democratic Republic
Schrift: 9/10
Gesamtherstellung: Polydruck, BT Coswig
Einband: Herbert Lemme
Typografische Gestaltung: Atelier vwv
Redaktionsschluß: 30. November 1987
LSV 0645
Bestell-Nr. 709 400 8
00400

Inhalt

	Vorwort	7
1.	**Ziele und Hauptrichtungen der Weiterentwicklung des Physiklehrplanes**	8
1.1.	Die Hauptfunktion des Physikunterrichts im Rahmen sozialistischer Allgemeinbildung	8
1.2.	Hauptrichtungen der Weiterentwicklung des Physiklehrplanes	9
1.2.1.	Weiterentwicklung des Inhalts des Physiklehrgangs	9
1.2.2.	Weiterentwicklung der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts	13
2.	**Inhalt und Aufbau des Physiklehrgangs**	22
2.1.	Überblick über die für die Allgemeinbildung ausgewählten physikalischen Grundlagen	22
2.2.	Der Aufbau des Physiklehrgangs	24
2.3.	Ziel-Stoff-Struktur des Physiklehrgangs	27
2.3.1.	Aneignung grundlegenden physikalischen Wissens	27
2.3.2.	Aneignung wissenschaftlicher Erkenntnismethoden	30
2.3.3.	Herausbildung von Einsichten in die Bedeutung der Physik für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt	36
3.	**Die didaktisch-methodische Umsetzung der Ziel-Stoff-Struktur des Lehrplanes**	38
3.1.	Der Physikunterricht in Klasse 6	38
3.2.	Der Physikunterricht in Klasse 7	46
3.3.	Der Physikunterricht in Klasse 8	55
3.4.	Der Physikunterricht in Klasse 9	60
3.5.	Der Physikunterricht in Klasse 10	67
	Literaturverzeichnis	78

Vorwort

Auf dem XI. Parteitag der SED wurden weitreichende Entwicklungen in unserer Gesellschaft beschlossen. Aus diesen Beschlüssen zur weiteren Gestaltung der entwickelten sozialistischen Gesellschaft und damit zur Meisterung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts ergeben sich qualitativ neue, höhere Anforderungen an die Bildung und Erziehung der jungen Generation. Dabei besteht auch künftig die Aufgabe der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule darin, die Jugend umfassend auf die Arbeit, auf das Leben in der sozialistischen Gesellschaft vorzubereiten. Dies erfordert, die Anlagen und Fähigkeiten eines jeden Kindes optimal auszubilden, ihre Individualität zu entfalten, der Jugend ein breites, solides und ausbaufähiges Fundament der Allgemeinbildung, ein wissenschaftliches Weltbild zu vermitteln, die Jungen und Mädchen zu aktiven Mitgestaltern der sozialistischen Gesellschaft zu erziehen. In diesem Sinne ist es die Aufgabe der Oberschule, „die Grundlagen für die allseitige Entwicklung der Persönlichkeit, für Disponibilität und schöpferische Leistungsfähigkeit sicher zu legen, die die künftigen Facharbeiter, Ingenieure und Wissenschaftler benötigen" [1; S. 61].

In diese Aufgabe ordnet sich die Ausarbeitung des neuen Lehrplanes und der neuen Lehrbücher für den Physikunterricht ein. Ziel der vorliegenden Schrift ist es, das Wesen dieser Weiterentwicklung des Physiklehrplanes zu verdeutlichen.

1. Ziele und Hauptrichtungen der Weiterentwicklung des Physiklehrplanes

1.1. Die Hauptfunktion des Physikunterrichts im Rahmen sozialistischer Allgemeinbildung

Sozialistische Allgemeinbildung ist – ihrem humanistischen Wesen entsprechend – auf die Aneignung der menschlichen Kultur durch alle Menschen bezogen. Auf Grund der Auffassung von Allgemeinbildung als grundlegende, auf Allseitigkeit orientierte Persönlichkeitsentwicklung vereinigen sich in ihr die Aneignung wissenschaftlicher Kenntnisse, die Entwicklung von Fähigkeiten zum wissenschaftlichen Denken und zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden sowie die Herausbildung ideologischer Positionen, Haltungen und Charaktereigenschaften. Die Allgemeinbildung trägt dazu bei, feste Fundamente zu schaffen, auf denen im weiteren Leben und in der weiteren Bildung aufgebaut werden kann (vgl. [2; S. 16 f.]).

Unter den Bedingungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts, der untrennbar mit der weiteren Verwandlung der Wissenschaft Physik in eine unmittelbare Produktivkraft der Gesellschaft verbunden ist, kommt dem *Wissen aus der Physik* eine immer größere Bedeutung zu für die Tätigkeit im Beruf, für ein Verständnis der wissenschaftlich-technischen Entwicklungen auf unterschiedlichsten Gebieten und für den Umgang mit technischen Konsumgütern im Alltag. Der wissenschaftlich-technische Fortschritt ist weiterhin durch die immer umfassendere Nutzung physikalischer Erkenntnisse für Forschungen und Entwicklungen in anderen Naturwissenschaften und technischen Wissenschaften gekennzeichnet. Daher ist Wissen aus der Physik auch unentbehrlich für das Verständnis der Grundlagen aus anderen Naturwissenschaften und aus technischen Wissenschaften.

Bei der Aneignung physikalischer Begriffe und Gesetze lernen die Schüler solche *wissenschaftlichen Erkenntnismethoden* anzuwenden wie das Arbeiten mit Modellen, das Durchführen von Experimenten einschließlich des Beobachtens und des Messens sowie das Anwenden der Mathematik. Auf die Fähigkeiten im Anwenden dieser Methoden stützt sich auch der Unterricht in den anderen naturwissenschaftlichen Fächern und im Fach Einführung in die sozialistische Produktion, und diese Methoden finden zunehmend in immer mehr Bereiche menschlicher Tätigkeit Eingang.

Mit der Vermittlung exakten und anwendungsbereiten Wissens über physikalische Grundlagen, mit der Entwicklung der geistigen Fähigkeiten der Schüler entspricht der Physikunterricht am besten den Anforderungen an das Wissen und Können, die aus der dynamischen Entwicklung der Produktivkräfte folgen. Rascher Wechsel der Technologien und Erzeugnisse als Folge der Anwendung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts und die immer umfassendere Intensivierung aller volkswirtschaftlichen Bereiche erfordern eine größere Disponibilität der Menschen, die Fähigkeit, sich rasch auf neue Erfordernisse umstellen zu können, die Fähigkeit, Kenntnisse auf neue Zusammenhänge anzuwenden, mit dem Wissen und Können unter immer neuen Bedingungen zu operieren (vgl. [3; S. 9]). Die Entwicklung des Verständnisses der Schüler für die Natur und für die Gesellschaft, ihre Vorbereitung auf die Arbeit, auf das Leben in der sozialistischen Gesellschaft erfordern

zugleich die Erhöhung der *erzieherischen Wirksamkeit des Unterrichts*. Diese zielt auf die *Entwicklung eines wissenschaftlichen Weltbildes*, auf die *Herausbildung der Einsicht, daß die Ziele physikalischer Forschungen und die Ziele der Anwendungen physikalischer Erkenntnisse von den in der Gesellschaft herrschenden Kräften abhängen*, sowie auf die *Herausbildung von Eigenschaften und Haltungen der Schüler, die für ihre spätere Tätigkeit in der sozialistischen Gesellschaft von Bedeutung sind.* Solche Eigenschaften und Haltungen sind Disziplin, Willensstärke und Pflichtbewußtsein, Zuverlässigkeit, Gewissenhaftigkeit und Sorgfalt, Ehrlichkeit, Hilfsbereitschaft und Achtung vor dem anderen und dessen Arbeit. Nicht minder wichtig sind solche Charakterzüge wie Leistungswillen, Freundlichkeit, Empfindsamkeit und Sinn für alles Schöne. Und ebenso bedeutsam sind die Lust am Wissen und am Knobeln, der Drang nach Erkenntnis und die Fähigkeit zur Phantasie.

Die Möglichkeiten für die Erfüllung dieses Erziehungsauftrages des Physikunterrichts ergeben sich daraus, daß die Wissenschaft Physik mit ihren Erkenntnissen und Erkenntnismethoden einen wesentlichen Beitrag zur Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes erbrachte und erbringt. Sie ergeben sich weiterhin aus den vielfältigen Schülertätigkeiten zum Erkennen und zum Anwenden physikalischer Gesetze. Wesentlichste Voraussetzung für das Erreichen dieser Erziehungsziele ist die Gestaltung des Unterrichts als Prozeß der aktiven wissenschaftlichen Erkenntnis, in dem sich die Schüler exaktes und anwendungsbereites Wissen aneignen.

Aus dieser Sicht wurde die Hauptfunktion des Physikunterrichts bestimmt: *Die Hauptfunktion des Physikunterrichts im Rahmen sozialistischer Allgemeinbildung ist die Vermittlung von exaktem und anwendbarem Wissen über physikalische Grundlagen aus der Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre, Optik sowie Atom- und Kernphysik und das Befähigen der Schüler zum Anwenden solcher wissenschaftlicher Erkenntnismethoden wie das Durchführen von Experimenten, das Anwenden der Mathematik und das Arbeiten mit Modellen.*

1.2. Hauptrichtungen der Weiterentwicklung des Physiklehrplanes

Ausgehend von der Hauptfunktion des Physikunterrichts in der sozialistischen Allgemeinbildung, erfolgte im Lehrplan eine Weiterentwicklung des Inhalts und der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts. Alle diese Weiterentwicklungen sind untrennbar miteinander verbunden. Jede Veränderung in den Lehrplänen berührt das didaktisch-methodische Vorgehen im Unterricht und jede Veränderung in der didaktisch-methodischen Konzeption berührt Fragen der Stoffstrukturierung einschließlich der Streichung oder Neuaufnahme von Stoff (vgl. [4]).

1.2.1. Weiterentwicklung des Inhaltes des Physiklehrgangs

Die Weiterentwicklung des Inhaltes des Physiklehrgangs ist durch eine stärkere Konzentration auf physikalische Grundlagen, durch eine genauere Bestimmung des theoretischen Anspruchsniveaus für die Vermittlung dieser Grundlagen und verbunden damit durch eine umfassendere Erschließung der Potenzen des Unterrichtsstoffes für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes gekennzeichnet.

Stärkere Konzentration des Inhaltes auf physikalische Grundlagen. In Übereinstimmung mit gesellschaftlichen und wissenschaftlich-technischen Entwicklungen erfolgte im Lehrplan eine stärkere Konzentration auf physikalische Grundlagen. Die entscheidenden Kriterien dafür waren die Bedeutung physikalischer Begriffe, Gesetze und Theorien im System der Physik, in anderen Naturwissenschaften, in Technik und Produktion sowie die lebenspraktische Bedeutung dieser physikalischen Erkenntnisse.

Der größte Teil der Anwendungen der Physik in Naturwissenschaften, Technik, Medizin und Landwirtschaft stützt sich auf die klassische Physik. Selbst in modernsten Produktionsanlagen werden immer auch Gesetze der klassischen Physik als Wirkprinzipien genutzt. Mit den meisten wissenschaftlichen Geräten, die außerhalb der Physik Anwendung finden, werden Größen der klassischen Physik gemessen. Von der klassischen Physik gingen wesentliche Beiträge zur Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes aus. Und nicht zuletzt gestattet die Behandlung der klassischen Physik, die Schüler in altersgerechter Weise zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden zu befähigen. *Deshalb bilden Erkenntnisse und Anwendungen der klassischen Physik den Kern der für einen modernen Physikunterricht ausgewählten Unterrichtsstoffe.*

Zugleich bedeutet diese Position kein Abschirmen des Physiklehrgangs gegen die Aufnahme von neueren Erkenntnissen der Physik. So rücken in *einem modernen Physiklehrgang auch Elemente und Ergebnisse der Quantenphysik und der Relativitätstheorie ins Blickfeld der Allgemeinbildung, ohne daß im Unterricht explizit von diesen Theorien gesprochen oder deren mathematischer Apparat oder deren Modelle* benutzt werden. Beispiele hierfür sind die Behandlung der Leitungsvorgänge in Halbleitern, der Energiefreisetzung durch Kernspaltung und Kernfusion, der Umwandlung von Elementarteilchen sowie die Behandlung von Ausblicken auf Eigenschaften und Anwendungen von Laserstrahlen sowie auf die Anwendung von Lichtleitkabeln zur Informationsübertragung.

Genauere Bestimmung des theoretischen Anspruchsniveaus. Die stärkere Konzentration des Physiklehrgangs auf physikalische Grundlagen ist aufs engste mit der genaueren Bestimmung des theoretischen Anspruchsniveaus für die Behandlung derselben verbunden. Bei der Ausarbeitung des Lehrplanes wurde von der Position ausgegangen, daß für die Erkenntnis der Natur, für das Verständnis der Anwendungen der Physik in der Technik und für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes ein ansprechendes theoretisches Niveau des Unterrichts notwendig ist. Ohne theoretische Verallgemeinerungen ist die Vielfalt der empirischen Tatsachen weder zu verstehen noch anwendungsbereit zu ordnen. Dabei wurde konsequent beachtet, daß diese *theoretischen Verallgemeinerungen auf der Grundlage von Experimenten einsichtig gemacht werden* und nicht allein das Ergebnis von Deduktionen sind, die viele Schüler nicht nachvollziehen können (vgl. [2; S. 64]).

Die Festlegung des theoretischen Anspruchsniveaus schloß ein, den Platz für die Behandlung der Grundlagen einer physikalischen Theorie im Lehrgang zu bestimmen, an dem diese Behandlung für die Aneignung anwendungsbereiten und übertragbaren Wissens, für die Entwicklung von Fähigkeiten zum Durchführen von Experimenten, zum Anwenden der Mathematik und zum Arbeiten mit Modellen im Physikunterricht und in anderen Fächern maximale Wirksamkeit verspricht.

Insgesamt bleibt es bei der Position, *theoretische Verallgemeinerungen frühzeitig einzuführen*, damit diese im weiteren Unterricht für das tiefere Verständnis des Wesens der Sachverhalte genutzt werden können.
Das theoretische Anspruchsniveau für die Behandlung von Grundlagen einer physikalischen Theorie weist im Verlaufe des Physiklehrgangs von Klasse 6 bis 10 selbst auch eine Entwicklung auf. So wird zum Beispiel bereits in Klasse 7 das Gesetz von der Umwandlung, Übertragung und Erhaltung der Energie behandelt. Diese theoretischen Zusammenhänge, die zunächst qualitativ formuliert werden, dienen im gesamten naturwissenschaftlichen und polytechnischen Unterricht zum tieferen Verständnis wesentlicher Vorgänge in Natur, Technik und Produktion. In Klasse 9 wird das Gesetz von der Erhaltung der Energie für mechanische Vorgänge quantitativ formuliert, wodurch aus diesem Gesetz mittels mathematischer Deduktionen neue physikalische Gesetze abgeleitet werden können.
Das theoretische Anspruchsniveau des Unterrichts wird weiterhin dadurch bestimmt, *wie bewußt die Schüler geistige und praktische Tätigkeiten ausführen.* Um den Beitrag des Physikunterrichts zur Aneignung anwendungsbereiten Wissens und zur Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens zu erhöhen, sind im Lehrplan das Arbeiten mit Modellen, das Anwenden von Experiment und Mathematik, das Erklären physikalischer Erscheinungen und Vorgänge, das Prüfen von Vermutungen und das Bestätigen von Voraussagen sowie das Interpretieren von Gleichungen und Diagrammen genauer ausgewiesen.
Im Ergebnis der genaueren Bestimmung des theoretischen Anspruchsniveaus wurde auf *theoretische Verallgemeinerungen verzichtet, aus denen auf Grund zu hoher Abstraktionen keine für die Schüler praktisch bedeutsamen Erkenntnisse gewonnen werden können.* So wird im neuen Lehrplan anstelle der Behandlung des idealen Gases mehr Wert auf das Verständnis für das Verhalten realer Gase gelegt. Auf die Behandlung der Gleichungen für die harmonische Schwingung, die Wechselstromstärke und die Wechselspannung wird verzichtet, weil aus diesen Gleichungen im Rahmen des mathematischen Wissens und Könnens der Schüler keine praktisch bedeutsamen Schlußfolgerungen abgeleitet werden können. Ohne die Grundgedanken der bisherigen Konzeption für die Behandlung der elektrischen Leitungsvorgänge aufzugeben, erfolgt dies jetzt auf der Grundlage anschaulicher Modelle für die Leitungsvorgänge in verschiedenen Medien und nicht mehr allein auf der Grundlage eines allgemeinen Modells.
Die genauere Bestimmung des theoretischen Anspruchsniveaus berührt auch Fragen der *didaktischen Vereinfachung* von Unterrichtsstoffen. Nach wie vor wird *wissenschaftliche Strenge in dem Sinne gefordert, daß sich der Unterricht an der Wissenschaft orientiert und daß kein Verstoß gegen die Wissenschaftlichkeit erfolgt.* Aus dieser Sicht wurden neue Möglichkeiten didaktischer Vereinfachungen bei komplizierten Sachverhalten erschlossen. So werden einige physikalische Größen (wie Kraft, elektrische Spannung, Kapazität) nicht mehr wie in der Wissenschaft Physik streng als abgeleitete physikalische Größen eingeführt, sondern im Rahmen didaktischer Vereinfachungen methodisch ähnlich wie Basisgrößen behandelt. Zugleich wurden wissenschaftlich unvertretbare Vereinfachungen wie die Deutung der Längenänderung mit Hilfe der Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen gestrichen.

Umfassendere Erschließung der Potenzen des Unterrichtsstoffes für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes. Die stärkere Konzentration des Inhalts auf physikalische Grundlagen und die genauere Bestimmung des theoretischen Anspruchsniveaus für deren Behandlung schaffen günstige Bedingungen für eine umfassendere Erschließung der Potenzen des Unterrichtsstoffes für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes.

Ein wesentliches Ziel der Erziehung der Schüler im Physikunterricht ist die *Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes, in dem die physikalischen Erscheinungen und Vorgänge in Natur und Technik einer physikalischen Erklärung zugeführt werden.* Deshalb wurde die Behandlung grundlegender Unterrichtsstoffe so akzentuiert, daß deren spezifische Potenzen für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes noch umfassender wirksam werden können. Durch die Weiterentwicklung des Inhaltes und dessen Strukturierung wurden Erkenntniswege geschaffen, die durch deren überzeugende Logik die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes fördern. So eignen sich die Schüler zum Beispiel auf der Grundlage des Wissens über die Hauptsätze der Thermodynamik wissenschaftliche Vorstellungen über den Energiehaushalt der Erde und den Energiehaushalt in der lebenden Natur an. Auf der Grundlage des Wissens über Halbleiterbauelemente werden wissensschaftliche Vorstellungen über die Mikroelektronik vorbereitet.

Die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes gründet sich neben der exakten und anwendungsbereiten Kenntnis physikalischer Gesetze auch auf einem *elementaren Gesetzesverständnis.* Durch das Erkennen der physikalischen Gesetze und durch deren Anwenden zum Erklären von Erscheinungen in Natur und Technik wird das Erklärungsbedürfnis der Schüler entwickelt und befriedigt. Für die Herausbildung eines elementaren Gesetzesverständnisses wurde in Klasse 8 als neuer Unterrichtsstoff eine Verallgemeinerung über das Wesen physikalischer Gesetze, über die Erarbeitung und Formulierung sowie über das Anwenden von physikalischen Gesetzen zum Erklären und zum Voraussagen von Vorgängen aufgenommen.

Der Physiklehrgang enthält auch einige auf Schwerpunkte orientierte Betrachtungen zur Geschichte der Entdeckung ausgewählter physikalischer Erkenntnisse. Diese historischen Betrachtungen dienen der Herausbildung des Verständnisses der Schüler für den Einfluß der Physik auf die Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes. Beispiele hierfür sind die Entdeckung des Luftdruckes, des elektrischen Ladungsausgleiches, des elektrischen Feldes oder des Gravitationsgesetzes.

Zur Herausbildung eines wissenschaftlichen Weltbildes im Physikunterricht gehört nicht zuletzt die *Vermittlung von elementaren Einsichten in die Bedeutung der Physik für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt.* Hierfür werden in einzelnen Stoffgebieten bei der Behandlung der Entdeckung und Anwendung ausgewählter physikalischer Gesetze Verbindungen zur Entwicklung der materiellen Produktion hergestellt. Durch solche historischen und aktuellen Betrachtungen soll bei den Schülern die Einsicht vermittelt werden, daß die Physik eine wesentliche Grundlage für die Gestaltung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts ist. So verstehen die Schüler am Beispiel der historischen Entwicklung der Nutzung der elektrischen Energie, wie die Physik immer mehr zur Produktivkraft wurde. Dabei erkennen sie an diesem Beispiel zugleich, wie die Nutzung der Erkenntnisse der Physik zur Entwicklung der menschlichen Kultur beigetragen hat. Diese

Betrachtungen werden in großen Entwicklungslinien bis zur Gegenwart geführt, wobei auch die Bedeutung der Mikroelektronik für die Entwicklung der Volkswirtschaft in der DDR hervorgehoben wird.

1.2.2. Weiterentwicklung der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts

Die didaktisch-methodische Konzeption des Physikunterrichts zielt entsprechend seiner Hauptfunktion auf die Sicherung vollständiger Lernprozesse, in denen sich jeder Schüler erfolgssicher das grundlegende Wissen und Können aneignet. Maßstab dieser didaktisch-methodischen Konzeption ist die Forderung „... Anzueignendes gründlich zu vermitteln, so lange an den Dingen zu arbeiten, bis sie bei den Schülern ‚sitzen', Erworbenes ständig zu festigen und zu vertiefen, immer wieder zu prüfen, ob das zu Lernende auch wirklich begriffen und zum geistigen Gut der Schüler geworden ist" [3; S. 19].
Hieraus ergeben sich unter Beachtung der Spezifik des Aneignungsgegenstandes und des Aneignungsprozesses die folgenden *Hauptrichtungen für die Weiterentwicklung der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts:*

- Gestaltung des Unterrichts als Prozeß des aktiven wissenschaftlichen Erkennens,
- Vermittlung physikalischer Grundlagen in enger Verbindung mit dem Leben,
- Gestaltung des Unterrichts aus der Sicht des Zusammenwirkens von längerfristigen und kurzfristigen pädagogischen Prozessen.

Gestaltung des Unterrichts als Prozeß des aktiven wissenschaftlichen Erkennens. Die Ziele des Physikunterrichts können nur in einem Unterricht erreicht werden, in dem die Schüler durch eigene Anstrengung, durch aktive Erkenntnistätigkeit Schritt für Schritt immer tiefer in die Erscheinungen eindringen, immer weiter und genauer zum Wesen der Erscheinung vorstoßen und das Wissen auf verschiedene Situationen anwenden lernen. Hierzu wurde *der im Lehrplan vorgezeichnete Erkenntnisprozeß entsprechend den der Wissenschaft zugrunde liegenden spezifischen Erkenntnismethoden profiliert.* Im Vordergrund stehen dabei das Beobachten, Messen, Modellieren, Experimentieren und das Darstellen von physikalischen Gesetzen mit Hilfe der Mathematik. Das kommt im Lehrplan in der *Konzentration der Schülertätigkeiten* auf solche Tätigkeiten zum Ausdruck wie

- Beobachten und Beschreiben von Erscheinungen und Vorgängen,
- Messen von physikalischen Größen,
- Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten,
- Erläutern von physikalischen Gesetzen an Beispielen,
- Interpretieren von Diagrammen und Gleichungen,
- Lösen von Aufgaben und Problemen, insbesondere Berechnen von physikalischen Größen und Entwickeln von Ideen für praktische Anwendungen der physikalischen Gesetze,
- Voraussagen und Erklären physikalischer Vorgänge,
- Bestätigen von Voraussagen und Überprüfen von Vermutungen im Experiment,
- theoretisches Herleiten von Gleichungen,
- Deuten von Erscheinungen und Vorgängen mit Hilfe von Modellen,
- Beschreiben des Aufbaus technischer Anlagen und Erklären der Wirkungsweise derselben.

Diese Schülertätigkeiten sind Unterrichtsstoff, sie dienen der Aneignung anwendungsbereiten Wissens und Könnens, und sie entwickeln die geistige Aktivität der Schüler. Damit diese Schülertätigkeiten die geistige und geistig-praktische Aktivität entwickeln, dürfen diese Tätigkeiten nicht Selbstzweck sein. Entwicklung der geistigen und geistig-praktischen Aktivität der Schüler hat ihre elementare Voraussetzung in einem Unterricht, der solide Kenntnisse vermittelt, zielorientiert ist, sich konsequent auf Wesentliches konzentriert, der klar gegliedert ist, die Vollständigkeit der didaktischen Funktionen aufs Ganze gesehen sichert und sich für die Schüler erkennbar auf die jeweilige Ausgangszielstellung bezieht (vgl. [4]). Erst dann wird den Schülern durch diese Tätigkeiten ein Weg in die Physik erschlossen, der die Anstrengung logischen Denkens mit dem Vergnügen am Entdecken und Knobeln vereint, um zugleich mit dem Wissen das „Fragenkönnen", Erkenntnisdrang, Erkenntnisoptimismus, Liebe zu Wissenschaft und Technik sowie Phantasie zu wecken. Und erst dann werden in diesen Tätigkeiten auch solche Verhaltenseigenschaften herausgebildet wie Sorgfalt, Genauigkeit, Umsicht, Bereitschaft zum kollektiven Arbeiten, Ausdauer, Ordnung, folgerichtiges Arbeiten und kritisches Werten der Ergebnisse.

Bei der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden gibt es vielfältige fachübergreifende Verbindungen. So sind alle diese Schülertätigkeiten mehr oder weniger mit der Entwicklung der Fähigkeiten zum *Beherrschen der Muttersprache* verbunden, denn die Sprache ist nicht nur Mittel zur Kommunikation, sondern sie ist ebenso Instrument des Denkens, bildet die materielle Existenzform der Begriffe, mit denen das Denken operiert. Geistige Analyse und Erkenntnis von physikalischen Zusammenhängen ist deshalb eng mit der sprachlichen Entwicklung der Schüler verbunden. Deshalb ist es notwendig, den Schülern ausreichend Gelegenheit zu geben, die physikalische Bedeutung neuer physikalischer Größen zu formulieren, neu erarbeitete physikalische Fachwörter in vollständigen Sätzen zum Beschreiben oder zum Erklären von Sachverhalten anzuwenden, die aufeinanderfolgenden Schritte beim Experimentieren, beim Anwenden der Mathematik oder beim Lösen von Aufgaben zu erläutern und den Inhalt von Größengleichungen darzulegen. Die Notwendigkeit, den Stoff frei zu reproduzieren und selbst darzulegen, aktiviert die sinnhafte Durchdringung des zu Lernenden. Hierbei ist auch zu beachten, daß die ersten eigenen Formulierungen der Schüler sich fest einprägen. Deshalb sind die im Physikunterricht zu lösenden sprachlichen Aufgaben nichts Zusätzliches, sie sind untrennbar mit der Aneignung physikalischen Wissens und Könnens und dessen Anwendung verbunden. Dafür ist im Physikunterricht das im Muttersprachunterricht entwickelte sprachlich-kommunikative Können aufzugreifen, zu nutzen und zielstrebig auszubauen. In diesem umfassenden Sinne orientiert der Physiklehrplan auf das muttersprachliche Prinzip bei der Gestaltung des Unterrichtsprozesses.

Die Mehrzahl der Schülertätigkeiten im Physikunterricht ist unmittelbar mit der *Anwendung des Experiments und der Mathematik* verbunden. Deshalb kommt beiden auch von Beginn des Physikunterrichts an solch große Bedeutung zu.

Das *Experiment* ist ein wichtiges Mittel für das Kennenlernen neuer physikalischer Erscheinungen und Vorgänge durch die Schüler, es ist insbesondere die wichtigste Quelle für das Erkennen physikalischer Gesetze, für das Überprüfen von Vermutungen und für das Bestätigen von Voraussagen. Mit dem Experiment kann

die Überführung physikalischer Gesetze in technische Anwendungen modelliert werden. Deshalb kommt der Weiterentwicklung des Einsatzes von Experimenten bei der Gestaltung des Unterrichts als Prozeß des aktiven wissenschaftlichen Erkennens eine Schlüsselrolle zu.
Das Wesentliche bei der *Weiterentwicklung des Einsatzes von Experimenten* in allen Klassenstufen besteht in

- der Verstärkung der geistigen Durchdringung der Experimente als Frage an die Natur durch das Bewußtmachen und durch das „Übersetzen" dieser Frage in eine Experimentieranordnung sowie durch das bewußte Gestalten der Auswertung von Beobachtungen und Messungen als Suchen nach der Antwort auf die Frage an die Natur,
- der Vermittlung von Wissen über die Planung von Experimenten und über Fehlerbetrachtungen,
- der Erhöhung der methodischen Vielfalt des Einsatzes von Experimenten im Erkenntnis- und im Übungsprozeß,
- dem zielgerichteten Erhöhen der experimentellen und der geistigen Anforderungen an die Schüler im Verlaufe eines jeden Stoffgebietes des gesamten Physiklehrgangs,
- einer besseren Abstimmung zwischen den Demonstrations- und Schülerexperimenten sowie in
- einer Erhöhung der Anzahl der Schülerexperimente im Hinblick auf die gesicherte Ausbildung bestimmter experimenteller Fertigkeiten.

Hierfür sind im Lehrplan die Angaben zu Inhalt, Umfang und Anforderungsniveau so genau wie möglich dargestellt. Innerhalb dieser Stoffangaben hat der Lehrer vielfältige Möglichkeiten, die Experimente in Abhängigkeit von den Interessen seiner Schüler, von den Besonderheiten der Unterrichtsmittelausstattung an der Schule und in Abhängigkeit von seinen eigenen experimentellen Erfahrungen zu variieren. Der Lehrer kann auch innerhalb bestimmter sachlich gegebener Grenzen entscheiden, ob das Experiment allein zum Erarbeiten des Gesetzes oder zuvor – in leicht veränderter Form – auch zur Problemfindung dient, ob es zum Bestätigen einer Voraussage oder in einer nachfolgenden Stunde nochmals zum Festigen des Gelernten eingesetzt wird. Der Erfolg aller dieser Varianten hängt in hohem Maße davon ab, wie jedes Demonstrations- und Schülerexperiment von der Durchführung bis zur Auswertung der Ergebnisse erprobt und dabei auch die Gestaltung des Tafelbildes bedacht wird.
Die Planung und die Auswertung von Experimenten, das Einführen physikalischer Begriffe, das Formulieren und Anwenden physikalischer Gesetze sind aufs engste mit der *Anwendung der Mathematik* verbunden. Auch für den Physikunterricht gilt in vereinfachter Weise die Feststellung, daß die Mathematik die Sprache der Physik ist. Deshalb kommt der Weiterentwicklung der Anwendung der Mathematik in der Gestaltung des Unterrichts als aktiven wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß eine große Bedeutung zu.
Die *Weiterentwicklung der Anwendung der Mathematik* zielt auf ein Verständnis der in den Gleichungen, Proportionalitäten und Diagrammen enthaltenen physikalischen Abhängigkeiten. Diesem Ziel dienen im neuen Lehrplan

- die Entwicklung des Verständnisses für den Sinn der Anwendung der Mathematik (durch das Lösen praxisbezogener Aufgaben, durch das selbständige

Formulieren von Aufgaben zur Anwendung von Gleichungen und durch das experimentelle Bestätigen von Berechnungen),
- die faßliche Anwendung der Mathematik (durch das Herausarbeiten der physikalischen Bedeutung physikalischer Größen, durch das behutsame Hinführen zu Gleichungen über Wortgleichungen, durch genaues Einhalten der jeweiligen Voraussetzungen aus dem Mathematikunterricht),
- die größere inhaltliche und methodische Vielfalt beim Lösen von Aufgaben (durch kalkülmäßiges und inhaltliches Lösen, durch Berechnen von Größen, durch Angeben von Tendenzaussagen oder von funktionalen Abhängigkeiten).
- das Vermitteln von Wissen über die Anwendung der Mathematik (durch Verallgemeinerungen über direkte und indirekte Proportionalitäten sowie über andere Abhängigkeiten, durch Anleitungen zum Interpretieren und zum theoretischen Herleiten neuer Gleichungen).

In den Klassen 9 und 10 werden den Schülern einige komplizierte Gleichungen in fertiger Form gegeben. Diese werden durch qualitative Betrachtungen vorbereitet, anschließend interpretiert, experimentell bestätigt und zum Lösen von Aufgaben angewendet. An diesen Gleichungen sollen die Schüler insbesondere auch auf das Anwenden physikalisch-technischer Gleichungen im späteren Berufsleben vorbereitet werden, in dem derartige Gleichungen meist Tafelwerken als fertige Gleichungen entnommen werden und der Schwerpunkt auf dem selbständigen Interpretieren und Anwenden liegt.

Für die didaktisch-methodische Gestaltung des Physikunterrichts bei der Anwendung der Mathematik orientiert der Lehrplan auf das *gezielte Aufgreifen der Vorleistungen des Mathematikunterrichts und auf die inhaltlich übereinstimmende Anwendung der mathematischen Mittel in beiden Fächern*. Dadurch werden sowohl die Aneignung physikalischen Wissens und Könnens als auch die Entwicklung der mathematischen Fertigkeiten gefördert. Für die Entwicklung des Könnens im Rechnen, im Umgang mit dem Taschenrechner einschließlich der Angabe von Ergebnissen mit sinnvoller Genauigkeit, im Umstellen von Gleichungen und für die Entwicklung des Verständnisses mathematischer Funktionstypen trägt nicht nur der Mathematikunterricht, sondern auch der Physikunterricht Verantwortung.

Für die Gestaltung des Unterrichts als Prozeß des aktiven wissenschaftlichen Erkennens haben neben dem Experiment auch andere *Unterrichtsmittel* große Bedeutung. Deshalb orientiert der Lehrplan auf den effektiven Einsatz von Realobjekten aus Natur und Technik, von Modellen für solche Objekte, von Tafelbildern und von anderen audiovisuellen Unterrichtsmitteln. Durch den Einsatz dieser Unterrichtsmittel werden das Erkenntnisinteresse der Schüler stimuliert, die Faßlichkeit und die Anschaulichkeit des Erkenntnisprozesses gesichert, Unterschiede im Denken der Schüler beachtet. In jeder Schulklasse ist davon auszugehen, daß sich die Schüler sowohl im Entwicklungsniveau des bildhaft-anschaulichen Denkens als auch im Entwicklungsniveau des abstrakt-logischen Denkens sowie im Verhältnis dieser zwei Denkformen zueinander unterscheiden. Um alle Schüler zu erreichen, muß sich der Unterricht sowohl auf das bildhaft-anschauliche Denken als auch auf das abstrakt-logische Denken stützen. Diesem Anliegen entsprechen insbesondere Tafelbilder und Übersichten in den Lehrbüchern und in den Schüleraufzeichnungen, in denen durch das gleichzeitige Benutzen von verbalen, formalen, zeichnerischen und mathematischen Elementen alle Schüler in jeweils spezifischer Weise angesprochen werden. Bei Vernachlässigung eines dieser

Elemente werden jene Schüler benachteiligt, bei denen diese Komponente des Denkens gegenüber anderen dominiert. Solche Übersichten sind eine Stütze für das Gedächtnis, wobei die Qualität der inneren Logik dieser Übersichten zugleich die Systemhaftigkeit des Wissens fördert.

Innerhalb des Einsatzes von Unterrichtsmitteln kommt dem *zielstrebigen Nutzen des Lehrbuchs* eine besondere Bedeutung zu. Die Gestaltung des Unterrichts als aktives wissenschaftliches Erkennen ist nicht allein an das Durchführen von Schülerexperimenten, an das Beobachten und Auswerten von Demonstrationsexperimenten oder an das Lösen von Aufgaben gebunden. Quelle und Mittel für ein aktives wissenschaftliches Erkennen kann ebenso das Lehrbuch sein. Bei dem Lernen aus dem Lehrbuch gilt es, auf dem in den einzelnen Klassenstufen im Muttersprachunterricht erreichten Niveau im Verstehen geschriebener Sachtexte anzuknüpfen. Das gilt für das Finden des Gedankenganges und der Hauptinformation eines Textes, für das Lesen eines Textes unter einem gegebenen Gesichtspunkt und für das Üben, den Sinn eines Textes schnell zu erfassen. Auch hierbei bieten sich dem Lehrer verschiedene Varianten für die Gestaltung des Unterrichts an. Der Lehrer kann zum Beispiel beim kombinierten Einsatz von Experiment und Lehrbuch zunächst ein Experiment zeigen und dann daraus die Frage ableiten, unter der der Lehrbuchtext zu lesen ist. Er kann diese Frage aber auch auf anderem Wege ableiten und das Experiment erst vorführen, nachdem die Schüler den Text unter dieser Frage gelesen haben. Der Lehrer kann die Hauptinformation eines Textes auch als Hausaufgabe finden lassen, und diese dann zum Gegenstand der nächsten Unterrichtsstunde machen. Alle diese Potenzen des Lehrbuchs für die Aneignung physikalischen Wissens und Könnens sowie für die geistige Entwicklung der Schüler bleiben ungenutzt, wenn im Lehrbuch nur eine Aufgabensammlung und ein häusliches Nachschlagewerk gesehen wird.

Innerhalb der Gestaltung des Unterrichts als Prozeß des aktiven wissenschaftlichen Erkennens gibt es für den Lehrer vielfältige Varianten für die Gestaltung seines Unterrichts. So kann der Lehrer bei der Behandlung des thermischen Verhaltens von Stoffen und Körpern in Klasse 6 die Reihenfolge des Unterrichtsstoffes sowohl nach dem Aggregatzustand der Stoffe (fest, flüssig, gasförmig) als auch nach physikalischen Erscheinungen ordnen, die in allen drei Aggregatzuständen auftreten (Temperaturänderung bei Wärmezufuhr, Volumenänderung bei Temperaturänderung, Auftreten von Kräften bei Temperaturänderungen, Änderung des Aggregatzustandes von festen Körpern und von Flüssigkeiten bei weiterer Temperaturerhöhung). Innerhalb der letzten Variante kann der Lehrer den Erkenntnisprozeß wiederum nach der Reihenfolge der Aggregatzustände oder danach ordnen, welcher Aggregatzustand mit Schülern der Klasse 6 experimentell und in der grafischen Auswertung am besten untersucht werden kann. Bei dieser Überlegung würde man wohl jeweils mit der Untersuchung von Flüssigkeiten beginnen.

Vermittlung physikalischer Grundlagen in enger Verbindung mit dem Leben. Entsprechend dem Charakter unserer Schule als polytechnische Schule besteht eine ebenso bedeutsame Hauptrichtung für die Weiterentwicklung der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts in der Vermittlung physikalischer Grundlagen in enger Verbindung mit dem Leben. Im didaktisch-methodischen Aufbau vieler Stoffeinheiten kommt dies darin zum Ausdruck, *daß bei der Einführung und Anwendung physikalischer Begriffe und Gesetze möglichst oft von inter-*

essanten Problemen aus der Technik ausgegangen wird, daß die *Linienführung für die Behandlung des Unterrichtsstoffes an praktisch bedeutsamen Fragen* orientiert wird, daß die Schüler sich *Größenvorstellungen über physikalische Größen in Natur und Technik* aneignen und daß die erarbeiteten *Begriffe und Gesetze nach einer ersten Festigung zur Lösung praxisbezogener Aufgaben angewendet werden.* Dadurch werden die physikalischen Begriffe und Gesetze zum Instrument für eine tiefere Erkenntnis der Praxis und erscheinen nicht mehr als abschließende „Krönung" einer Stoffeinheit. Eine solche Abfolge des Unterrichtsstoffes fördert das Verständnis der physikalischen Begriffe und Gesetze, begünstigt die Aneignung anwendungsbereiten Wissens, unterstützt die Herausbildung des Gesetzesverständnisses und öffnet den Blick der Schüler für die Bedeutung der Physik für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt.

Für die so verstandene Vermittlung physikalischer Grundlagen in enger Verbindung mit dem Leben hat sich im Unterricht ein Vorgehen nach folgenden Schritten bewährt:

- Wir beobachten und vergleichen in Natur und Technik.
- Wir vereinfachen/idealisieren die Erscheinungen und Vorgänge aus der Sicht der Physik.
- Wir untersuchen die Erscheinungen mit Hilfe von Messungen und mit Hilfe der Mathematik genauer.
- Wir fassen zusammen.
- Wir verdeutlichen uns den Inhalt der Gleichung, des Diagramms, der Tendenzaussage oder des Begriffes an einfachen Beispielen.
- Wir können erklären, voraussagen und neue Gesetze erkennen (vgl. [5; S. 14]).

Diese Schritte, die auch den Darstellungen in vielen Lehrbuchabschnitten zugrunde liegen, fördern die Motivation der Schüler und die Gestaltung des Unterrichts als aktives wissenschaftliches Erkennen, begünstigen die auf Schwerpunkte konzentrierte problemhafte Gestaltung des Unterrichts und zielen auf die Durchführung vollständiger Lernprozesse.

Innerhalb dieser Schritte bestehen für den Lehrer viele Variationsmöglichkeiten für die Gestaltung des Unterrichts. Diese beginnen bei der Auswahl der Erscheinungen und Vorgänge aus Natur und Technik, die als empirische Ausgangsbasis dienen, und führen über die Auswahl der Experimente bis zur Auswahl der Beispiele für Konkretisierungen der Abstraktionen. Eine wesentliche Quelle für die Auswahl solcher Beispiele sind die Erfahrungen der Schüler aus der produktiven Arbeit, aus dem Unterricht im Fach Einführung in die sozialistische Produktion und aus der alltäglich zu beobachtenden Technik. Dabei sind die Technik aus dem örtlichen Territorium der Schule, die Freizeittätigkeit der Schüler und die aus populärwissenschaftlichen Zeitschriften angeeigneten Kenntnisse von ebenso großer Bedeutung wie technische Großanlagen, die für den Unterricht in allen Schulen Bedeutung haben. Hieraus erwächst für jeden Lehrer die Verantwortung, sich um die Kenntnis der Arbeitswelt seiner Schüler in der produktiven Arbeit zu kümmern, die Betriebe im örtlichen Territorium und den Alltag der Schüler mit „physikalischen Augen" zu sehen sowie populärwissenschaftliche Zeitschriften und Sendungen im Fernsehen zu verfolgen.

Gestaltung des Unterrichts aus der Sicht des Zusammenwirkens von längerfristigen pädagogischen Prozessen. Von nicht minderer Bedeutung für die Erfüllung der Hauptfunktion des Physikunterrichts ist schließlich die Weiterentwicklung der

didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts aus der Sicht des Zusammenwirkens von längerfristigen und kurzfristigen pädagogischen Prozessen in der Wissensaneignung, in der Könnensentwicklung und in der Erziehung. Im Lehrplan wurde konsequenter beachtet, daß die *Aneignung von exaktem und anwendungsbereitem Wissen und die Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden längere Prozesse darstellen.*

Diesem Anliegen dienen verschiedene Maßnahmen. So wurde im Lehrplan der *Anteil konzentrischer Stoffanordnungen weiter vergrößert.* Die frühzeitige Einführung solch grundlegender Begriffe wie Kraft und Masse, die propädeutische Behandlung wesentlicher Inhalte der Newtonschen Mechanik und der Hauptsätze der Thermodynamik in Klasse 6, die frühzeitige Behandlung des Gesetzes von der Erhaltung der Energie in Klasse 7 oder das erste Kennenlernen der Gesetze von Stromkreisen in Klasse 8 ergibt sich nicht allein aus der zentralen Bedeutung dieser Unterrichtsstoffe für den nachfolgenden Physikunterricht und für andere Unterrichtsfächer. Das alles ist auch dadurch begründet, daß sich die Schüler Wissen über grundlegende Begriffe und Gesetze nicht durch eine einmalige Behandlung aneignen können. Es bedarf vielmehr vielfältiger Wiederholungen, Vertiefungen und Erweiterungen.

Diesem Anliegen dient die Aufnahme der Stoffeinheiten „Thermisches Verhalten von Körpern" (Klasse 8), „Gesetze in elektrischen Stromkreisen" (Klasse 9) und „Strahlenoptik" (Klasse 10), wodurch neben den physikalischen Praktika weitere Phasen der Festigung durch Wiederholung, Vertiefung, Erweiterung und Systematisierung geschaffen wurden. Auch die Einführung des Stoffgebietes „Energie in Natur und Technik" in Klasse 7 dient diesem Ziel. Das Wissen über die Umwandlung, Übertragung und Erhaltung der Energie erreicht eine höhere Qualität, weil dieses Wissen im nachfolgenden Unterricht bis Klasse 10 durch Anwendung auf immer weitere Sachverhalte mehrfach gefestigt, erweitert und systematisiert wird.

In Klasse 10 wurde die konzentrische Wiederholung von Unterrichtsstoffen der Mechanik, der Elektrizitätslehre und der Optik durch die Struktur der bisherigen Stoffgebiete Schwingungen und Wellen behindert. Hinzu kommt, daß diese Struktur das Verständnis des physikalischen Wesens der verschiedenen Schwingungen und Wellen erschwerte. Deshalb wurde für den Aufbau des Lehrgangs in Klasse 10 die Gliederung der Stoffgebiete in Mechanik, Elektrizitätslehre und Optik zugrunde gelegt.

Das konsequente Beachten des Zusammenwirkens von längerfristigen und kurzfristigen Prozessen führte im Lehrplan zu einer *genaueren Bestimmung und Nutzung der spezifischen Potenzen des Unterrichtsstoffes und des Aneignungsprozesses in den einzelnen Stoffgebieten für die Fähigkeitsentwicklung.* Deshalb erlangen einige Stoffgebiete für die Entwicklung experimenteller oder mathematischer Fähigkeiten besondere Bedeutung.

So besteht ein wesentliches Ziel des Stoffgebietes „Mechanik" Klasse 6 neben der Vermittlung von exaktem Wissen in der Entwicklung der Fähigkeiten der Schüler zum Messen und zum Zeichnen von Diagrammen. Im Stoffgebiet „Kräfte, Arbeit und Leistung" in Klasse 7 besteht das Ziel neben dem Kennenlernen dieser physikalischen Größen, der kraftumformenden Einrichtungen und der Goldenen Regel der Mechanik in der Entwicklung der Fähigkeiten zum Auswerten von Meßwerten zu einfachen Gleichungen. In solchen Stoffeinheiten wie „Thermisches

Verhalten von Körpern", „Energieübertragung durch Wärme" und „Elektrischer Widerstand" in Klasse 8 werden die Fähigkeiten zum Planen von umfangreichen Experimenten und zum Auswerten der Meßwerte zu Gleichungen mit mehreren physikalischen Größen entwickelt. In den Stoffeinheiten „Mechanische Energie" Klasse 9, „Gravitation" und „Wechselstrom" Klasse 10 besteht das Unterrichtsziel neben der Aneignung von anwendungsbereitem Wissen in der Entwicklung von Fähigkeiten zum deduktiven Herleiten neuer Gleichungen.

Zugleich wurde beachtet, daß sich Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden nicht allein auf dem Wege der wiederholten Ausführung entsprechender Tätigkeiten entwickeln. Im Physikunterricht wurden deshalb Unterrichtsstunden im Sinne von *Konzentrationspunkten* geplant, *in denen diese Erkenntnismethoden in faßlicher Weise und bei Beschränkung auf das Wesentliche selbst zum Unterrichtsgegenstand werden.* Solche Konzentrationspunkte sind geschaffen worden für das Planen von Experimenten in den Klassen 6 und 8, für das Interpretieren von Gleichungen und Diagrammen in der Klasse 9 oder für Verallgemeinerungen über Modelle in den Klassen 8 und 10. In entsprechender Weise sind in den Klassen 6 und 8 Konzentrationspunkte für Verallgemeinerungen zur Herausbildung des Gesetzesverständnisses geschaffen worden.

Das Zusammenwirken von längerfristigen und kurzfristigen Prozessen wurde im Lehrplan auch für die Gestaltung von Ziel-Stoff-Strukturen genutzt, die in Form von *längerfristigen Erkenntnislinien über die Klassen 6 bis 10 die systematische Aneignung der physikalischen Grundlagen mit einem Aufgreifen bereits behandelter Unterrichtsstoffe verbindet,* wobei auch fachübergreifende Verbindungen hergestellt werden. Diese Erkenntnislinien zu den einzelnen physikalischen Disziplinen werden in den folgenden Kapiteln ausführlich dargestellt. In den Stoffteilen des Lehrplanes finden diese längerfristigen Erkenntnislinien ihren Ausdruck in den Angaben zu Wiederholungen aus vorangegangenen Klassenstufen. Über die Form dieser Wiederholung entscheidet der Lehrer in Abhängigkeit von der Klassensituation und vom sachlichen Inhalt.

Das Zusammenwirken von längerfristigen und kurzfristigen Prozessen wurde auch in der Weise bedacht, daß im Lehrplan eine *methodische Profilierung der einzelnen Stoffgebiete aus der Sicht der didaktischen Funktionen als Ganzes* erfolgte. Durch die Schaffung effektiver Erkenntnislinien, durch die Gestaltung der Stoffgebiete unter Beachtung der didaktischen Prinzipien, durch Verzicht auf Zweitrangiges und durch die Streichung von theoretischen Überhöhungen wurden bekannte Stoff-Zeit-Probleme gelöst, so daß die Bedingungen für ein intensives Lernen im Unterricht, für eine gründliche Erstaneignung, für Festigung durch Übung, Anwendung, Wiederholung, Zusammenfassung und Systematisierung gesichert sind. Die Zeit für diese Festigung ist in den Lehrplänen der Klassen 6 bis 8 in den Richtzahlen für die Unterrichtszeit zur Behandlung der Stoffeinheiten eingeschlossen. Im Lehrplan für die Klassen 9 und 10 ist ein Teil dieser Zeit explizit als Zeit für „Festigung und Kontrolle" ausgewiesen.

Über die Festigung des Wissens und Könnens zu neu angeeigneten Unterrichtsstoffen in jeder Unterrichtsstunde und am Ende einer Stoffeinheit hinausgehend, kommt auch der täglichen Festigung zu weiter zurückliegenden Unterrichtsstoffen eine große Bedeutung zu. Solides, anwendungsbereites Wissen und Können sind bei allen Schülern nur durch systematisches Einprägen und Üben zu erreichen. Damit die täglichen Festigungen diesem Ziel dienen, müssen diese bewußt ge-

plant werden, dürfen sie nicht improvisiert sein. Schließlich steigt der Effekt der täglichen Festigung, wenn den Schülern deren Inhalte bekannt sind und sie sich zum Beispiel anhand von Zusammenfassungen in den Lehrbüchern, im Tafelwerk oder in „Physik in Übersichten" auf diese vorbereiten können.

Günstige Bedingungen für die immanente Festigung von Wissen und Können wurden im Lehrplan auch durch solche Änderungen in der Anordnung des Unterrichtsstoffes geschaffen, durch die beim Erkennen des Neuen möglichst oft Analogien zu bereits Bekanntem genutzt werden können. Dies zeigt sich bei der Behandlung der Optik in Klasse 6 darin, daß zunächst der Verlauf der Hauptstrahlen bei der Reflexion des Lichtes am Hohlspiegel behandelt wird. Bei der Untersuchung des Verlaufs dieser Strahlen beim Durchgang des Lichtes durch Sammellinsen werden gezielt Analogien zu dem Verhalten der entsprechenden Strahlen am Hohlspiegel hergestellt. Auch bei der Behandlung der Bildentstehung werden die Analogien zwischen der Bildentstehung an der Sammellinse und am Hohlspiegel genutzt.

Die dargestellte Weiterentwicklung der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts *erweitert den Spielraum für eine flexible, schöpferische Planung des Lehrers* und damit für seine konkrete Unterrichtsgestaltung. Dies setzt jedoch die Kenntnis der im Lehrplan von Klasse 6 bis 10 angelegten langfristigen Erkenntnislinien, der Linien zur Fähigkeitsentwicklung und der Schwerpunkte für die Erziehung voraus. Diese Kenntnis ermöglicht dem Lehrer, die Planung der Stoffeinheiten nicht allein und ausschließlich vom physikalischen Unterrichtsstoff her, sondern von den Zielen der Persönlichkeitsentwicklung her vorzunehmen. Und diese Kenntnis ermöglicht es auch erst, auf der Grundlage der Stoffeinheitenplanung die Funktion von Unterrichtsstunden so genau wie möglich zu bestimmen und mit größerer Sicherheit festzulegen, was in der einzelnen Unterrichtsstunde realisiert werden kann und muß.

2. Inhalt und Aufbau des Physiklehrgangs

2.1. Überblick über die für die Allgemeinbildung ausgewählten physikalischen Grundlagen

Der Inhalt des Physiklehrgangs ist entsprechend der Funktion des Physikunterrichts für die sozialistische Allgemeinbildung ausgewählt worden. Demzufolge gehören zum Inhalt des Physiklehrgangs

- grundlegende physikalische Fakten, Begriffe, Gesetze und Zusammenhänge sowie repräsentative Beispiele für deren Anwendung in der gesellschaftlichen Praxis,
- die zur Erkenntnis dieser wissenschaftlichen Grundlagen erforderlichen Erkenntnismethoden und die dabei auszuführenden Tätigkeiten sowie
- die mit dem physikalischen Unterrichtsstoff und mit dem Erkenntnisprozeß verbundenen Einsichten, die Bestandteil eines wissenschaftlich begründeten Bildes von der Welt werden müssen (vgl. [2, S. 72 f.]).

Der Inhalt des Physiklehrgangs ist aus allen großen Disziplinen der Physik ausgewählt, aus Mechanik, Thermodynamik, Elektrizitätslehre, Optik sowie Atom- und Kernphysik. Der Umfang, mit dem diese Disziplinen in den Inhalt des allgemeinbildenden Unterrichts eingehen (vgl. Übersicht 1, S. 25), wird durch deren Bedeutung für die sozialistische Allgemeinbildung bestimmt.

Im folgenden soll ein Überblick über die für die Allgemeinbildung ausgewählten physikalischen Grundlagen gegeben werden (vgl. [6] bis [9]).

Mechanik. Aus der Vielzahl der physikalischen Theorien innerhalb der Mechanik von der klassischen Punktmechanik bis zur relativistischen Mechanik erfolgt im neuen Lehrplan eine Konzentration auf folgende Unterrichtsstoffe:

Im Mittelpunkt steht die Behandlung der *Kinematik und Dynamik* von makrophysikalischen Körpern, die sich mit einer Geschwindigkeit weit unterhalb der Lichtgeschwindigkeit bewegen und mit dem Modell Punktmasse beschreiben lassen. Das sind jene mechanischen Bewegungen, mit denen es der Mensch im täglichen Leben und in der Produktion vor allem zu tun hat. Diese Bewegungen unterliegen den Gesetzen der klassischen Mechanik. In den Übersichten 2, S. 28, und 3, S. 33, sind die aus der Kinematik und Dynamik für die Allgemeinbildung ausgewählten physikalischen Grundlagen und technischen Anwendungen dargestellt.

Die für das Verständnis der Übertragung von Kräften durch Wellen und Getriebe erforderlichen Grundlagen aus der *Mechanik des starren Körpers* werden im ESP-Unterricht der Klasse 8 behandelt. Gegenstand des Physikunterrichts sind nur die Gesetze einiger einfacher kraftumformender Einrichtungen (vgl. Übersicht 9, S. 46).

Einen zweiten Schwerpunkt innerhalb der Mechanik bildet die Untersuchung von Vorgängen aus der *Mechanik der Gase und Flüssigkeiten*, deren Geschwindigkeiten weit unterhalb der Schallgeschwindigkeit liegen (vgl. Übersicht 11, S. 54). Das Übertragen und Vervielfältigen von Kräften, das Entstehen von Drücken, das Nutzen von statischen und dynamischen Antriebskräften, das Verändern von Widerstandskräften umströmter Körper sind elementare Wirkprinzipien in Technik und Produktion, darunter auch für die hydraulische Steuerung in der Robotertechnik.

Ein dritter Schwerpunkt der Mechanik ist die Behandlung von *mechanischen Schwingungen und Wellen* (vgl. Übersicht 15, S. 68). Das Sprechen, Hören sowie das Entstehen von Tönen in der Musik, Technik und Natur beruhen physikalisch auf der Erzeugung von mechanischen Schwingungen und auf der Ausbreitung mechanischer Wellen. Alle Vorgänge in der Technik und in der Produktion, bei denen Maschinenteile rotieren, sind mit mechanischen Schwingungen verbunden. In der modernen Produktion und in der Medizin werden immer mehr Anwendungen des Ultraschalls erschlossen. Hinzu kommt, daß bei der Behandlung der sinnlich leicht wahrnehmbaren mechanischen Schwingungen und Wellen physikalische Grundlagen für das Verständnis elektrischer Schwingungen, Hertzscher Wellen und Lichtwellen gelegt werden.

Thermodynamik. Die Behandlung der Thermodynamik konzentriert sich auf zwei inhaltliche Schwerpunkte:
Einen Schwerpunkt bildet das *thermische Verhalten von Körpern und Stoffen* (vgl. Übersicht 7, S. 42). Die hierfür geltenden physikalischen Gesetze sind elementare Wirkprinzipien für die Werkstoffbearbeitung, für Umformungs- und Trennungsverfahren in der modernen Produktion sowie für das Berücksichtigen der thermischen Belastungen von technischen Anlagen und Bauwerken.
Den anderen Schwerpunkt bildet die *Umwandlung, Übertragung und Erhaltung der Energie bei thermischen Vorgängen* (vgl. Übersicht 10, S. 49 ff.). Die Bedeutung dieser physikalischen Grundlagen resultiert aus der überragenden Rolle der Energie in der Technik. Die Vergrößerung der bereitzustellenden Energie und die Verbesserung des Wirkungsgrades aller technischen Anlagen ziehen sich wie ein roter Faden durch die Entwicklung der Technik. Die Entwicklung energiesparender Verfahren und die Erschließung neuer Energiequellen sind zwei der Hauptrichtungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Diese physikalischen Grundlagen sind zugleich Voraussetzung für das Verständnis des Stoff- und Energiewechsels als wesentliches Merkmal von chemischen Reaktionen und von Lebensvorgängen.

Elektrizitätslehre. Innerhalb der Elektrizitätslehre erfolgte eine Konzentration auf folgende Schwerpunkte:
Im Mittelpunkt stehen physikalische Grundlagen aus der *Theorie stationärer Ströme* (vgl. Übersicht 12, S. 58). Ihre Beherrschung ist eine Bedingung für das Verständnis jeglicher elektrotechnischer Anlagen und für die Ausbildung in vielen klassischen und modernen ingenieurtechnischen Disziplinen. Die beste Vorbereitung der Schüler auf die Meisterung jener Anforderungen, die sich im späteren Arbeitsleben aus dem Einzug der Mikroelektronik in alle Lebensbereiche ergeben, ist die Vermittlung eines anwendbaren Wissens über die Gesetze des Gleichstromkreises, über die zu deren Formulierung notwendigen physikalischen Größen Stromstärke, Spannung und elektrischer Widerstand, über Leitungsvorgänge in verschiedenen Medien, über die Steuerung von Stromstärke und Spannung durch elektrische und elektronische Bauelemente. Hinzu kommt die Herausbildung von Fertigkeiten im Lesen von Schaltplänen, im Schalten von Stromkreisen und im Umgang mit dem Schülermeßgerät.
Aus der *Theorie quasistationärer Ströme* wurden die Erzeugung von Wechselstrom sowie das Verhalten von ohmschen Bauelementen, Spulen und Kondensatoren

im Wechselstromkreis ausgewählt (vgl. Übersicht 13, S. 62). Dabei erfolgt eine Beschränkung auf den Einphasenwechselstrom. Technisches Wissen über die Erzeugung, Fernleitung und Nutzung von Dreiphasenwechselstrom wird im ESP-Unterricht der Klasse 10 vermittelt.
Aus der *Theorie schnell veränderlicher elektrischer und magnetischer Felder* (vgl. Übersicht 16, S. 71) werden die physikalischen Vorgänge im Schwingkreis, die Eigenschaften Hertzscher Wellen und deren Anwendung in der Nachrichtentechnik sowie das elektromagnetische Spektrum behandelt.

Optik. Im Mittelpunkt der Behandlung der Optik stehen die Geometrische Optik und die Wellenoptik. Entsprechend der zunehmenden Bedeutung des Einsatzes von Laserstrahlen in der modernen Produktion, werden auch Anwendungen der Quantenoptik in die Allgemeinbildung aufgenommen.
Die Grundlagen aus der *Geometrischen Optik* (vgl. Übersicht 8, S. 45) sind so ausgewählt, daß die Schüler insbesondere das Entstehen von Bildern und den Bau von optischen Geräten verstehen können. Optische Geräte spielen in der Produktion und Technik, in der wissenschaftlichen Forschung und im täglichen Leben eine so große Rolle, daß deren Verständnis zur Allgemeinbildung gehört.
Im Zentrum der *Wellenoptik* (vgl. Übersicht 17, S. 73) stehen die physikalische Natur und das Spektrum des Lichtes, technische Anwendungen des Linienspektrums und verschiedener Bereiche des Spektrums in Technik, Produktion und Forschung.

Atom- und Kernphysik. Bei der Behandlung von Grundlagen aus der Atom- und Kernphysik steht die Kernphysik im Zentrum (vgl. Übersicht 18, S. 76). Die Behandlung der *Physik der Atomhülle* beschränkt sich auf wenige Aussagen, die zum Verständnis der elektrischen Neutralität des Atoms und der elektronischen Leitfähigkeit in verschiedenen Medien erforderlich sind.
Die aus der *Kernphysik* ausgewählten Grundlagen runden im Rahmen der Allgemeinbildung die Entwicklung eines modernen Weltbildes ab. Das gilt für das Wissen über die Existenz und die Umwandelbarkeit von Elementarteilchen sowie über die Freisetzung von Energie bei Kernumwandlungen. Zugleich dient diese Stoffeinheit der Aneignung von physikalischem Wissen zum Verständnis der verstärkten Nutzung der Kerntechnik als einer Hauptrichtung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Ein weiterer Schwerpunkt des Unterrichts ist die Herausbildung der Einsicht in die gesellschaftliche Determiniertheit der Ziele physikalischer Anwendungen durch die Vermittlung von wissenschaftshistorischen Fakten zur friedlichen und militärischen Nutzung der Kernenergie.

2.2. Der Aufbau des Physiklehrgangs

Der Physiklehrgang ist im wesentlichen konzentrisch aufgebaut, es treten aber auch größere lineare Lehrgangsteile auf (vgl. Übersicht 1, S. 25). Mit dieser Aufteilung des Unterrichtsstoffes auf die Klassen 6 bis 10 soll erreicht werden, daß dessen Behandlung den von Klasse zu Klasse wachsenden Erkenntnisvoraussetzungen der Schüler entspricht und mit größtem Erfolg zur Entwicklung der Gesamtpersönlichkeit der Schüler im Physikunterricht und in anderen Unterrichtsfächern beiträgt.

Übersicht 1: **Aufbau des Physiklehrgangs**

Klasse	Mechanik	Thermodynamik	Elektrizitätslehre	Optik	Atom-/Kernphysik
6	Einführung in den Physikunterricht (2)				
	Kinematik Dynamik (33)		(Werkunterricht)		
		Thermisches Verhalten (23)			Aufbau des Atoms (3)
	Physikalische Arbeitsweisen (4)			Geometr. Optik (25)	
7	Dynamik (24)				
	Energie in Natur und Technik (10)				
	Hydro-/Aeromechanik (26)				
8		Thermisches Verhalten Energie (25)			
			Gleichstrom (35)		
9			Gleichstrom Wechselstrom (46)		
	Praktikum (10)				
	Kinematik Dynamik (34)				

10	Dynamik Schwingungen (19) Wellen				
			Wechselstrom Schwingungen Wellen (23)		
				Geometr./ Wellenoptik (12)	
	Praktikum und Gesamtwiederholung (18)				
					Kernstrahlung Kernumwandlung (12)
Std.	136 (35%)	48 (13%)	104 (27%)	37 (10%)	15 (4%)
	Praktika und Gesamtwiederholung: 28 (7%) Energie in Natur und Technik: 10 (3%), Physikalische Arbeitsweisen 4 **Gesamtstunden des Lehrgangs:** 384				

Dieser Lehrgangsaufbau sichert günstige Bedingungen für die Wissensaneignung. Durch die wiederholte Behandlung bestimmter Unterrichtsstoffe wird das Wissen gefestigt und erweitert, vorhandene Lücken werden geschlossen. Diese Vertiefung und Erweiterung des Wissens wird erreicht durch eine

- ergänzende und differenzierte Behandlung weiterer Seiten physikalischer Erscheinungen und Vorgänge, wobei insbesondere die den Verlauf der Vorgänge bestimmenden Abhängigkeiten und Zusammenhänge genauer untersucht werden,
- stärkere quantitative Formulierung physikalischer Gesetze, wofür zum Teil kompliziertere mathematische Funktionen genutzt werden,
- zunehmende Untersuchung von Naturvorgängen und technischen Anwendungen, in denen mehrere physikalische Gesetze zusammenwirken,
- zunehmende Einbeziehung von Ausblicken auf das Wirken physikalischer Gesetze in Vorgängen aus der lebenden und aus der nichtlebenden Natur, deren systematische Behandlung in anderen Unterrichtsfächern erfolgt.

Dieser Lehrgangsaufbau bietet auch günstige Möglichkeiten für die Entwicklung der Fähigkeiten der Schüler zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden und zur Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes. Jedes Teilgebiet der Physik hat hierfür vielfältige und zugleich spezifische Potenzen, die jedoch bei der ersten Behandlung der Stoffgebiete noch nicht alle gleichzeitig erschlossen werden können.

Im Stoffgebiet Wärmelehre Klasse 6 werden zunächst vor allem die Potenzen dieser Unterrichtsstoffe für die Entwicklung von Fähigkeiten zum Beobachten, Vergleichen und Messen, zum Anwenden des Experiments als Frage an die Natur

und zum Darstellen physikalischer Zusammenhänge in Diagrammen genutzt. In Klasse 8 werden bei der erneuten Behandlung der Thermodynamik zusätzlich auch jene Potenzen genutzt, die sich aus der Beschäftigung mit diesen Unterrichtsstoffen ergeben für das Bewußtmachen des Vorgehens beim Planen von mehreren Teilexperimenten zur Erkenntnis eines Gesetzes, für das Anwenden von komplizierteren Gleichungen und für das Deuten physikalischer Vorgänge in Modellen. Sowohl bei der Behandlung der Optik (Klasse 6), der Elektrizitätslehre (Klassen 8, 9 und 10) und der Kernphysik (Klasse 10) werden die Potenzen dieser Stoffgebiete für das Herausarbeiten der humanistischen Funktion der Wissenschaft Physik genutzt. Dabei können die Schüler in den Klassen 9 und 10, mit Hilfe ihres Wissens über das Wesen des Sozialismus und des Imperialismus aus dem Geschichts- und aus dem Staatsbürgerkundeunterricht, die humanistische Funktion der Wissenschaft Physik immer tiefer erkennen.

2.3. Ziel-Stoff-Struktur des Physiklehrgangs

Durch die Ziel-Stoff-Struktur des Lehrgangs wird der grundlegende Verlauf des Erkenntnisprozesses der Schüler vorgeplant. Die günstigen Bedingungen, die der Aufbau des Physiklehrgangs für die Aneignung von Wissen, für die Entwicklung der Fähigkeiten und für die Erziehung bietet, werden im Unterrichtsprozeß für die Persönlichkeitsentwicklung um so wirksamer, je klarer der in einer Klassenstufe, in einer Stoffeinheit, in einer Stunde behandelte Unterrichtsstoff in seiner Stellung und Funktion innerhalb der Linienführung des gesamten Lehrgangs gesehen wird.
Diesem Anliegen dient die Darstellung einzelner Linien des Erkenntnisprozesses und der Entwicklung der Schüler, bevor im Kapitel 3 die didaktisch-methodische Umsetzung der Ziel-Stoff-Struktur in ihrer Komplexität beschrieben wird.

2.3.1. Aneignung grundlegenden physikalischen Wissens

Die Schüler eignen sich im Verlaufe mehrerer Schuljahre Wissen aus verschiedenen Bereichen der Physik an. Dies erfolgt nach *Erkenntnislinien*, die sich durch den gesamten Physiklehrgang hindurchziehen. Solchen langfristigen Erkenntnislinien folgt die Aneignung von Wissen über

- die Kinematik (vgl. Übersicht 5, S. 38),
- die Dynamik (vgl. Übersicht 2, S. 28),
- den Aufbau von Stoffen aus Teilchen (vgl. Übersicht 6, S. 41),
- das thermische Verhalten von Körpern (vgl. Übersicht 7, S. 42),
- die Umwandlung, Übertragung und Erhaltung der Energie (vgl. Übersicht 10, S. 49 ff.),
- die elektrischen Leitungsvorgänge (vgl. Übersicht 14, S. 63),
- die Gesetze in Gleichstromkreisen (vgl. Übersicht 12, S. 58),
- die Gesetze des Wechselstroms (vgl. Übersicht 13, S. 62),
- die Geometrische Optik (vgl. Übersicht 8, S. 45).

So erfolgt innerhalb der Erkenntnislinie Dynamik (vgl. Übersicht 2, S. 28) in Klasse 6 zunächst die propädeutische Behandlung einiger Inhalte der Dynamik. In Klasse 7 und zu Beginn der Behandlung der Mechanik in Klasse 9 werden weitere Voraussetzungen zur Formulierung der Newtonschen Gesetze erarbeitet. Hierauf baut die Behandlung der Newtonschen Gesetze als Kern der Dynamik auf.

Im weiteren Verlaufe des Unterrichts wird das Newtonsche Grundgesetz für den Freien Fall und für die Kreisbewegung spezialisiert. Den Abschluß der Erkenntnislinie Dynamik bilden in Klasse 10 das Kennenlernen des Newtonschen Gravitationsgesetzes und das komplexe Anwenden des Gravitations- und des Grundgesetzes.

Übersicht 2: **Aneignung physikalischer Grundlagen der Newtonschen Dynamik**

Klasse	Physikalische Grundlagen
6	*Propädeutische Behandlung einiger Inhalte der Dynamik* Wechselwirkung zwischen Körpern Kraft als physikalische Größe Gewichtskraft Trägheit von Körpern Masse als physikalische Größe
7	*Erarbeitung weiterer Voraussetzungen zur Formulierung der Newtonschen Gesetze* Kraft als gerichtete Größe Reibungskraft als bewegungshemmende Kraft
9	Zusammensetzung und Zerlegung von Kräften *Behandlung der Newtonschen Gesetze* Wechselwirkungsgesetz Trägheitsgesetz Newtonsches Grundgesetz $F = m \cdot a$ *Spezialisierung des Newtonschen Grundgesetzes* für den freien Fall: Gewichtskraft: $F_G = m \cdot g$ für die Kreisbewegung: Radialkraft: $F_r = m \cdot \frac{v^2}{r}$ bzw. $F_r = m \cdot \frac{4\pi^2 \cdot r}{T^2}$
10	*Newtonsches Gravitationsgesetz* Gravitationskraft: $F = \gamma \cdot \frac{m_1 \cdot m_2}{r^2}$ *Anwendung des Gravitations- und des Grundgesetzes* Erklären der Planetenbewegung um die Sonne Bestimmen der Massen von Himmelskörpern und der Geschwindigkeit von Satelliten Erkennen der Gewichtskraft als Gravitationskraft **Astronomie** Abschätzung der Fallbeschleunigung auf dem Mond Entdeckung des Planeten Neptun
Anwendungen in Technik und Produktion *Nutzung bzw. Veränderung von Reibungskräften in der Technik* *Erklärung und Berechnung von Bewegungsabläufen infolge des Einwirkens von Kräften* (Verkehrsmittel, Satelliten)	

Auch in linearen Lehrgangsteilen erfolgt die Unterrichtsgestaltung nach längerfristigen Erkenntnislinien, die mit anderen Stoffgebieten verbunden sind. In der Stoffeinheit „Mechanische Wellen" werden die Eigenschaften mechanischer Wellen erarbeitet: Reflexion, Brechung und Beugung einer Einzelwelle sowie Interferenz durch Überlagerung zweier Wellen. Hierauf aufbauend wird in der Stoffeinheit „Hertzsche Wellen" das Auftreten von Welleneigenschaften bei Hertzschen Wellen untersucht. In der Stoffeinheit „Wellenoptik" wird dann schließlich aus dem Auftreten von Beugung und Interferenz bei Licht auf Welleneigenschaften des Lichtes geschlossen.
Bei allen diesen langfristigen Erkenntnislinien gibt es vielfältige *fachübergreifende Beziehungen* zu anderen naturwissenschaftlichen Fächern und zum polytechnischen Unterricht. Zum Teil dienen Wissen und Erfahrungen aus diesen Fächern als empirische oder theoretische Grundlage für die Aneignung von Wissen im Physikunterricht, zum Teil werden Wissen und Können aus dem Physikunterricht in diesen Fächern angewandt und dabei gefestigt, vertieft, auch erweitert. Ganz besonders intensiv sind die fachübergreifenden Beziehungen zum polytechnischen Unterricht (vgl. [10], [11], [12], [13]). Im Kapitel 3 sind wesentliche Verbindungen mit dem polytechnischen Unterricht für die einzelnen Stoffgebiete angegeben. Diese Beziehungen gilt es durchgängig bei der Gestaltung des Unterrichts in der Mechanik, Thermodynamik und Elektrizitätslehre zu beachten. Dies erfordert vom Physiklehrer die Kenntnis der Lehrbücher für den ESP-Unterricht und der Arbeitsplätze der Schüler in der produktiven Arbeit.
Die im Lehrplan geschaffenen Erkenntnislinien sind so angelegt, daß die Erkenntnisprozesse beim Schüler mit größerer Erfolgssicherheit ablaufen können und daß sich der Schüler zugleich mit dem Wissen neue Einsichten in ein wissenschaftlich begründetes Bild von der Welt erschließen kann.
In der Erkenntnislinie Energie wird dieses Anliegen in den Klassen 7 und 8 in folgender Weise umgesetzt: Um den Schülern den Blick für die Bedeutung des Gesetzes von der Umwandlung, Übertragung und Erhaltung der Energie zu öffnen, werden im Physikunterricht selbst als Ausblick Energieumwandlungen in der lebenden Natur und in der Technik behandelt. Am Beispiel der Umwandlung und Übertragung von Energie von der Sonne zur Erde, bei Pflanzen und Tieren wird das Verständnis der Schüler für wesentliche Zusammenhänge zwischen physikalischen, chemischen und biologischen Vorgängen in der lebenden Natur sowie über Zusammenhänge in unserem Sonnensystem vorbereitet. Am Beispiel der Geschichte der Nutzung verschiedener Energieformen in der materiellen Produktion, der Geschichte der Entwicklung des Wirkungsgrades von technischen Anlagen und der rationellen Nutzung von Energie in der Volkswirtschaft lernen die Schüler wesentliche Fakten, die ein Verständnis des Zusammenhanges zwischen der Entwicklung von Gesellschaft, Produktion und Physik anbahnen. Die Unmöglichkeit eines Perpetuum mobile zeigt ihnen in überzeugender Weise, daß Naturgesetze nicht überlistet werden können.
Das theoretische Anspruchsnivcau für eine solche Erschließung der Potenzen des Unterrichtsstoffes für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes ist durch folgendes Vorgehen gekennzeichnet: Ausgehend vom Eindringen in das Wesen physikalischer Erscheinungen und Vorgänge, wird das Wissen über physikalische Zusammenhänge so weit verallgemeinert, daß diese physikalischen Verallgemeinerungen Bestandteile eines wissenschaftlichen Weltbildes werden. Beispiele

hierfür sind: „Physikalischen Vorgängen liegen physikalische Gesetze zugrunde, die man erkennen und nutzen kann." Oder „Alle Vorgänge des Stoff- und Energiewechsels als wesentliches Merkmal des Lebens vollziehen sich in Übereinstimmung mit den Hauptsätzen der Thermodynamik." Dabei werden keine philosophischen Begriffe und Verallgemeinerungen zum Gegenstand des Physikunterrichts, wie zum Beispiel: objektive Realität, Einheit der Welt in der Materialität, Gesetzmäßigkeit und Erkennbarkeit der Welt. Diese philosophischen Verallgemeinerungen sind Gegenstand des Staatsbürgerkundeunterrichts in der Berufsausbildung und in der erweiterten Oberschule (vgl. [19], [20]).

2.3.2. Aneignung wissenschaftlicher Erkenntnismethoden

Die Schüler eignen sich im Unterricht als Prozeß des aktiven und wissenschaftlichen Erkennens wissenschaftliche Erkenntnismethoden an. Im Mittelpunkt stehen hierbei *Fähigkeiten zum Durchführen von Experimenten, zum Anwenden der Mathematik und zum Arbeiten mit Modellen.* Diese Fähigkeiten schließen auch Fähigkeiten zum Beobachten, Messen, Beschreiben, Erklären, Voraussagen, Vergleichen, Klassifizieren und Abstrahieren ein. In der didaktisch-methodischen Konzeption des Physikunterrichts wurden für das Aneignen wissenschaftlicher Erkenntnismethoden günstige Bedingungen geschaffen.
Im Lehrplan erfolgt eine Konzentration auf wenige Schülertätigkeiten (vgl. S. 13), die von Klasse 6 an kontinuierlich bei der Erarbeitung und Anwendung physikalischen Wissens ausgeführt werden. Weil sich Fähigkeiten nicht allein durch die wiederholte Ausführung entsprechender Tätigkeiten entwickeln, werden darüber hinaus in jeder Klassenstufe ausgewählte wissenschaftliche Erkenntnismethoden direkt zum Unterrichtsgegenstand. Das sind

- in Klasse 6: das Beobachten, das Messen, das Durchführen und das Auswerten von Experimenten, das Berechnen von physikalischen Größen und das Zeichnen von Diagrammen,
- in Klasse 7: das Beschreiben, das Auswerten von Experimenten zu mathematisch formulierten Gesetzen, das Überprüfen von Vermutungen und das Bestätigen von Voraussagen,
- in Klasse 8: das Erklären, das Planen von Experimenten und das Voraussagen auf Grund von Modellvorstellungen,
- in den Klassen 9 und 10: das Interpretieren von Gleichungen und Diagrammen sowie das theoretische Herleiten von Gleichungen.

Hierbei wird davon ausgegangen, daß den Schülern nicht für alle wesentlichen Tätigkeiten Handlungsprogramme in expliziter Weise gegeben werden sollten. In diesem Sinne wird ein Schwerpunkt darauf gelegt, die Schüler durch die Gestaltung des Unterrichts und des Lehrtextes im Lehrbuch zum Aufstellen von Handlungsprogrammen anzuregen. Das gilt für

- das Vergleichen von physikalischen Erscheinungen und Vorgängen mit dem Herausarbeiten der Gemeinsamkeiten und der Unterschiede,
- das Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten als Frage an die Natur nach den Schritten: Formulieren einer Frage an die Natur, Übersetzen dieser Frage in eine Experimentieranordnung, Auswerten der Beobachtungen und Messungen zu einer Antwort auf die untersuchte Frage,

- das Lösen von Aufgaben nach der Gliederung: Analyse (mit Zeichnung, Gesucht und Gegeben), Plan zur Lösung (erst ab Klasse 7), Lösung (mit Überschlag), Ergebnis (mit sinnvoller Genauigkeit),
- das theoretische Herleiten von Gleichungen in den Klassen 9 und 10 nach den Schritten: Analyse, Ansatz, Unformung und Ergebnis.

Explizite formulierte Handlungsprogramme enthalten die Lehrbücher für

- das Umgehen mit ausgewählten Meßgeräten ([14; S. 14, S. 42, S. 68], [15; S. 10], [16; S. 78]),
- das Erklären und das Voraussagen ([16; S. 25]),
- das Planen von Experimenten zum Untersuchen der Abhängigkeit zwischen zwei physikalischen Größen ([16; S. 24]).
- das Interpretieren von Diagrammen ([17; S. 76]) und Gleichungen ([17; S. 100]).

Bei der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden gibt es ebenfalls vielfältige *fachübergreifende Verbindungen* zu den anderen naturwissenschaftlichen Fächern, zum Mathematikunterricht und zum Fach Muttersprache. Bei der Entwicklung von Fähigkeiten zum Durchführen von Experimenten, zum Anwenden der Mathematik und zur Arbeit mit Modellen muß sich der Physiklehrer bewußt sein, daß diese Erkenntnismethoden auch im Chemie-, Biologie- und Astronomieunterricht von großer Bedeutung sind und daß sich diese Fächer auf entsprechende Vorleistungen aus dem Physikunterricht stützen (vgl. [21], [22], [23]). Umgekehrt sollten im Physikunterricht beim Bewußtmachen einzelner Schritte von Erkenntnismethoden ergänzend zu den Beispielen aus dem Physikunterricht auch Beispiele genutzt werden, die den Schülern aus dem Biologie- und aus dem Chemieunterricht bekannt sind. Das öffnet den Blick der Schüler für das Anwenden der Erkenntnismethoden über die Physik hinaus und fördert damit letztlich auch die Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden dieser Methoden im Physikunterricht selbst.

So kann im Physikunterricht beim Erarbeiten der Bedeutung von Modellen auch auf Erfahrungen der Schüler mit Anschauungsmodellen für biologische Objekte und mit der Anwendung des Atommodells im Chemieunterricht zurückgegriffen werden. Entsprechendes gilt für die Entwicklung von Fähigkeiten zum Planen von Experimenten für das Untersuchen von mehreren Abhängigkeiten. Hierzu haben die Schüler im Biologieunterricht bereits Erfahrungen aus der Planung von Experimenten zum Untersuchen der Entwicklung von Schimmelpilzen bei unterschiedlichen Umweltbedingungen gesammelt. Auf dem im Physikunterricht der Klasse 8 erreichten Wissen über das Planen von Experimenten stützt sich dann der Biologieunterricht zum Beispiel in Klasse 9 beim Planen des Experiments zur Untersuchung der Abhängigkeit der Sauerstoffabgabe der Wasserpflanzen von der Art der Beleuchtung und von der Lichtintensität. Die im Physikunterricht entwickelten Fähigkeiten zum Planen von Experimenten für das Überprüfen von Vermutungen und für das Bestätigen von Voraussagen wenden die Schüler im Chemieunterricht beim Bestätigen von Schlußfolgerungen an, die sie über die Eigenschaften von Stoffen und deren Bau gezogen haben.

Auf dem im Physikunterricht der Klassen 6 und 7 entwickelten Verständnis für die Einführung physikalischer Größen aufbauend, werden im Chemieunterricht der Klasse 7 die Größen Stoffmenge n mit der Einheit Mol (mol) und molare Masse M mit der Definitionsgleichung $M = \frac{m}{n}$ und der Einheit Gramm je Mol ($\frac{g}{mol}$) einge-

führt. Im Chemie- und im Biologieunterricht werden auch die Fähigkeiten der Schüler zum Umgang mit Größen, zum Berechnen von Größen aus Gleichungen und zum Lesen von Diagrammen angewandt. Beispiele hierfür sind das Benutzen der chemischen Zeichensprache und das Berechnen von Größen im Chemieunterricht sowie das grafische Darstellen der Abhängigkeit biologischer Prozesse von Umweltfaktoren. Auf die Fähigkeiten aus dem Physikunterricht zum theoretischen Herleiten von Gleichungen stützt sich der Astronomieunterricht beim Abschätzen der Fallbeschleunigung auf dem Mond. Fähigkeiten zum Analysieren der mathematischen Struktur einer Gleichung werden beim Interpretieren des dritten Keplerschen Gesetzes genutzt und gefestigt.

Bei allen im Physikunterricht zu entwickelnden Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden sind die Zusammenhänge zur Entwicklung der Fähigkeiten zum Beherrschen der Muttersprache zu sehen. Dies erfordert beim Physiklehrer die Kenntnis darüber, was seine Schüler in diesem Fach lernen. Ab Klasse 5 wird u. a. an folgenden Zielstellungen gearbeitet (vgl. [24]):

- Verstehen geschriebener Sachtexte, wobei der Gedankengang und Hauptinformationen wörtlich oder in Stichpunkten herausgeschrieben werden,
- mündliches und schriftliches Darstellen der Beschreibung von Gegenständen und Vorgängen nach Gesichtspunkten für eine Gliederung,
- Ausarbeiten und Halten von Kurzvorträgen nach Stichpunktzetteln.

Die hierbei entwickelten Fähigkeiten der Schüler sind im Physikunterricht zu nutzen und weiterzuentwickeln. Das gilt auch für die Fähigkeiten zum Beschreiben eines technischen Gegenstandes. Die Schüler erhalten hierfür im Muttersprachunterricht der Klasse 5 folgende Anleitung ([25; S. 40]):

Ausgehend von der Funktion des technischen Gegenstandes geben wir folgendes an:

- die einzelnen Bestandteile und das Material, aus dem sie bestehen;
- die Funktion und die Form der Bestandteile;
- die Art und Weise, wie die Bestandteile untereinander verbunden sind.

Im folgenden sollen zwei Linienführungen zur Aneignung wissenschaftlicher Erkenntnismethoden genauer dargestellt werden. Das sind die Linienführungen für die Befähigung der Schüler zum Durchführen von Experimenten und zum Anwenden der Mathematik. *Ziele des Physikunterrichts bei der Entwicklung experimenteller Fähigkeiten sind:*

- Die Schüler lernen, in der Physik und in der Praxis wichtige physikalische Größen zu messen bzw. experimentell zu bestimmen und dabei die Meßergebnisse unter Beachtung von einfachen Fehlerbetrachtungen kritisch einzuschätzen.
- Die Schüler lernen, Experimente als Frage an die Natur
  a) zur Erkenntnis von physikalischen Gesetzen,
  b) zur Überprüfung von Vermutungen und
  c) zur Bestätigung von Voraussagen
  zu planen, durchzuführen und auszuwerten.
- Die Schüler lernen, Experimente als Mittel zur Überführung physikalischer Erkenntnisse in technische Anwendungen und zur Untersuchung der Wirkungsweise technischer Objekte zu nutzen.

Die Linienführung zur Entwicklung dieser Fähigkeiten ist in Übersicht 3, S. 33, dargestellt.

Übersicht 3: **Entwicklung von Fähigkeiten zum Durchführen von Experimenten**

Klasse	Messen und Bestimmen von physikalischen Größen	Anwenden des Experiments als Frage an die Natur	Experimentelles Untersuchen von technischen Objekten
6	Erste Fähigkeiten im Umgang mit nichtelektrischen Meßgeräten Vermeiden von Fehlern beim Messen	Erste Fähigkeiten zum Untersuchen des Zusammenhanges zwischen zwei Größen nach ausführlicher Anleitung durch den Lehrer Erste Ergebnisse im Bewußtmachen des Experiments	Untersuchen der Gesetze optischer Bauelemente und Geräte
7	Unterscheiden von Meßfehlern · in Fehler des Gerätes · persönliche Fehler und · Fehler durch die Experimentieranordnung Einfluß der Fehler auf das Ergebnis	Bewußteres Durchführen von Experimenten zum Auffinden und Bestätigen von Gesetzen zwischen zwei, drei oder vier Größen nach ausführlicher Anleitung durch den Lehrer	Untersuchen der Gesetze von kraftumformenden Einrichtungen
8	Erste Fertigkeiten im Umgang mit dem Schülermeßgerät für Messungen bei Gleichstrom Erkennen von Ursachen für Meßfehler	Zunehmend selbständigeres Durchführen von Experimenten nach schriftlicher Anleitung Bewußte Planung von Teilexperimenten	Untersuchen der Gesetze von Stromkreisen, Bestätigen von vorausberechneten physikalischen Größen, Überprüfen der Funktionsweise von Schaltungen
9 und 10	Fertigkeiten im Umgang mit nichtelektrischen und elektrischen Meßgeräten (für Gleich- und Wechselstrom) Erkennen der Ursachen für Meßfehler und ihres Einflusses auf das Ergebnis	Selbständiges Durchführen von Experimenten nach schriftlicher Anleitung bei umfangreicherem Aufbau und umfangreicherer rechnerischer oder grafischer Auswertung	Untersuchen der Gesetze, Bestimmen von Kennlinien und Parametern elektrischer Anlagen und elektronischer Bauelemente

Ziele des Physikunterrichts bei der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik sind:

- Die Schüler lernen, wie mit Hilfe der Mathematik physikalische Größen definiert werden.
- Die Schüler können den physikalischen Inhalt einfacher Meßwertreihen mit Hilfe der Mathematik in Form von Gleichungen oder Diagrammen darstellen.
- Die Schüler lernen, wie mit Hilfe der Mathematik aus gesicherten Erkenntnissen auf deduktivem Wege neue Gesetze abgeleitet werden können.
- Die Schüler können Gleichungen und Diagramme interpretieren und zum Lösen von Aufgaben anwenden.
- Die Schüler können den Taschenrechner als Rechenhilfsmittel benutzen, sie sind daran gewöhnt, die Ergebnisse mit sinnvoller Genauigkeit anzugeben.

Die Linienführung zur Entwicklung dieser Fähigkeiten ist in Übersicht 4, S. 34, dargestellt.

Übersicht 4: **Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik**

Klasse	Erarbeiten und Interpretieren von Diagrammen	Erarbeiten und Interpretieren von Gleichungen	Lösen von Aufgaben
6	Erste Fähigkeiten im · Zeichnen und Beschriften von Koordinatensystemen · Eintragen und Ablesen von Wertepaaren · Zeichnen von Graphen (ohne Knicke) · Interpretieren von Diagrammen nach Fragen des Lehrers	Erste Fähigkeiten im Interpretieren von Gleichungen nach Fragen des Lehrers	Erste Fähigkeiten im kalkülmäßigen Lösen einfacher Aufgaben ohne Umstellungen: · Analyse · Lösung · Ergebnis Inhaltliches Lösen von Aufgaben
7	Interpretieren von Diagrammen nach Fragen des Lehrers	Erfassen und Auswerten von Meßwerten nach Anleitung durch Lehrer zu · einfachen Gleichungen · direkten und indirekten Proportionalitäten · Verhältnisgleichungen Interpretieren von Gleichungen nach Fragen des Lehrers	Erste Fähigkeiten im kalkülmäßigen Lösen komplexer Aufgaben mit Lösungsplan bzw. einfacher Aufgaben mit Umstellen der Gleichung Inhaltliches Lösen von Aufgaben

Klasse	Erarbeiten und Interpretieren von Diagrammen	Erarbeiten und Interpretieren von Gleichungen	Lösen von Aufgaben
8	Selbständiges Zeichnen von Diagrammen und Unterscheiden der im Diagramm dargestellten direkten bzw. indirekten Proportionalität von anderen Abhängigkeiten Interpretieren von Diagrammen nach Fragen des Lehrers	Selbständiges Erfassen und Auswerten von Meßwerten zu · direkten und indirekten Proportionalitäten · einfachen Gleichungen Interpretieren einer Gleichung nach Fragen des Lehrers, dabei erste Fähigkeiten im Erkennen von Abhängigkeiten aus der mathematischen Struktur der Gleichung	Selbständiges kalkülmäßiges Lösen einfacher und komplexer Aufgaben (ohne Umstellen der Gleichung) Inhaltliches Lösen einfacher Aufgaben (durch funktionale Betrachtungen)
9 und 10	Selbständiges Zeichnen und Interpretieren von Diagrammen Selbständiges Erkennen der dargestellten Funktionstypen	Selbständiges Erfassen und Auswerten von Meßwerten zu Verhältnisgleichungen Selbständiges Interpretieren von Gleichungen, dabei auch Erkennen von Abhängigkeiten in komplizierten Gleichungen (mit Potenz-, Wurzel- und Sinusfunktionen) Deduktives Herleiten neuer Gleichungen nach Anleitung	Kalkülmäßiges Lösen von komplexen Aufgaben mit Umstellen der Gleichung sowie mit Herleiten einer allgemeinen Lösung durch Substitution Inhaltliches Lösen von Aufgaben (durch funktionale Betrachtungen)

Beim Befähigen der Schüler zum Anwenden der Mathematik wird das mathematische Wissen und Können aus dem Mathematikunterricht genutzt und dadurch gefestigt. Es werden keine mathematischen Begriffe und Verfahren angewandt, die den Schülern nicht schon aus der Mathematik bekannt sind. Zugleich schafft der Physikunterricht wesentliche Vorleistungen für die Behandlung neuen Unterrichtsstoffes im Fach Mathematik. So wird in Klasse 6 bei der Behandlung des Zusammenhangs zwischen Weg und Zeit sowie zwischen Kraft und Längenänderung einer Feder die Einführung der Proportionalität vorbereitet. In Klasse 8 wird bei der Systematisierung verschiedener mathematischer Abhängigkeiten zwischen physikalischen Größen die Einführung des Funktionsverständnisses angebahnt.
Die zwei dargestellten Linienführungen sind so angelegt, daß die Fähigkeits-

entwicklung mit großer Erfolgssicherheit ablaufen kann, daß die Schüler immer tiefer in die Physik eindringen und sich zugleich auch neue Einsichten in ein wissenschaftlich begründetes Bild von der Welt erschließen können. Schüler, die gelernt haben, das Experiment, die Mathematik und Modelle anzuwenden, um physikalische Probleme zu untersuchen, Vermutungen aufzustellen und zu überprüfen, Voraussagen abzuleiten und zu bestätigen, erleben, daß ihr Wissen von praktischem Nutzen ist, daß das Wissen die Menschen in die Lage versetzt, physikalische Gesetze als Wirkprinzipien in der Technik zu nutzen. Dazu ist es notwendig, die Schüler durch entsprechende Problemstellungen zur schöpferischen Tätigkeit anzuregen.

2.3.3. Herausbildung von Einsichten in die Bedeutung der Physik für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt

Im Ergebnis der Verbindung des Physikunterrichts mit dem Leben eignen sich die Schüler Einsichten in die Bedeutung der Physik für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt an. Anhand ausgewählter historischer und aktueller Beispiele soll bei den Schülern die Einsicht herausgebildet werden, daß die Physik mit ihren Erkenntnissen der Gesellschaft neue, bedeutsame Möglichkeiten für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt und damit für die Entwicklung der Produktion und des sozialen Fortschritts erschließt. Durch vielfältige Beispiele für gesellschaftlich bedeutsame Anwendungen der Physik sollen die Schüler zu dem Verständnis geführt werden, daß die humanistische Aufgabe der Physik darin besteht, das Leben der Menschen zu verbessern und zu erleichtern, es glücklicher und sinnvoller zu gestalten. Eindrucksvolle Beispiele hierfür sind:

- der Einfluß der Thermodynamik auf die technische Vervollkommnung der Dampfmaschine und auf die Entwicklung der Verbrennungsmotoren (Klasse 8),
- die Anwendung von Ergebnissen der Elektrizitätslehre für die großtechnische Erzeugung und Übertragung von elektrischer Energie zur Beleuchtung von öffentlichen Gebäuden und Wohnräumen, zum Antrieb von Maschinen sowie für die Entwicklung von Telefon, Rundfunk und Fernsehen (Klassen 8 bis 10),
- Anwendungen aus allen Gebieten der Physik für die medizinische Betreuung der Menschen,
- der Ausblick auf die Bedeutung der Forschungsarbeiten an Fusionsreaktoren für die Energieversorgung der Zukunft (Klasse 10).

Diese Beispiele sind für die Bildung und Erziehung der Schüler um so wirksamer, je besser dabei auch fachübergreifende Verbindungen zum Wissen der Schüler aus dem Geschichtsunterricht über konkrete historische Entwicklungsprozesse hergestellt werden. Für die Behandlung der Entwicklung und Anwendung der Dampfmaschine sind die Kenntnisse der Schüler aus dem Geschichtsunterricht der Klasse 7 über die industrielle Revolution in England, über die Erfindung der Dampfmaschine durch J. Watt und über die Umwandlung von Manufakturen in Fabriken unter Einführung der Dampfkraft sowie über die Entwicklung der Dampfschiffahrt und der Eisenbahn zu nutzen (vgl. [26]).

Die Behandlung der Entwicklung und der Anwendung von Verbrennungsmotoren sowie der Überblick über die historische Nutzung der elektrischen Energie stützen sich auf die Kenntnisse der Schüler aus dem Geschichtsunterricht in Klasse 8 über den wirtschaftlichen Aufschwung in Deutschland in der zweiten Hälfte des 19. Jahr-

hunderts. Entsprechende Verbindungen sind zum ESP-Unterricht herzustellen, in dem in Klasse 8 die historische Entwicklung der Antriebsorgane für die Energiebereitstellung dargestellt wird (vgl. [11]).
Im Ergebnis des Physikunterrichts sollen die Schüler den Stellenwert der Physik in der zunehmenden Vereinigung von Wissenschaft und Produktion erkennen. Im Mittelpunkt stehen dabei die Herausbildung eines elementaren Verständnisses und die Entwicklung eines dauerhaften Interesses für einige mit der Physik verbundene Hauptrichtungen des wissenschaftlich-technischen Fortschritts. Das sind die Entwicklung und die Nutzung energiesparender Technologien, der Mikroelektronik, der Kerntechnik und der Lasertechnik. Hierfür sind auch jene Kenntnisse zu nutzen, die sich die Schüler aus Sendungen des Fernsehens, aus der Presse und aus Vorträgen in Schülerakademien aneignen. Als Abrundung der Herausbildung eines elementaren Verständnisses für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt lernen die Schüler weiterhin wissenschaftliche Grundlagen, die für das Verständnis einiger Aufgaben des Umweltschutzes erforderlich sind. Dazu wird in Klasse 8 der Zusammenhang zwischen der rationellen Nutzung der Abwärme von Abwässern und der Erhaltung des biologischen Gleichgewichts in Flüssen und Seen hergestellt.
Nicht weniger bedeutend ist schließlich die Herausbildung der Einsicht, daß sich jede physikalische Erkenntnis zum Wohle, aber auch zum Schaden der Menschheit anwenden läßt. Damit wird die Einsicht der Schüler angebahnt, daß der Wissenschaftler für den Gebrauch seiner Entdeckungen Verantwortung trägt. Gestützt auf die Kenntnisse der Schüler aus dem Geschichtsunterricht über den Atombombenabwurf durch die USA und über die Brechung des Atombombenmonopols der USA durch die Sowjetunion sowie gestützt auf das Wissen aus dem Staatsbürgerkundeunterricht über den Charakter unserer Epoche (vgl. [27]), werden in Klasse 10 die Geschichte der Entwicklung und Anwendung von Kernwaffen behandelt und dabei die Haltungen führender Wissenschaftler gewertet.

3. Die didaktisch-methodische Umsetzung der Ziel-Stoff-Struktur des Lehrplanes

3.1. Der Physikunterricht in Klasse 6

In Klasse 6 eignen sich die Schüler Wissen aus allen Disziplinen der Physik an, sie erwerben erste Fähigkeiten im Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden, und sie gewinnen erste Einblicke in die Existenz und Erkennbarkeit physikalischer Gesetze sowie in die humanistische Funktion der Physik.

Stoffgebiet „Einführung in den Physikunterricht". In den ersten Unterrichtsstunden wird die Physik von anderen Naturwissenschaften abgegrenzt und eine Einteilung der Physik gegeben. An einfachen Beispielen lernen die Schüler das Experiment als wichtigstes Mittel zur Erforschung physikalischer Erscheinungen kennen. Dabei wird die Einsicht vorbereitet, daß physikalischen Vorgängen Zusammenhänge zugrunde liegen, die man erkennen und anwenden kann. Am Beispiel einiger den Schülern aus ihrem Erfahrungsbereich bekannten Anwendungen der Physik werden das Verständnis für die Bedeutung der Physik für den wissenschaftlich-technischen Fortschritt geweckt und die Einsicht angebahnt, daß physikalische Erkenntnisse zum Nutzen, aber auch zum Schaden der Menschen angewandt werden können.

Stoffgebiet „Mechanik". In diesem Stoffgebiet beginnt die Aneignung von Wissen aus der Kinematik und aus der Dynamik.

Im Mittelpunkt der Aneignung von Grundlagen der Kinematik steht die *Geschwindigkeit bei der gleichförmigen Bewegung.* Mit der Unterscheidung der Geschwindigkeit bei ungleichförmigen Bewegungen erfolgt die Vorbereitung der Einteilung der Bewegungen in Klasse 9 nach der Konstanz bzw. nach der Veränderlichkeit des Betrages der Geschwindigkeit (vgl. Übersicht 5, S. 38).

Übersicht 5: **Aneignung physikalischer Grundlagen der Kinematik**

Klasse	Physikalische Grundlagen	
6	*Mechanische Bewegungen* (Relativität und Einteilung der Bewegungen) *Geschwindigkeit für*	
	gleichförmige Bewegung Geschwindigkeit $v = \frac{s}{t}$	*ungleichförmige Bewegung* Durchschnittsgeschwindigkeit $\bar{v} = \frac{s}{t}$
7	*Übertragung der Erkenntnisse auf Strömungen* $v = \frac{s}{t}$	

9	*Bewegungsgesetze für beliebige Bewegungen*	
	Bewegung bei konstantem Betrag der Geschwindigkeit	*Bewegung bei veränderlichem Betrag der Geschwindigkeit*
	$v = \frac{s}{t} = \text{konst.}$	*Beliebig beschleunigte Bewegung*
	$s = v \cdot t$	Durchschnittsgeschwindigkeit
	$v = \frac{2\pi \cdot r}{T}$	$\bar{v} = \frac{s}{t}$
		Augenblicksgeschwindigkeit
		$v = \frac{\Delta s}{\Delta t}$
		Gleichmäßig beschleunigte Bewegung
		Beschleunigung $a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$
		Bewegung aus Stillstand: / Freier Fall:
		$a = \text{konst.}$ / $a = g$
		$v = a \cdot t$ / $v = g \cdot t$
		$s = \frac{a}{2} \cdot t^2$ / $s = \frac{g}{2} \cdot t^2$
	Überlagerung von Bewegungen (waagerechter und schräger Wurf)	
	Anwendung in Technik und Produktion *Berechnung von Bewegungsabläufen auf geraden und kreisförmigen Bahnen Ballistik*	

Die Ancignung von Grundlagen aus der Dynamik umfaßt Wissen über die für die Dynamik grundlegenden physikalischen Größen *Kraft* und *Masse* und ein erstes Verständnis für wesentliche Inhalte der *Newtonschen Gesetze* (vgl. Übersicht 2, S. 28).

Für diese Inhalte der Newtonschen Gesetze werden im Lehrbuch folgende Formulierungen gewählt: „Bewegungsänderungen von Körpern können erreicht werden, wenn zwei Körper wechselseitig aufeinander einwirken. Dabei wirkt auf jeden Körper eine Kraft. Beide Kräfte haben entgegengesetzte Richtungen" [14; S. 30].

Der propädeutischen Behandlung dieser Inhalte der Newtonschen Gesetze dient die Einführung der Kraft über die Wechselwirkung von Körpern. Für die Formulierung der physikalischen Bedeutung der Kraft wird jedoch nur die auf einen der beiden Körper wirkende Kraft berücksichtigt. Bei dieser Einführung in die Dynamik setzen sich die Schüler von Anfang an mit der im täglichen Leben langlebigen Auffassung von Aristoteles auseinander. Sie erkennen: Kräfte sind die Ursache für Bewegungsänderungen von Körpern, sie sind aber nicht die Ursache der Bewegungen.

Auch nach dem neuen Lehrplan wird im Rahmen der Allgemeinbildung nicht explizite zwischen träger und schwerer Masse unterschieden. Die Masse wird zunächst im Sinne der trägen Masse erarbeitet: „Die Masse eines Körpers gibt an, wie träge dieser ist" [14; S. 39]. Für ein Verständnis des Meßverfahrens der Masse und der physikalischen Bedeutung der Dichte wird anschließend die Masse im Sinne der schweren Masse behandelt: Die Masse gibt auch an, wie schwer ein

Körper ist. Schließlich wird experimentell gezeigt: „Je schwerer ein Körper ist, desto größer ist seine Trägheit" [14; S. 39].
Die Bedingungen für die Aneignung von exaktem Wissen über die physikalischen Größen der Mechanik werden im neuen Lehrplan dadurch verbessert, daß diese Größen in analoger Weise nach gleichen Gesichtspunkten erarbeitet und im Lehrbuch systematisiert werden. Diese Gesichtspunkte sind: physikalische Bedeutung, Formelzeichen, Einheit, Gleichung (ggf.) und Meßgerät oder Meßverfahren (vgl. [14; S. 17, 28, 36, 40, 47]).
Im Zusammenhang mit der Einführung der verschiedenen physikalischen Größen besteht eine bedeutsame Aufgabe dieser Stoffeinheit in der *Entwicklung von ersten Fertigkeiten im Messen.* Mit Ausnahme des Thermometers lernen die Schüler hier alle nichtelektrischen Meßgeräte kennen, mit denen sie bis zur Klasse 10 Schülerexperimente durchführen werden. Die Entwicklung von Fertigkeiten im Messen ist eine notwendige Voraussetzung für das Anwenden des Experiments zur Erkenntnisgewinnung und für das Erreichen aller anderen experimentellen Fähigkeiten. Zugleich entwickeln die Schüler bei der Untersuchung der Bewegung der Luftblase in einem wassergefüllten Glasrohr und der Längenänderung einer Feder erste Fähigkeiten zum Untersuchen des Zusammenhanges zwischen zwei physikalischen Größen. Wie der Experimentierprozeß und die dabei gewonnenen Erkenntnisse für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes wirksam werden, hängt weitgehend davon ab, ob bei diesen Experimenten explizit eine Frage an die Natur gestellt und wie diese formuliert wird.
Ein weiterer Schwerpunkt dieses Stoffgebietes ist die *Entwicklung erster Fähigkeiten im Umgang mit Diagrammen und Gleichungen* sowie im Lösen von Aufgaben entsprechend den in Übersicht 4, S. 34 dargestellten Zielen. Hierfür ist am Anfang des Physiklehrgangs die Methode „Vormachen – Nachmachen" die geeignetste. Ganz besondere Hilfen benötigen die Schüler beim Festlegen der Einheiten auf den Koordinatenachsen, beim Verbinden wirklicher Meßwertpaare im Diagramm zu einem Graphen ohne Knicke, beim Übergang von den Meßwerten über die wörtliche Formulierung einer Gleichung zu deren Darstellung mit Hilfe von Formelzeichen sowie bei der Gewöhnung der Schüler an das kalkülmäßige Lösen von Aufgaben. Kalkülmäßig lösen die Schüler in Klasse 6 nur Aufgaben, die kein Umstellen der Gleichung erfordern. Beim inhaltlichen Lösen von Aufgaben werden die Ergebnisse durch logische Schlüsse erhalten, die aus der physikalischen Bedeutung der Geschwindigkeit bzw. der Dichte oder aus den Zusammenhängen zwischen Weg und Zeit bzw. zwischen Masse und Volumen abgeleitet werden. Dazu ist es notwendig, mit den Schülern bereits bei der Einführung der Geschwindigkeit und der Dichte ausführlich zu üben, wie sich bei einer Verdopplung, Verdreifachung oder Halbierung der einen Größe die andere Größe ändert. Damit werden diese Stunden zu einer Schule des funktionalen Denkens.
Der Abschnitt „Aufbau der Stoffe aus Teilchen, Verhalten von Form und Volumen" dient der weltanschaulich bedeutsamen Erkenntnis, daß das unterschiedliche Verhalten von Form und Volumen fester Körper, Flüssigkeiten und Gase sowie die unterschiedliche Dichte verschiedener Stoffe ihre Erklärung im Aufbau der Stoffe aus Teilchen und in deren Bewegung finden (vgl. Übersicht 6, S. 41). Ohne daß der Begriff „Modell" im Vordergrund steht, werden die Schüler dabei in das Arbeiten mit Modellen als weitere wesentliche Methode der Physik eingeführt. Mit der Behandlung der Brownschen Bewegung lernen die Schüler die für die Entwick-

lung des wissenschaftlichen Weltbildes wichtige Tatsache kennen, daß Bewegung nicht nur eine Eigenschaft der lebenden, sondern auch der nichtlebenden Natur ist. Die fachübergreifende Bedeutung der Diffusion und Kapillarität besonders für die Biologie sollte bereits im Physikunterricht deutlich werden. Dazu genügt der Hinweis darauf, daß die Diffusion als Konzentrationsausgleich auch durch durchlässige Trennwände hindurch erfolgt.

Übersicht 6: **Aneignung physikalischer Grundlagen über den Aufbau der Stoffe aus Teilchen**

Klasse	Physikalische Grundlagen
6	*Entwicklung einfachster Vorstellungen vom Aufbau der Stoffe aus Teilchen* Alle Stoffe bestehen aus Teilchen. Die Teilchen befinden sich in ständiger Bewegung. Zwischen den Teilchen wirken anziehende und abstoßende Kräfte. Deuten der Diffusion *Differenzierung der Vorstellungen nach dem Aggregatzustand der Stoffe* *Feste Stoffe*: Jedes Teilchen hat einen bestimmten Platz. *Flüssigkeiten*: Die Teilchen haben keinen bestimmten Platz, sie befinden sich aber dicht beieinander. *Gase*: Die Teilchen bewegen sich völlig unregelmäßig. Es gibt größere Abstände zwischen den Teilchen. Deuten von mechanischen Eigenschaften der Stoffe: Beständigkeit bzw. Unbeständigkeit von Volumen und Form Vergleichen der Dichte von festen Stoffen, Flüssigkeiten und Gasen Entstehen von Adhäsion, Kohäsion und Kapillarität
7	*Erweiterung der Vorstellungen durch statistische Betrachtungen* – zu den *Stößen der Teilchen von Gasen gegen die Gefäßwand* Deuten unterschiedlicher Gasdrücke
8	– zu der *durchschnittlichen Geschwindigkeit der Teilchen* Deutung der Temperatur, des absoluten Nullpunktes der Temperatur, von Temperaturänderungen, von Veränderungen des Gasdruckes bei Temperaturänderungen sowie des Verdunstens – zu der *Summe der kinetischen Energie aller Teilchen* Deuten der thermischen Energie eines Körpers und deren Abhängigkeit von dessen Temperatur und Masse sowie des Entzuges der Verdampfungswärme aus der Umgebung beim Verdunsten

Stoffgebiet „Wärmelehre". Der Aufbau des Stoffgebietes orientiert sich an praktisch wichtigen Fragen des *thermischen Verhaltens von Körpern bei Temperaturänderungen* (vgl. Übersicht 7, S. 42). Das Untersuchen dieser Fragen wird jeweils bis zum Wirken der erkannten Zusammenhänge in der Natur und insbesondere bis zur Anwendung derselben als Wirkprinzipien in der Technik geführt. Hieraus resultieren vielfältige fachübergreifende Beziehungen zur Chemie (Destillieren), zur Biologie (Abhängigkeit des Wachstums von Pflanzen und der Entwicklung von Tieren von der Temperatur; Ziehen der Herbstfurche) und insbesondere zum ESP-Unterricht in Klasse 7 (Formgebung durch Gießen, Verbinden durch Schmelz-

schweißen, Trennen durch Brennschneiden). Die Aneignung dieser physikalischen Zusammenhänge ist im neuen Lehrplan zu einer hervorragenden Schule des Denkens entwickelt worden. Die neue Betrachtungsweise der Temperaturänderung gegenüber der einseitigen Herausstellung der Temperaturerhöhung fördert die Beweglichkeit des Denkens durch den ständigen Wechsel der Betrachtungsweise zwischen Temperaturerhöhung und Temperaturerniedrigung mit den Konsequenzen Vergrößerung bzw. Verkleinerung des Volumens, Schmelzen bzw. Erstarren, Sieden bzw. Kondensieren. Hierfür werden auch dadurch günstigere Bedingungen geschaffen, daß alle diese Betrachtungen allein im Rahmen der phänomenologischen Thermodynamik erfolgen.

Übersicht 7: **Aneignung von Grundlagen über das thermische Verhalten von Körpern und Stoffen**

Klasse 6	**Klasse 7**	**Klasse 8**
Physikalische Grundlagen		
Einführung der physikalischen Größen Temperatur und Druck		
Temperatur ϑ (physikalische Bedeutung, Einheit, Meßgerät)		Deutung im Modell
Celsiusskale		Absolute Temperatur T Deutung des absoluten Nullpunktes Temperaturänderung ΔT
ϑ-t-Diagramm bei gleichmäßiger Wärmezufuhr		ϑ-t-Diagramm des Temperaturausgleiches
Vermeiden von Meßfehlern		Volkswirtschaftliche Bedeutung der Genauigkeit von Messungen
	Gasdruck p Deutung im Modell	
Volumen- und Druckänderung bei Temperaturänderung *Feste Körper und Flüssigkeiten:*		
$\Delta V = f(\Delta\vartheta, \text{Stoff})$ $\Delta l = f(\Delta\vartheta, \text{Stoff})$ Kräfte bei Volumenänderung Anomalie des Wassers		$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot \Delta T$
Gase:		
Gase in offenen Gefäßen	*Gase in geschlossenen Gefäßen*	*Volumen- und Druckänderung von Gasen bei Temperaturänderung*
Gleiche Ausdehnung bei allen Gasen	Druckänderung durch Temperatur- und Volumenänderung	(bei V = const. und bei dehnbaren Begrenzungsflächen)

Aggregatzustandsänderungen bei Temperaturänderung

Umwandlungstemperaturen ϑ-t-Diagramme für Schmelzen und Sieden Volumenänderung beim Schmelzen und Erstarren Ausnahme des Wassers Verdunsten Abhängigkeit des Verdunstens von verschiedenen Faktoren		Abhängigkeit der Umwandlungstemperatur vom Druck, ϑ_v-p-Diagramm Deutung im Modell
Anwendungen in Technik und Produktion *Berücksichtigung der thermischen Belastung von Bauwerken* (Dehnungsausgleich bei Freileitungen, Rohren, Brücken, Betonstraßen) *Nutzen der Aggregatzustandsänderung in der Werkstoffbearbeitung* (Umformen durch Gießen; Verbinden bzw. Trennen durch Schweißen und Löten)		

Das Stoffgebiet „Wärmelehre" ist auch ein *Ausgangspunkt für die Aneignung von Wissen über die Energie* (vgl. Übersicht 10, S. 49 ff.). Im Zusammenhang mit der Frage, wie die Temperatur eines Körpers geändert werden kann, werden die Schüler propädeutisch mit wesentlichen Inhalten der Hauptsätze der Thermodynamik bekannt gemacht, ohne daß diese Bezeichnungen im Unterricht benutzt werden. Der Inhalt des zweiten Hauptsatzes wird im Lehrbuch so formuliert: „Die Wärme geht vom Körper der höheren Temperatur auf den der niedrigen Temperatur über" [14; S. 71]. Der Inhalt des nullten Hauptsatzes wird anschließend als Beispiel des Temperaturausgleiches zwischen Kochplatte und Kochtopf entwickelt. Wesentliche Inhalte des ersten Hauptsatzes werden ohne Benutzung des Begriffes Energie schließlich so dargelegt: „Soll sich die Temperatur der Kochplatte nicht verringern, so muß auch ihr immer neu Wärme zugeführt werden" [14; S. 71]. Diese Zusammenhänge gilt es den Schülern bewußtzumachen und bei der Untersuchung der Wärmeübertragung ständig anzuwenden. Über die dazu erforderlichen Erfahrungen verfügen die Schüler.

In Klasse 6 wird der Begriff Wärme vorwiegend auf dem Niveau der Alltagssprache benutzt. Eine Einführung der Wärme als physikalische Größe erfolgt schrittweise ab Klasse 7. Es wird jedoch von Anfang an darauf geachtet, daß dieser Begriff nur im Sinne einer Prozeßgröße benutzt wird, wobei in den Wörtern „Wärmeabgabe" und „Wärmeaufnahme" zugleich die Richtungen dieser Prozesse enthalten sind.

Bei der Erarbeitung der physikalischen Grundlagen aus der Wärmelehre wird die *Entwicklung von Fähigkeiten zum Messen, zum Anwenden des Experiments und der Mathematik* zielstrebig fortgesetzt. Hierfür bestehen durch die vielseitigen Inhalte der Experimente, durch das Durchführen zahlreicher Schülerexperimente, durch das gemeinsame Planen von Demonstrationsexperimenten und durch die Arbeit mit Temperatur-Zeit-Diagrammen günstige Bedingungen. Beim Durchführen der Experimente und beim Zeichnen und Interpretieren von Diagrammen sind den Schülern ebenso detaillierte Hilfen zu geben wie in der Mechanik.

Stoffgebiet „Der Aufbau des Atoms und elektrische Ladung". In diesem Stoffgebiet eignen sich die Schüler Wissen über die Existenz von Atomen und über ein einfaches räumliches Modell vom elektrisch neutralen Atom an (vgl. Übersicht 18, S. 76). Damit werden wesentliche Voraussetzungen für den in Klasse 7 einsetzenden Chemieunterricht geschaffen. In diesen Stunden erfolgt eine bedeutende Erweiterung des physikalischen Weltbildes der Schüler. Nachdem die Schüler schon den Aufbau der Stoffe aus Teilchen kennen, wird ihnen jetzt der Blick für die Existenz und den Aufbau von Teilchen atomarer Größenordnung und für die Existenz von Elementarteilchen geöffnet. In diesen Stunden werden erste Einsichten in die Erkennbarkeit physikalischer Vorgänge und Erscheinungen vorbereitet.

Stoffgebiet „Gegenstand der Physik und physikalische Arbeitsweisen." Ziel dieser Stunden ist vor allem ein erstes altersgerechtes Bewußtmachen des Weges und der Methoden bei der Erkenntnisgewinnung in der Physik. Dies erfolgt im Rahmen einer Wiederholung wesentlicher Erkenntnisse aus der Mechanik und aus der Wärmelehre, wobei das methodische Vorgehen bei der Gewinnung dieser Erkenntnisse in den vorangegangenen Stunden bewußt erörtert wird. Im Mittelpunkt stehen hierbei das experimentelle Erarbeiten von Erkenntnissen und das Auswerten der Meßwerte zu Gesetzen.
Am Beispiel der in vergangenen Stunden erfolgten Erarbeitung des Gesetzes für die Längenänderung einer Feder, der Wirkung des Bimetallstreifens, der Abhängigkeit des Verdunstens von verschiedenen Bedingungen und des hier durchzuführenden Schülerexperiments zur Bestimmung der Dichte kann den Schülern das Verständnis für die Vielfalt des Einsatzes von Experimenten in der Physik angebahnt werden. Dabei werden solche Bestandteile des Experimentierprozesses hervorgehoben wie Formulieren einer Frage an die Natur, sorgfältiges Planen, vorurteilsfreies Beobachten, genaues Messen und gewissenhaftes Auswerten des Experiments unter Bezugnahme auf die zu untersuchende Frage. Anhand der Lehrbuchabbildungen über technische Hilfsmittel zur Erkundung des Meeres (vgl. [14; S. 104]) kann den Schülern erläutert werden, wie Technik und Produktion durch das Bereitstellen immer besserer Meßanlagen die Entwicklung der Physik fördern.
Wünschenswert ist es, daß der Lehrer hierbei auch die Erfahrungen der Schüler aus dem Biologieunterricht der Klasse 6 nutzt. Das gilt für das Schülerexperiment zum Nachweis von Stärke in den Keimblättern der Gartenbohne und für die Arbeit der Schüler mit dem Schülermikroskop.

Stoffgebiet „Geometrische Optik". Der Aufbau dieses Stoffgebietes orientiert sich an den praktisch bedeutsamen Fragen der *Bildentstehung in optischen Geräten* (vgl. Übersicht 8, S. 45). Entsprechend dem Prinzip vom Einfachen zum Komplizierten, werden im neuen Lehrplan wirkliche Bilder vor den scheinbaren Bildern behandelt. Durch *vielfältige Analogiebetrachtungen* wurden Erkenntniswege vorgeplant, die für die Schüler leichter zu beschreiten sind: das Brechungsgesetz wird in Analogie zum Reflexionsgesetz, der Verlauf der Hauptstrahlen an Linsen in Analogie zu Hohlspiegeln, die Bildentstehung an Spiegeln in Analogie zu Linsen erarbeitet.

Übersicht 8: **Aneignung von Grundlagen aus der geometrischen Optik**

Klasse 6	Klasse 10
Physikalische Grundlagen	
Geradlinige Lichtausbreitung	
Darstellung des Lichtbündels durch Lichtstrahl	Modell Lichtstrahl
Mitteilung der Lichtgeschwindigkeit	Methode zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit, unterschiedliche Geschwindigkeiten in verschiedenen Medien
Schatten, Finsternisse, Mondphasen	**Astronomie:** Erklärung des Entstehens der Mondphasen, Sonnen- und Mondfinsternisse
Änderung der Richtung der Lichtausbreitung durch Reflexion und Brechung	
Reguläre und diffuse Reflexion Reflexionsgesetz $\alpha = \alpha'$	Reflexionsgesetz $\alpha = \alpha'$
Brechungsgesetz	Brechungsgesetz $\frac{\sin \alpha}{\sin \beta} = \frac{c_1}{c_2}$ Totalreflexion Farbzerlegung bei Brechung an Prismen
Verlauf der Hauptstrahlen bei Hohlspiegel, Prisma, Sammellinse	Richtungsänderung im Lichtleitkabel
Entstehung, Lage und Eigenschaften der Bilder bei optischen Bauelementen	
Wirkliche und scheinbare Bilder an Sammellinsen, Hohlspiegeln, ebenen Spiegeln	Reelle Bilder an Sammellinse
Anwendung in Technik und Produktion	
Optische Geräte (Aufbau und Bildentstehung)	
Bildwerfer	
Kamera	Entfernungseinstellung am Fotoapparat
Auge	**Biologie** (Klasse 8): Sehvorgang im Auge
Astronomisches Fernrohr	**Astronomie:** Aufbau und Wirkungsweise eines Linsenfernrohres, Hinweis auf Spiegelfernrohr, Abhängigkeit der Leistungsfähigkeit eines Fernrohres von Brennweite und Durchmesser des Objektivs
Mikroskop	

Damit entstehen in diesem Stoffgebiet auch bessere Bedingungen für die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens. Besonders sind hierbei zu nennen: das Abstrahieren (vom Lichtbündel zum Lichtstrahl oder von verschiedenen Lichtstrahlen zu den Hauptstrahlen), das Vergleichen (des Verlaufes von Strahlen, der

Gegenstände und Bilder nach Lage, Größe und Ort), das Klassifizieren (von Spiegeln, Linsen oder Bildern), das deduktive Ableiten von Aussagen über Größe, Lage und Ort von Bildern und das Bestätigen dieser Voraussagen in Schülerexperimenten. Mit einfachen Worten werden die Schüler an einigen Beispielen auf den Unterschied zwischen Schein und Wirklichkeit bei optischen Erscheinungen aufmerksam gemacht (Schein und Wirklichkeit der Entstehung der Mondphasen, scheinbare Hebung oder Knickung von Körpern im Wasser als Folge der Brechung des Lichtes).
Mit der Anwendung der Gesetze für die Lichtausbreitung auf Vorgänge im Weltall am Beispiel der Mond- und Sonnenfinsternis erfolgt eine wesentliche Erweiterung des wissenschaftlichen Weltbildes der Schüler. Die Wertschätzung der optischen Industrie der DDR sollte mit einem kurzen Rückblick auf die Entstehung der Zeisswerke verbunden werden. Am konkreten Beispiel des Zusammenwirkens des Mechanikers C. F. Zeiß, des Physikers E. Abbe und des Glastechnikers O. Schott können in altersgerechter Weise die Notwendigkeit und die Erfolge des Verbindens von Produktion und Wissenschaft verdeutlicht werden. Am Beispiel des Fernrohres und des Mikroskops kann bei den Schülern das Verständnis geweckt werden für die Bedeutung der in der Physik entwickelten wissenschaftlichen Geräte für Entdeckungen in anderen Naturwissenschaften.

3.2. Der Physikunterricht in Klasse 7

Innerhalb des Physiklehrgangs beginnt in Klasse 7 die konzentrische Wiederholung, Vertiefung und Erweiterung des Wissens der Schüler aus Klasse 6 mit der Mechanik. Weiterhin beginnt in Klasse 7 die systematische Aneignung von Wissen über die Energie.

Stoffgebiet „Kräfte, Arbeit und Leistung in der Mechanik". Dieses Stoffgebiet erfüllt im Gesamtlehrgang mehrere Funktionen. Die Schüler eignen sich Wissen über die für die gesamte Physik und Technik wichtigen physikalischen Größen Kraft, Arbeit und Leistung an (vgl. Übersicht 9, S. 46).
Gleichzeitig ist das gesamte Stoffgebiet ein Konzentrationspunkt in der Entwicklung der Fähigkeiten zum Anwenden des Experiments und der Mathematik, weil die Schüler hier an einfachen Gegenständen tiefer in die Anwendung dieser Methoden eindringen können. Dem hier angeeigneten Wissen kommt darüber hinaus für weitere Linienführungen des Physikunterrichts Bedeutung zu. Innerhalb der Aneignung von Wissen aus der Dynamik werden mit der Behandlung der Kraft und der Reibung weitere Voraussetzungen für das Verständnis der Newtonschen Gesetze in Klasse 9 erarbeitet (vgl. Übersicht 2, S. 28).
Durch die Behandlung der Arbeit und der Leistung werden weitere Grundlagen für die Einführung des Energiebegriffes geschaffen (vgl. Übersicht 10, S. 49 ff.).
Für alle diese Funktionen wurden im Lehrplan bessere Bedingungen geschaffen. Die *Reibung* wird als eigenständige physikalische Erscheinung und nicht mehr nur als Begleiterscheinung beim Verrichten von mechanischer Arbeit betrachtet. Dieses Vorgehen fördert das Verständnis für die Bedeutung der Reibung in der Technik und begünstigt Fehlerbetrachtungen bei den Experimenten. Dabei wird auch die Haftreibung zwischen zwei bewegten Körpern untersucht, denn hierauf beruhen einige im ESP-Unterricht behandelte technische Anwendungen (Riementrieb,

Übersicht 9: **Aneignung von Grundlagen über Kräfte, Arbeit und Leistung in der Mechanik**

Klasse	Physikalische Grundlagen
6	*Kraft* Kraft als physikalische Größe Gewichtskraft Messen von Kräften
7	Fehler beim Messen von Kräften Richtung, Betrag und Angriffspunkt einer Kraft Darstellen von Kräften *Reibung* Reibung als bewegungshemmender Vorgang Gleit-, Roll- und Haftreibung $F_R = f(F_G, \text{Stoff})$ *Goldene Regel der Mechanik* Gesetze für die Kräfte bzw. für die Wege an Rollen und Flaschenzügen $F \sim \frac{1}{s}$ Anwendung dieser Regel auf die geneigte Ebene *Hebelgesetz* Hebel im Gleichgewicht Hebelgesetz $F_1 : F_2 = l_2 : l_1$ *Mechanische Arbeit und mechanische Leistung* Arten mechanischer Arbeit Mechanische Arbeit $W = F \cdot s$ Mechanische Leistung $P = \frac{W}{t}$
Anwendungen in Technik und Produktion *Erwünschte und unerwünschte Reibung, Veränderung der Reibungskräfte* *Aufbau und Wirkungsweise kraftumformender Einrichtungen* *Wirkungsweise ein- und zweiseitiger Hebel*	

Reibradantrieb, Reibscheibenkupplung und Abzugswalzen). Weiterhin wurde die Behandlung der *kraftumformenden Einrichtungen* an den praktisch bedeutsamen Fragen nach der Erleichterung der Arbeit für den Menschen, der Vervielfachung der Kräfte des Menschen und der von Motoren orientiert. Als Ergebnis der experimentellen Untersuchungen wird die *Goldene Regel der Mechanik* erkannt. Dabei wird die historische Formulierung von Galilei durch die schärfere mathematische Formulierung ergänzt. „Bei kraftumformenden Einrichtungen sind Kraft und Weg einander umgekehrt proportional: $F \sim \frac{1}{s}$." Die Orientierung an diesen praktischen Fragestellungen gestattet auch die Gestaltung von analogen Erkenntnisprozessen bei der Untersuchung der verschiedenen Rollen und Flaschenzüge.

Um dieses Stoffgebiet zu einem Konzentrationspunkt für die Anwendung von Experiment und Mathematik zu machen, wurde die Anzahl der Schülerexperi-

mente wesentlich erhöht. Die Schüler nutzen das Experiment in allen seinen Funktionen im Erkenntnisprozeß: zum Messen und Bestimmen von Größen (Kraft, Weg, mechanische Arbeit), zum Prüfen von Vermutungen (über die Abhängigkeit der Reibungskraft von anderen Größen), zum Untersuchen von physikalischen Abhängigkeiten (zwischen Hub- und Zugkräften) oder zum Bestätigen von Voraussagen (aus dem Hebelgesetz). Hierbei wird das Wissen über die Arten und den Einfluß von Meßfehlern auf das Ergebnis des Experiments erweitert.

Für das methodische Vorgehen beim Befähigen der Schüler zum Anwenden der Mathematik ist im Lehrplan festgelegt: „Die Meßwertreihen werden mit dem Ziel ausgewertet, Gesetze zu erkennen, die als Gleichungen dargestellt werden können. Die Gleichungen werden in mathematischer Form erst formuliert, nachdem die Schüler die Gesetze ... in Worten ausgedrückt haben. Dadurch erkennen die Schüler, daß mit Hilfe der Mathematik eine rationelle Darstellung der Gesetze möglich ist [6; S. 8]." In diesem Stoffgebiet beginnt der *Einsatz des Taschenrechners*. Durch dessen Einsatz sollen Unterrichtszeit für geistig anspruchsvolle Tätigkeiten beim Anwenden der Mathematik gewonnen und die Erfolgssicherheit der Schüler beim Lösen von Aufgaben erhöht werden. Von Anfang an sind dabei die im Mathematikunterricht eingeführten Regeln für die Angabe von Ergebnissen mit sinnvoller Genauigkeit anzuwenden (vgl. [28.; S. 80ff.], [29; S. 13]). Hierbei ist jedoch zu unterscheiden, ob die gegebenen physikalischen Größen wirklich Meßwerte und damit Näherungswerte sind oder ob diese Größen im Rahmen von theoretischen Betrachtungen als genaue Werte anzusehen sind. Im zweiten Fall muß das Ergebnis nicht nach diesen Regeln angegeben werden, sondern es muß dem physikalischen Sachverhalt entsprechend sinnvoll gerundet werden.

Stoffgebiet „Energie in Natur und Technik". In diesem Stoffgebiet beginnt innerhalb des naturwissenschaftlichen und polytechnischen Unterrichts die systematische Vermittlung von Wissen über die Energie (vgl. Übersicht 10, S. 49 ff.).

Übersicht 10: **Aneignung von Grundlagen über die Energie**

Klasse	Physikalische Grundlagen	Bereitstellung, Übertragung und Nutzung von Energie in der Technik	Fachübergreifende Verbindungen
6	*Schaffung von Grundlagen für die Einführung des Energiebegriffs*		
	WÄRMELEHRE Propädeutische Formulierung des Inhaltes des 1. und 2. Hauptsatzes	Übertragung von Wärme durch Leitung, Strömung, Strahlung Maßnahmen zur Wärmedämmung	
7	*MECHANIK* Goldene Regel der Mechanik Mechanische Arbeit $W = F \cdot s$	Mechanische Arbeit beim Benutzen von Maschinen Mechanische Leistung $P = W/t$	**BIOLOGIE:** Autotrophe Ernährung der Pflanzen, Bedingung Licht
	Einführung des Energiebegriffs und des Gesetzes von der Erhaltung der Energie		
	ENERGIE IN NATUR UND TECHNIK Energieformen: potentielle, kinetische, thermische, elektrische, chemische Energie, Kernenergie	Energieträger in der Technik	Ausblick auf Sonne als Energiequelle der Erde
	Umwandlung und Übertragung von Energie	Energieumwandlung in Kraftwerken, Motoren, Turbinen	Energieumwandlung bei chemischen Vorgängen
			CHEMIE: Chemische Reaktion als Stoff- und Energieumwandlung
		Wirkungsgrad $\eta = \frac{E_{nutz}}{E_{aufgew.}}$ Verbesserung des Wirkungsgrades, rationelle Nutzung der Energie	Energieumwandlung
	Gesetz von der Erhaltung der Energie		in der lebenden Natur

Klasse	Physikalische Grundlagen	Bereitstellung, Übertragung und Nutzung von Energie in der Technik	Fachübergreifende Verbindungen
8	*Vertiefung, Erweiterung und Anwendung des Wissens zum Verständnis von Vorgängen in Natur und Technik*		
	THERMODYNAMIK Einführung der thermischen Energie und Wärme als Größen	Wärmequellen Thermische Leistung $P_{th} = Q/t$	**CHEMIE:** Reaktionswärme bei exo- und endothermen Reaktionen, $Q = \pm n$ kJ Kohle als Rohstoff- und Energieträger
	1. und 2. Hauptsatz		Ausblick auf Energiehaushalt der Erde und in der lebenden Natur
			BIOLOGIE: Stoff- und Energiewechsel des Menschen, Körperhaltung und Bewegung Energiebedarf des Menschen
	Energieübertragung durch Wärme, $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$		
	Umwandlungswärme bei Aggregatzustandsänderungen	Kühlschrank, Wärmepumpe	
		Verbrennungsmotoren, Dampfturbinen Möglichkeiten zur rationellen Nutzung von Energie Abwärme und ökologisches Gleichgewicht	**ESP:** Bereitstellung und Übertragung der Energie vom Antriebs- zum Arbeitsorgan
	ELEKTRIZITÄTSLEHRE Energieumwandlungen im Stromkreis Vom Strom verrichtete Arbeit $W_{el} = P_{el} \cdot t$	Spannungsquellen Elektrische Leistung $P_{el} = U \cdot I$ Elektroenergieerzeugung und Volkswirtschaft	

Klasse	Physikalische Grundlagen	Bereitstellung, Übertragung und Nutzung von Energie in der Technik	Fachübergreifende Verbindungen
9	*ELEKTRIZITÄTSLEHRE* Felder als Träger von Energie	Gleichstrommotor	**ESP:** Aufbau und Wirkungsweise Drehstromasynchronmotor Gleichstrommotor
	Energieerhaltungssatz für die elektromagnetische Induktion	Wechselstromgenerator Transformator	Gewinnen von Elektroenergie in Kraftwerken, Fernübertragung der Elektroenergie Induktionswärme
	Energieumwandlung bei Leitungsvorgängen	Lichtbogen Lichtquellen	Aufbau und Wirkungsweise Glühlampe und Leuchtstofflampe
	MECHANIK Potentielle und kinetische Energie als Größen $E_{pot} = m \cdot g \cdot h$, $E_{kin} = \frac{m}{2} \cdot v^2$ Energieerhaltungssatz für mechanische Vorgänge $E_{pot} + E_{kin} = \text{konst.}$	Nutzbarkeit verschiedener Energieformen in Produktion und Technik	**ESP:** Energieökonomisches Bauen Mechanischer Energiefluß an einer Drehmaschine

10	*MECHANIK* Umwandlung und Übertragung von Energie bei mechanischen Schwingungen bzw. Wellen	Ultraschallwellen	
	ELEKTRIZITÄTSLEHRE Energieumwandlungen im Wechselstromkreis und im Schwingkreis	Maßnahmen zur rationellen Übertragung von Energie durch Wechselströme Hochfrequenzerwärmung	**ESP:** Energiefluß vom Kraftwerk zum Energienutzer Gewinnung von Energie im Kraftwerk Nutzung von elektrischer Energie für Beleuchtungs- und Wärmeanlagen sowie für elektromotorische Antriebe
	OPTIK Infrarotstrahlung als Wärmestrahlung	Infrarotstrahler, Laserstrahlung	**ASTRONOMIE:** Strahlung der Sonne, Strahlungsleistung der Sonne (Leuchtkraft) Energiefreisetzung durch Kernfusion im Sonneninnern
	KERNPHYSIK Freisetzung von Energie Kernspaltung und Kernfusion	Kernreaktor, Kernkraftwerk Forschungsarbeiten an Fusionsreaktoren für Energieversorgung der Zukunft	

Entsprechend der Funktion des Stoffgebietes lernen die Schüler einen *allgemeinen Energiebegriff* kennen, den sie an wichtigen Energieformen konkretisieren: „Energie ist die Fähigkeit eines Körpers, mechanische Arbeit zu verrichten oder Wärme abzugeben oder Licht auszusenden" [15; S. 59]. Die für das Verständnis dieser Definition erforderlichen wissenschaftlichen Grundlagen haben sich die Schüler im Physik- und Biologieunterricht der Klassen 6 und 7 angeeignet.
Schwerpunkt des Stoffgebietes ist die Aneignung von anwendungsbereitem Wissen über die Umwandlung und Übertragung von Energie, wobei qualitative Betrachtungen im Vordergrund stehen. Quantitative Betrachtungen erfolgen in Klasse 7 nur zum Wirkungsgrad, weitere quantitative Betrachtungen werden bei den konzentrischen Erweiterungen und Vertiefungen in nachfolgenden Klassenstufen durchgeführt. Durch den Ausblick auf Energieumwandlungen in der lebenden Natur und in der Technik, durch die Behandlung der Geschichte der Nutzung verschiedener Energieformen in der Produktion, der Geschichte der Entwicklung des Wirkungsgrades von technischen Anlagen und aktuelle Betrachtungen zur rationellen Nutzung von Energie in der Volkswirtschaft werden den Schülern neue wissenschaftliche und für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes bedeutsame Zusammenhänge erschlossen.

Stoffgebiet „Mechanik der Gase und Flüssigkeiten". Das Stoffgebiet stellt einen vorwiegend linearen Lehrgangsteil dar, der jedoch auch Berührungspunkte zu anderen Inhalten des Physiklehrgangs hat. Mit der Behandlung des Gasdruckes und den Möglichkeiten seiner Veränderung erweitern die Schüler ihr Wissen über Gase bezüglich des thermischen Verhaltens von Gasen in abgeschlossenen Gefäßen (vgl. Übersicht 7, S. 42). Die Behandlung der strömenden Medien stellt zugleich eine Wiederholung der in Klasse 6 angeeigneten Grundlagen aus der Kinematik dar, indem die dort für feste Körper behandelten Begriffe und Zusammenhänge der gleichförmigen Bewegung nunmehr auf die Bewegung von Flüssigkeiten und Gasen angewendet werden.
Das Stoffgebiet wird mit der Einführung des Gasdruckes begonnen (vgl. Übersicht 11, S. 54). Damit können die Schüler besser die unterschiedliche physikalische Natur des *Gasdruckes* (als Folge der ungeordneten Bewegung der Moleküle), des *Kolbendruckes* (als Folge des Einwirkens einer äußeren Kraft) und des *Schweredruckes* (als Folge der Gewichtskraft) erkennen. Da hierfür die Behandlung des *Auflagedruckes* fester Körper auf feste Körper keinen wesentlichen Beitrag liefert, steht dieser nicht mehr am Anfang des Stoffgebietes und wird auch nur noch in dem Umfang behandelt, wie dies für das Verständnis technologischer Verfahren im Fach ESP (Arbeitstechniken des Umformens wie Tiefziehen, Walzen und Gesenkpressen, Beschichten von Blechbändern mit PVC-Folien) und für ein Verständnis des Schweredruckes notwendig ist.

Übersicht 11: **Aneignung von Grundlagen der Mechanik der Gase und Flüssigkeiten**

Physikalische Grundlagen

Ruhende Gase und Flüssigkeiten

Gasdruck $p = \frac{F}{A}$

Kolbendruck in Flüssigkeiten
Kolbenkräfte bei hydraulischen Anlagen
$F_A : F_P = A_A : A_P$
Auflagedruck
Schweredruck von Wasser und Luft
$p = f(h, \varrho)$
Auftriebskraft $F = f(V, \varrho)$
Gesetz von Archimedes

Strömende Gase und Flüssigkeiten

Strömung und Stromlinienbild
Strömungsgeschwindigkeit

$v = \frac{s}{t}$ und $v = f(A)$

Widerstandskraft an umströmten Körpern $F = f(A, v, \varrho,$ Form und Oberfläche)
Druck in einem Rohr $p = f(v)$
Druckkraft an umströmten Körpern

Anwendungen in Technik und Produktion

Erzeugung und Anwendung von Druckluft
Anwendung des Kolbendruckes und des Luftdruckes (hydraulische Anlagen, Kolbenpumpen)
Veränderung des Auflagedruckes (von Fahrzeugen, Maschinen, Bauwerken)
Anwendungen des Auftriebes (bei verschiedenen Schiffstypen und Ballons)
Anwendungen der Sogwirkung strömender Gase
Auftriebskräfte an der Tragfläche eines Flugzeuges
Veränderung von Widerstandskräften an umströmten Körpern

Die Behandlung der *strömenden Medien* stützt sich auf das Experiment und auf das Beschreiben von Strömungen mit Stromlinienbildern. Die Schüler lernen, aus Stromlinienbildern auf Gebiete großer oder kleiner Strömungsgeschwindigkeiten zu schließen und unter Anwendung des Zusammenhangs von Strömungsgeschwindigkeit und Druck experimentelle Ergebnisse zu erklären oder vorauszusagen. Auch wenn keine explizite Unterscheidung zwischen einer Strömung als physikalischer Vorgang und dem Stromlinienbild als Modell desselben vorgesehen ist, dient dieser Unterrichtsstoff dennoch der Vorbereitung der Schüler auf die in Klasse 8 erfolgende Verallgemeinerung über physikalische Modelle.

Die Entwicklung der experimentellen Fähigkeiten stützt sich in dieser Stoffeinheit vor allem auf die aktive Einbeziehung der Schüler in das Planen und Auswerten der Demonstrationsexperimente. Höhepunkt eigener experimenteller Tätigkeit sind die Untersuchungen zum Archimedischen Gesetz sowie zum Schwimmen von Körpern. Zum Aufstellen von Vermutungen, zum Planen von Experimenten, zu deren Überprüfung und zum Durchführen der Experimente ist ausreichend Zeit vorzusehen.

Bei der Gestaltung des Unterrichts sind vielfältige fachübergreifende Verbindungen zu den Fächern ESP und Biologie zu nutzen. So sind in den Unterricht Kenntnisse der Schüler einzubeziehen über das Druckgießen, das Strangpressen, den Aufbau eines Flüssigkeitsgetriebes, eines Sandstrahlgebläses und einer Spritzpistole sowie über das Schwimmen von Fischen und das Fliegen von Insekten und Vögeln. Umgekehrt nutzen diese Fächer die hier vermittelten Kenntnisse bei der Behandlung von hydraulischen Übertragungs- und Steuerorganen bzw. beim Atmungsvorgang oder beim Blutkreislauf.

Auch dieses Stoffgebiet leistet spezifische Beiträge zur Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes. Die Schüler erkennen am Beispiel des hydrostatischen und des aerodynamischen Paradoxons die Notwendigkeit, vorurteilsfrei zu beobachten sowie das Experiment und nicht den „gesunden" Menschenverstand als Mittel zur Prüfung von Vermutungen anzuerkennen. Bei der Würdigung der Leistungen von O. v. Guericke und E. Torricelli ist hervorzuheben, daß sich beide mit ihren physikalischen Erkenntnissen bewußt über die jahrhundertealte mystische Vorstellung vom „horror vacui" hinwegsetzten. Sie erklärten mit physikalischen Erkenntnissen über den Luftdruck die die damalige Entwicklung des Bergbaus hemmende Tatsache, daß Saugpumpen das Wasser nur etwa 10 Meter hoch heben können, eine „Erklärung" mit der „Abscheu der Natur vor dem Leeren" war nicht mehr haltbar.

3.3. Der Physikunterricht in Klasse 8

In Klasse 8 wird die Behandlung der Thermodynamik zum Abschluß geführt, und es wird mit der systematischen Behandlung der Elektrizitätslehre begonnen.

Stoffgebiet „Thermodynamik". In dem Stoffgebiet erfolgt eine Wiederholung, Vertiefung und Erweiterung des Wissens der Schüler über das thermische Verhalten von Körpern und Stoffen aus Klasse 6 sowie über das Gesetz von der Erhaltung der Energie aus Klasse 7. Mit der Behandlung des Energiehaushalts der Erde und des Energiehaushalts in der lebenden Natur werden elementare Einsichten in die Einheit der Natur vorbereitet. Der Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes dient auch die in das Stoffgebiet aufgenommene Verallgemeinerung über das Erarbeiten und Anwenden physikalischer Gesetze. Dafür enthält das Lehrbuch das spezielle Kapitel „Physikalische Gesetze" [16; S. 23 ff.].
Der Aufbau des Stoffgebietes folgt zunächst der in Übersicht 7, S. 42, dargestellten Aneignung von Wissen über das thermische Verhalten von Körpern und anschließend der in Übersicht 10, S. 49 ff., dargestellten Aneignung von Wissen über die Energie. Zur Vermittlung von historischen und aktuellen Tatsachen über den Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Gesellschaft, Produktion und Physik wurden die Einführung und der Abschluß des Stoffgebietes sowie die Behandlung des Überblicks über die historische Entwicklung und Anwendung der Verbrennungsmotoren neu gestaltet.
Die Vertiefung des Wissens über das thermische Verhalten von Körpern erfolgt insbesondere durch die Einführung der absoluten Temperatur, die Untersuchung der Gültigkeitsbedingungen für einige physikalische Gesetze (vor allem am Beispiel der Abhängigkeit der Siedetemperatur vom Luftdruck) und die mathematische Darstellung einiger Gesetze. Weiterhin erfolgt eine Vertiefung des Wissens und eine Weiterentwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes durch statistische Betrachtungen zur durchschnittlichen Geschwindigkeit der Teilchen, wodurch die Temperaturänderung, die Existenz eines absoluten Nullpunktes der Temperatur, die Veränderung des Gasdruckes bei Temperaturänderung sowie das Verdunsten einer wissenschaftlichen Erklärung zugeführt werden (vgl. Übersicht 7).
Den Abschluß dieser Unterrichtsstoffe bildet eine Verallgemeinerung über die Erarbeitung, Formulierung und Anwendung physikalischer Gesetze. Methodisch erfolgt dies durch eine Wiederholung der Gesetze für das thermische Verhalten von Körpern unter folgenden methodologischen Gesichtspunkten: Wie sind wir bei der

Erkenntnis dieser Gesetze vorgegangen? Welche Vorzüge bringt die mathematische Formulierung gegenüber einer wörtlichen Formulierung dieser Gesetze? Welche mathematischen Abhängigkeiten treten in diesen Gesetzen auf? Als Ergebnis werden die Definition des Begriffes „Physikalisches Gesetz" sowie eine Regel zum Planen und Durchführen von Experimenten zur Untersuchung der Abhängigkeit zwischen zwei physikalischen Größen erarbeitet. Im Sinne der fachübergreifenden Herausbildung von Fähigkeiten zum Planen von solchen Experimenten ist es nützlich, auch an die Erfahrungen der Schüler aus dem Biologieunterricht der Klasse 7 bei der experimentellen Untersuchung der Abhängigkeit der Entwicklung von Schimmelpilzen bei unterschiedlichen Umweltbedingungen anzuknüpfen. Weiterhin wird den Schülern bewußt gemacht, weshalb in der Physik die Gesetze bevorzugt mit Hilfe der Mathematik formuliert werden und woran man im Diagramm eine direkte, eine indirekte Proportionalität beziehungsweise eine andere Abhängigkeit erkennt. Dieses Wissen wird bis Klasse 10 zum Ausgangspunkt methodologischer Überlegungen bei der Anwendung von Experiment und Mathematik für die Erkenntnis und Formulierung physikalischer Gesetze.

Abschließend enthält das Lehrbuchkapitel „Physikalische Gesetze" eine Anleitung zum *Anwenden von Gesetzen für Erklärungen und Voraussagen* (vgl. [16; S. 25]). Diese Anleitung ist hier eingeordnet, weil sie zu dem Thema „Physikalische Gesetze" gehört. Es ist aber dem Lehrer freigestellt, zu welchem Zeitpunkt des Unterrichts mit dem Einsatz dieser Anleitung begonnen wird.

Die Vertiefung und Erweiterung des Wissens über die Energie erfolgt insbesondere durch die Einführung der thermischen Energie und der Wärme als physikalische Größen, durch die explizite Formulierung des zweiten Hauptsatzes und durch die quantitative Beschreibung der Energieübertragung mittels Wärme bei Temperaturänderung und bei Zustandsänderungen. Hierbei gibt es viele Verbindungen zum Chemie-, Biologie- und Astronomieunterricht (vgl. Übersicht 10, S. 49 ff.). Ein weiterer Schwerpunkt ist das Aneignen von Wissen über Anlagen zur Energieumwandlung, in denen die Hauptsätze, die Gesetze der Aggregatzustandsänderungen und des Verhaltens von Gasen gleichzeitig wirken. Hierfür werden die Kenntnisse der Schüler aus dem ESP-Unterricht über die Energiebereitstellung durch Antriebsorgane sowie die Energieübertragung vom Antriebsorgan zum Arbeitsorgan genutzt.

Sowohl aus der Sicht des Interesses der Schüler am Unterricht als auch aus der Sicht der zur Verfügung stehenden Unterrichtszeit müssen bei diesem konzentrischen Lehrgangsaufbau die jeweiligen Unterrichtsstoffe aus den Klassen 6 und 7 sehr akzentuiert durch Lehrer- oder Schülervorträge oder durch die selbständige Arbeit mit dem Lehrbuch wiederholt werden, damit genügend Zeit für die neuen Inhalte des Unterrichtsstoffes zur Verfügung steht. Das gilt zum Beispiel für die Beiträge, die von der Aneignung des Unterrichtsstoffes für die Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes ausgehen. Hervorgehoben werden sollen: das Kennenlernen des absoluten Nullpunktes der Temperatur, das Erörtern der Unmöglichkeit der Erreichung dieser Temperatur oder das Behandeln des Energiehaushaltes der Erde. Ebenso wichtig sind die Beiträge zum bewußten Planen von Experimenten, zum Erkennen der Ursachen für Meßfehler, zur Entwicklung des funktionalen Denkens und zum Lösen komplexer Aufgaben.

Bei der weiteren Entwicklung von elementaren Einsichten in den *Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Gesellschaft, Produktion und Physik* stehen in die-

sem Stoffgebiet unterschiedliche Aspekte im Vordergrund: Gestützt auf ihr Wissen aus dem Geschichtsunterricht in Klasse 7 über die industrielle Revolution in England, erkennen die Schüler am Beispiel der Entwicklung und Anwendung der Dampfmaschine, daß erst die neuen gesellschaftlichen und industriellen Entwicklungen in England die stürmische Entwicklung der Dampfmaschine und damit auch der Thermodynamik erforderten. Hieraus kann durch Hinweise auf aktuelle Forderungen nach energiesparenden Technologien die Einsicht vorbereitet werden, daß auch heute die praktischen Bedürfnisse der Gesellschaft und der Produktion eine wichtige Triebkraft für die Entwicklung der Physik sind.
Bei dem Überblick über die historische Entwicklung und Anwendung der Verbrennungsmotoren wird diese Einsicht durch eine Betrachtung über den Einfluß der Profitinteressen auf diese Entwicklung bereichert. Die Kenntnisse über die physikalischen und technischen Leistungen von N. Otto, G. Daimler und R. Diesel werden im Geschichtsunterricht aufgegriffen, wenn der Einfluß technischer Erfindungen und deren Nutzung auf den wirtschaftlichen Aufschwung in Deutschland behandelt werden.
In der abschließenden Stoffeinheit werden erstmals im Physikunterricht auch Fragen des Umweltschutzes diskutiert. Durch die Herstellung des Zusammenhanges zwischen der rationellen Nutzung der Abwärme von Abwässern und der Erhaltung des ökologischen Gleichgewichts in Flüssen und Seen erwerben die Schüler wissenschaftliche Grundlagen, die für ein Verständnis einiger Aufgaben des Umweltschutzes erforderlich sind.

Stoffgebiet „Elektrizitätslehre". Das Stoffgebiet erfüllt im Gesamtlehrgang folgende Funktionen:
Die Schüler eignen sich Wissen über das Modell der Elektronenleitung in Metallen und über die Gesetze im Gleichstromkreis an, sie vertiefen und erweitern ihr Wissen über die elektrische Energie.
Das Aneignen von Wissen über das Modell der Elektronenleitung und über die Ladungstrennung durch Reibung ist auch für die Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes von Bedeutung, indem viele den Schülern von Kindheit an bekannte elektrische Erscheinungen und Vorgänge eine wissenschaftliche Erklärung erhalten. Im Rahmen der Aneignung wissenschaftlicher Erkenntnismethoden erwerben sie Fertigkeiten im Messen elektrischer Größen, sie werden durch das Anwenden des Wissens über physikalische Gesetze befähigt, zunehmend selbständig Experimente zu planen, durchzuführen und auszuwerten. Zugleich erfolgt eine erste Verallgemeinerung über das Arbeiten mit physikalischen Modellen.
Der Aufbau des Stoffgebietes folgt im wesentlichen der in Übersicht 12, S. 58, dargestellten Aneignung physikalischer Grundlagen des Gleichstromkreises. Der Unterricht beginnt mit einer Wiederholung des Wissens der Schüler aus dem Werkunterricht über Stromkreise und die Wirkungen des elektrischen Stromes. Methodisch erfolgt dies in Schülerexperimenten nach anschaulichen Anleitungen im Lehrbuch. Hier wird bereits die Klassifizierung der Stromkreise eingeführt, die im gesamten Stoffgebiet angewandt wird: einfache, unverzweigte und verzweigte Stromkreise.

Übersicht 12: **Aneignung von Grundlagen über Größen und Gesetze des Gleichstromkreises**

Klasse	Physikalische Grundlagen		
Werken 4 bis 6	*Aufbauen von Stromkreisen nach Schaltplänen* Stromkreise mit einer Lampe oder mit zwei Lampen in Reihen- oder Parallelschaltung Anwendungen: Lichterkette, Fahrradbeleuchtung, Drehzahlregelung am Motor		
8	*Unterscheiden und Aufbauen von Stromkreisen*		
	Einfacher Stromkreis (1 Bauelement)	*Unverzweigter Stromkreis* (2 Bauelemente)	*Verzweigter Stromkreis* (2 Bauelemente)
	Stromstärke und Spannung in Stromkreisen		
	Stromstärke überall gleich $U_{Kl} < U_{Lecr}$ $U_{BE} \approx U_{Kl}$ Ohmsches Gesetz: $I \sim U$	Stromstärke überall gleich $U \approx U_1 + U_2$	$I \approx I_1 + I_2$ Spannung überall gleich
	Elektrischer Widerstand $R = \frac{U}{I}$ Temperaturabhängigkeit		
	Zusammenhang zwischen Stromstärke, Spannung und elektrischem Widerstand (Ohmsches Gesetz) $I = \frac{U}{R}$ $\quad U = R \cdot I$ $R = \frac{U}{I}$		
	Technische Widerstände und elektrische Geräte im Gleichstromkreis		
	Widerstandsgesetz $R = \varrho \cdot \frac{l}{A}$ Elektrische Leistung $P_{el} = U \cdot I$ Elektrische Arbeit $W_{el} = P_{el} \cdot t$	Gesamtwiderstand zweier Widerstände $R_{ges} > R_{1;2}$	$R_{ges} < R_{1;2}$
9	*Berechnen von Stromkreisen*		
		Gesamtwiderstand zweier Widerstände $R_{ges} = R_1 + R_2$ Spannungsverteilung $U_1 : U_2 = R_1 : R_2$	$\frac{1}{R_{ges}} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$
10	*Erkennen der Bedingungen für die Anwendbarkeit der Gesetze des Gleichstromkreises auf Wechselstromkreise*		

Anwendungen in Technik und Produktion
Schaltung von Stromkreisen (Parallelschaltung in Gebäuden, Schaltung von Sicherungen, Auswahl unterschiedlicher Leitungsquerschnitte)
Erzeugung von geeigneten Betriebsspannungen für elektrische Bauelemente (Reihenschaltung von Batterien, Vorwiderstand, Vermeidung von Spannungsverlusten an Kontakten)
Bau und Wirkungsweise technischer Widerstände (Draht-, Schicht-, Fest- und verstellbare Widerstände)

Das *Modell der Elektronenleitung* wird vor der Erarbeitung der physikalischen Größen Stromstärke, Spannung und elektrischer Widerstand erarbeitet. Das sichert ein tieferes Verständnis dieser Begriffe und der Gesetze des Stromkreises. Methodisch wird dieses Modell aus der Kombination des Feldmodells und des den Schülern aus der Chemie bekannten Modells vom Aufbau des Metallkristalls entwickelt (vgl. Übersicht 14, S. 63). Unterrichtsstoffe aus der Elektrostatik werden so in diese Stoffeinheiten eingeordnet, daß sie der Entwicklung des Modells der Elektronenleitung dienen. Mit Hilfe dieses Modells werden der elektrische Strom und die drei grundlegenden Größen des Stromkreises gedeutet sowie Voraussagen über die Stromstärke in Stromkreisen und über die Temperaturabhängigkeit des Widerstandes abgeleitet. Diese Anwendungen des Modells helfen den Schülern, die Bedeutung von Modellen im Erkenntnisprozeß zu verstehen. Hierfür ist auch bedeutsam, daß die Erarbeitung des Modells der Elektronenleitung mit einer Bewußtmachung und mit einer Verallgemeinerung über das Arbeiten mit Modellen in der Physik verbunden wird. Grundlage hierfür sind das Wissen der Schüler über den Aufbau der Stoffe, über das Stromlinienmodell, über das Rutherfordsche Atommodell sowie die hier behandelten Modelle und Analogien. Einbezogen werden sollten auch die Erfahrungen der Schüler aus dem Chemieunterricht bei der Arbeit mit dem Atommodell und aus dem Biologieunterricht bei der Benutzung von Modellen für biologische Objekte. Dabei erkennen die Schüler, daß ein Modell eine Vereinfachung der Wirklichkeit ist. Zugleich wird die Einsicht vorbereitet, daß man unterschiedliche Vereinfachungen vornehmen kann und daß es daher zu ein und demselben Vorgang unterschiedliche Modelle geben kann.

Die Behandlung der grundlegenden *Größen und Gesetze des Gleichstromkreises* erfolgt nach Erkenntnislinien, in denen diese Größen und Gesetze zum Instrument für eine tiefere Erkenntnis der Praxis werden. Dazu werden die neu eingeführten Größen jeweils in analoger Weise nach einigen ersten Meßübungen zur Erkenntnis physikalischer Gesetze im einfachen, unverzweigten und verzweigten Stromkreis und deren Anwendungen in der Praxis benutzt. Dieses Vorgehen begünstigt ein anwendungsbereites und systematisch geordnetes Wissen.

Diese Unterrichtsstunden sind ein weiterer Konzentrationspunkt in der Befähigung der Schüler zum Anwenden des Experiments und der Mathematik, weil die Schüler an relativ einfachen Sachverhalten weitgehend selbständig geschlossene Erkenntnisprozesse durchlaufen können. Die große Anzahl der Schülerexperimente und deren methodologische Vielfalt begünstigen sowohl die Entwicklung von Fähigkeiten zum Planen von Experimenten und zum mathematischen Auswerten der Meßwerte als auch die Entwicklung praktischer Fertigkeiten im Schalten von Stromkreisen und im Umgang mit dem elektrischen Vielfachmeßgerät. Auf diesen Fertigkeiten wird im ESP-Unterricht der Klasse 9 beim elektrischen Prüfen und

Messen sowie in der produktiven Arbeit beim Entwickeln und Aufbauen elektrotechnischer Schaltungen aufgebaut. Das praktisch bedeutsame Lösen von komplexen Aufgaben konzentriert sich auf das kombinierte Anwenden des Ohmschen Gesetzes mit den Gesetzen des unverzweigten bzw. verzweigten Stromkreises. Die inhaltlich zu lösenden Aufgaben dienen der Festigung des Wissens über diese Gesetze, die kalkülmäßig zu lösenden Aufgaben dienen dem Lösen komplexer Aufgaben am Beispiel der Berechnung von Vorwiderständen. Als neues Ziel der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik beginnt in diesem Stoffgebiet die Entwicklung erster Fähigkeiten, aus der mathematischen Struktur der einfachen Größengleichungen $I = U/R$ und $P = U \cdot I$ die in diesen Gleichungen enthaltenen Abhängigkeiten zu erkennen.
Das Wissen der Schüler über den *Zusammenhang zwischen der Entwicklung von Gesellschaft, Produktion und Physik* wird im Stoffgebiet „Elektrizitätslehre" um folgende Aspekte bereichert: Die Schüler lernen in der Einführungsstunde, wie sich aus der Physik heraus die Elektrotechnik als ein neuer Industriezweig entwickelt hat, der in der Folgezeit die gesamte industrielle Entwicklung förderte. Dabei werden M. Faraday, W. v. Siemens und Th. A. Edison vorwiegend als große Entdecker und Erfinder gewürdigt. Eine Wertung des Siemensmonopols als gigantisches Rüstungsmonopol erfolgt im Staatsbürgerkundeunterricht der Klasse 9. In der abschließenden Unterrichtsstunde lernen die Schüler anhand physikalischer Fakten die Sonderstellung der elektrischen Energie unter allen Energieformen und damit den Zusammenhang zwischen der Elektroenergieerzeugung und der Entwicklung der Volkswirtschaft kennen.

3.4. Der Physikunterricht in Klasse 9

In Klasse 9 wird die Behandlung der Elektrizitätslehre und der Newtonschen Mechanik fortgesetzt.

Stoffgebiet „Elektrizitätslehre". Das Stoffgebiet erfüllt im Gesamtlehrgang folgende Funktionen:
Mit der Behandlung der elektromagnetischen Induktion beginnt die Aneignung von Wissen über physikalische Grundlagen des Wechselstromes und dessen Anwendungen. Aufbauend auf ihrem Wissen aus Klasse 8 über den Leitungsvorgang in Metallen, eignen sich die Schüler weiterhin Wissen über Leitungsvorgänge in verschiedenen Medien an. Eingebettet hierin ist eine Erweiterung des Wissens der Schüler über die Gesetze im Gleichstromkreis. Im Zusammenhang mit der Aneignung dieses Wissens wird im gesamten Stoffgebiet die kontinuierliche Entwicklung der Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden fortgesetzt, wobei bereits das für den Physikunterricht festgelegte Abschlußniveau angestrebt wird.

Das Stoffgebiet beginnt mit der **Stoffeinheit „Statische Felder".** Aufbauend auf einer Vertiefung und Erweiterung des Wissens aus Klasse 8 über elektrische Felder, werden magnetische Felder untersucht. Hierbei erfolgt eine starke Konzentration auf Unterrichtsstoffe, die als Grundlagen für ein Verständnis der elektromagnetischen Induktion, des elektrischen Leitungsvorganges und bedeutender technischer Anwendungen erforderlich sind. Deshalb wird für beide Felder auf die

Einführung der Feldstärke als physikalische Größe verzichtet. Für den Unterricht ist es ausreichend, im umgangssprachlichen Sinne von der Stärke des Feldes zu sprechen. Vergleichende Aussagen zur Stärke eines Feldes in verschiedenen Raumpunkten sowie Aussagen zur Richtung der Kräfte auf Probekörper werden aus dem Abstand bzw. aus der Richtung der Feldlinien abgeleitet. Aufbauend auf dem Wissen über physikalische Modelle, wird dabei zwischen der real existierenden Erscheinung Feld und dem Feldlinienbild als Modell dieser Erscheinung unterschieden. Mit der Untersuchung von Feldern als real existierende Erscheinung wird das physikalische Weltbild der Schüler erweitert.

Die methodische Konzeption der **Stoffeinheit „Elektromagnetische Induktion"** wurde mit folgenden Zielen weiterentwickelt: Um für die Schüler die Vielfalt der verschiedenen Induktionsvorgänge und deren Anwendungen überschaubar zu machen, wird bereits beim Erarbeiten der Bedingungen für das Entstehen von Induktionsströmen und Induktionsspannungen jene Systematik zugrunde gelegt, die auch der Behandlung seiner Anwendungen zugrunde liegt. Diese Bedingungen sind die Änderungen des von der Induktionsspule umfaßten Magnetfeldes durch die Relativbewegung einer Spule im konstanten Magnetfeld (eines Permanentmagneten oder eines Elektromagneten) beziehungsweise durch die Änderung der Stärke des Magnetfeldes (eines Elektromagneten). Als Bedingung für die elektromagnetische Induktion erkennen die Schüler: In einer Spule wird eine Spannung induziert, solange sich das von der Spule umfaßte Magnetfeld ändert. Dabei wird die in Klasse 9 begrifflich nicht eingeführte Änderung des die Spule durchsetzenden magnetischen Flusses im Feldlinienmodell als Änderung der Anzahl der von der Spule umfaßten Feldlinien gedeutet. Mit dieser Deutung wird aus Experimenten die Tendenzaussage für den Betrag der Induktionsspannung erarbeitet: Die Induktionsspannung ist um so größer, je größer die in 1 Sekunde erfolgende Änderung der Anzahl der von der Spule umfaßten Feldlinien ist. Zusammenfassend wird dann als Induktionsgesetz als Bedingungs- und Tendenzaussage formuliert: „In einer Spule wird eine Spannung induziert, solange sich das von der Spule umfaßte Magnetfeld ändert. Die Induktionsspannung ist um so größer, je schneller diese Änderung erfolgt" [17; S. 30].
Damit das Induktionsgesetz zum Instrument für ein tieferes Erkennen der Praxis wird, schließt sich unmittelbar die Behandlung des Wechselstromgenerators und des Transformators an (vgl. Übersicht 13, S. 62). Beim Generator und beim Transformator stehen die Anwendung des Induktionsgesetzes in der Energieversorgung für die großtechnische Erzeugung und Fernübertragung von elektrischer Energie sowie die Vermeidung von Energieverlusten in elektrischen Maschinen durch das Kleinhalten von Wirbelströmen im Vordergrund. Die Behandlung der Selbstinduktion bereitet durch das Untersuchen der Ein- und Ausschaltvorgänge von Geräten mit Spulen im Gleichstromkreis das Verständnis für das Verhalten von Spulen im Wechselstromkreis und im Schwingkreis vor. Die technischen Anwendungen des Induktionsgesetzes werden auch mit Blick auf jene Anwendungen behandelt, die die Schüler im ESP-Unterricht kennenlernen: Drehstromgenerator, Tachogenerator, Schutztransformator, Induktionserwärmung.

Übersicht 13: **Aneignung von Grundlagen über den Wechselstrom**

Klasse	Physikalische Grundlagen
8	*Stromarten* Unterscheiden von Gleich- und Wechselstrom Übersicht über verschiedene Spannungsquellen
9	*Elektromagnetische Induktion* Induktionsströme und Induktionsspannungen Induktionsgesetz und Lenzsches Gesetz *Wechselstrom* Augenblicks- und Effektivwerte, Frequenz, Meßgeräte, Magnetfeld *Erzeugung von Wechselstrom* Generator (Innenpolmaschine) *Übertragung von Wechselstrom* Transformator Idealer Transformator Spannungs- und Stromstärkeübersetzung beim idealen Transformator: $U_1 : U_2 = N_1 : N_2$ (Leerlauf) $I_1 : I_2 = N_2 : N_1$ (hohe Belastung) *Wirbelströme und Selbstinduktion* **ESP** (Klasse 10): Erzeugung, Übertragung und Anwendung von Drehstrom
10	*Verhalten von Bauelementen im Wechselstromkreis* *Ohmsche Bauelemente*: $R = \frac{U}{I}$; Ohmscher Widerstand R; $R = \varrho \cdot \frac{l}{A}$; Gleichlauf von U und I; $E_{el} \rightarrow E_{th}$ *Spulen*: $X_L = \frac{U}{I}$; Induktivität L; $X_L = 2\pi \cdot f \cdot L$; Vorlauf von U vor I; $E_{el} \leftrightarrow E_{magn.Feld}$ *Kondensatoren*: $X_C = \frac{U}{I}$; Kapazität C; $X_C = \frac{1}{2\pi \cdot f \cdot C}$; Vorlauf von I vor U; $E_{el} \leftrightarrow E_{el.Feld}$ Wirkleistung $P_W = U \cdot I \cdot \cos \varphi$

Anwendungen in Technik und Produktion

Erzeugung, Fernleitung und rationelle Nutzung von Elektroenergie
(Generator, Transformator, Maßnahmen zur Verbesserung des Leistungsfaktors)

Veränderung von Wechselspannungen in geeignete Betriebsspannungen für elektrische Bauelemente (Transformator, Drosselspule, Gleichrichtung und Glättung pulsierenden Gleichstroms, Trennen von Gleich- und Wechselstrom)

Verringerung und Nutzung von Wirbelströmen

Die **Stoffeinheit „Elektrische Leitungsvorgänge"** beginnt mit einer konzentrischen Wiederholung, Vertiefung und Erweiterung des Wissens der Schüler über *Gesetze im Gleichstromkreis* (vgl. Übersicht 12, S. 58). Die Gleichungen für den Gesamtwiderstand und für die Spannungsverteilung zweier in Reihe geschalteter Bauelemente bilden die Grundlage für das Verständnis wesentlicher elektronischer Schaltungen im fakultativen Unterricht und im ESP-Unterricht (Reihenschaltung von Fotowiderstand und Festwiderstand sowie deren Kombination mit Schwellwertschalter, Erzeugen der Basis-Emitter-Spannung am Transistor, Spannungsteilerschaltungen für Weg- und für Winkelmessungen). Durch den Umgang mit die-

sen Gleichungen wird auch die kontinuierliche Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik begünstigt.
Die inhaltliche und methodische Konzeption zur Aneignung von Grundlagenwissen über *elektrische Leitungsvorgänge* ist durch folgendes Vorgehen gekennzeichnet (vgl. Übersicht 14, S. 63): Zunächst werden die Gemeinsamkeiten erarbeitet, die den Leitungsvorgängen in verschiedenen Medien zugrunde liegen. Hierbei erkennen die Schüler, wie sich die vielfältigen Leitungsvorgänge auf der Grundlage weniger Aussagen über die Voraussetzungen und über den Verlauf der Leitungsvorgänge systematisieren lassen. Diese Gemeinsamkeiten werden aus den Modellen der Elektronenleitung in Metallen und der Ionenleitung in Flüssigkeiten erarbeitet, als allgemeingültig herausgestellt und dann der Untersuchung des Leitungsvorganges in anderen Medien zugrunde gelegt.

Übersicht 14: **Aneignung von Grundlagen des elektrischen Leitungsvorganges**

Klasse	Physikalische Grundlagen
6	*Behandlung von Grundlagen des Leitungsvorganges* Aufbau des Atoms aus Kern und Hülle, deren elektrische Ladungen Elektronen
7	**Chemie:** Aufbau des Kerns aus Protonen und Neutronen Ionenbildung bei Reaktion von Wasser mit Salzen Aufbau des Metallkristalls
8	*Entwicklung des Modells der Elektronenleitung in Metallen* In metallischen Leitern ist der elektrische Strom die Bewegung von Elektronen im elektrischen Feld. Durch die Zusammenstöße mit den Metall-Ionen wird die Bewegung der Elektronen behindert. *Anwendungen des Modells* Deutung des elektrischen Stromes sowie der Stromstärke, der Spannung und des elektrischen Widerstandes Voraussagen bzw. Erklären der Gesetze für die Stromstärke sowie der Temperaturabhängigkeit des elektrischen Widerstandes metallischer Leiter
9	*Erarbeitung und Verallgemeinerung der Gemeinsamkeiten des Leitungsvorganges in Metallen und Flüssigkeiten* Voraussetzungen: Vorhandensein wanderungsfähiger Ladungsträger und eines elektrischen Feldes Verlauf: Gerichtete Bewegung der Ladungsträger, Behinderung dieser Bewegung und Energieumwandlung *Anwendungen dieser Verallgemeinerungen des Leitungsvorganges auf beliebige Medien* Leitungsvorgänge in Gasen, im Vakuum, in Halbleitern und in dotierten Halbleitern Einfluß von Temperatur und Licht auf elektrischen Widerstand
10	*Anwendung des Modells der Elektronenleitung auf Wechselstrom* Elektronen schwingen periodisch in die zwei Längsrichtungen des Leiters, bewegen sich aber nicht durch den Stromkreis hindurch

Anwendungen in Technik und Produktion

Informationsübertragung durch Ändern der Stromstärke infolge von Widerstandsänderungen (Kohlekörnermikrofon, Fotowiderstand, Thermistor, Transistor als Schalter und als Verstärker)

Erzeugung von geeigneten Betriebsspannungen bzw. -stromstärken (Diode als Gleichrichter, Transistor als Verstärker)

Elektrische Meß-, Nachweis- und Prüfgeräte (Spannungsprüfer, Oszillograf, Halbleiterwiderstandsthermometer, Lichtschranke)

Auch bei den Leitungsvorgängen wird die Behandlung der physikalischen Grundlagen enger mit deren Anwendungen in der Technik verbunden. Dabei wird zugleich das in der Elektronik grundlegende Prinzip der *Steuerung des Leitungsvorganges* hervorgehoben, insbesondere der Steuerung des elektrischen Widerstandes eines Bauelements (Steuerung des Leitungsvorganges in Elektronenstrahlröhren, Thermistoren, Fotowiderständen und Transistoren durch elektrische und magnetische Felder, durch Wärme, Licht bzw. Basisströme). Damit werden gleichzeitig bessere Vorleistungen für den ESP-Unterricht erbracht. Den Entwicklungen in der Praxis folgend, werden Leitungsvorgänge in Halbleitern am Beispiel des Siliziums und am Beispiel des npn-Transistors behandelt. Dafür ist die Unterrichtszeit wesentlich erhöht worden. Dies wurde durch eine Konzentration der Behandlung des Leitungsvorganges im Vakuum auf die Behandlung der Elektronenstrahlröhre unter Verzicht auf eine Behandlung der Röhrendiode und Triode möglich.
Die wichtigsten Ziele bei der Behandlung des Leitungsvorganges in Halbleitern bestehen darin, daß sich die Schüler Wissen über die Leitungsvorgänge im Thermistor und in der Diode, über die Anwendung der Diode als Gleichrichter und des Transistors als Schalter und Verstärker aneignen und dabei den Transistor als steuerbares elektronisches Bauelement kennenlernen. Hierfür sind eigene experimentelle Arbeiten mit dem Transistor notwendig, nicht aber theoretische Erörterungen über die Typenvielfalt oder über die Vorgänge in den Grenzschichten des Transistors. Auf diesem Wissen über die Leitungsvorgänge in Halbleitern und über die Wirkungsweise von Diode und Transistor aufbauend, wird im unmittelbaren Anschluß daran im Fach ESP die Informationselektrik mit solchen Anwendungen behandelt wie Lichtschranke, Hell-Dunkel-Schaltung, Alarmanlage, fotoelektronisches Prinzip der Lochbandabtastung, Transistor als Schalter und Verstärker, Schaltung mit integrierten Schaltkreisen.
In dem abschließenden *Überblick über die Anwendungen elektronischer Bauelemente* in Wissenschaft, Technik, Produktion und im täglichen Leben stehen die Vermittlung von Kenntnissen über die historische und über die gegenwärtige Entwicklung der Elektronik und deren Einfluß auf die Entwicklung der Produktivkräfte im Zentrum. Aufgabe dieses Überblicks ist die Vorbereitung der im Staatsbürgerkundeunterricht der Klassen 9 und 10 vermittelten Einsichten in die Mikroelektronik als Qualitätssprung in der Entwicklung der Produktivkräfte und als eine Hauptrichtung des wissenschaftlich-technischen Fortschritts in der DDR.
Im Verlauf des gesamten Stoffgebietes „Elektrizitätslehre" wird zielstrebig die weitere Entwicklung der Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden verfolgt. Das betrifft insbesondere das Arbeiten mit Modellen (Feldlinienmodell, Modelle für die Leitungsvorgänge in verschiedenen Medien) sowie

das Anwenden von Experiment und Mathematik zum Erkennen von Gesetzen, zum Ableiten und Bestätigen von Voraussagen sowie zum Überführen neuer Erkenntnisse in praktische Anwendungen. Dabei wird beim Messen, Planen, Durchführen und Auswerten von Experimenten sowie beim Interpretieren von Diagrammen bereits an der Herausbildung des Abschlußniveaus der Fähigkeitsentwicklung im Physikunterricht gearbeitet.

Stoffgebiet „Praktikum". Das Praktikum wurde durch die Einbeziehung von Unterrichtsstoffen aus den Klassen 6 bis 8 zu einem konzentrischen Lehrgangsteil weiterentwickelt. Ziele des Praktikums sind

- die Festigung des Wissens über wesentliche Grundlagen aus dem bisherigen Unterricht (magnetisches Feld, Induktionsgesetz, Leitungsvorgänge, Transformatorgesetze, elektrischer Widerstand und elektrische Arbeit im Gleichstromkreis, Energieübertragung durch Wärme, Gesetz von der Erhaltung der Energie und Wirkungsgrad, Goldene Regel der Mechanik, Reibung und mechanische Arbeit, Reflexions- und Brechungsgesetz des Lichtes),
- die Festigung des Wissens über den Aufbau und die Wirkungsweise elektrischer Maschinen und elektronischer Bauelemente,
- die Herausbildung des Abschlußniveaus bei einigen Fähigkeiten und Fertigkeiten zum Anwenden des Experiments und der Mathematik (Messen physikalischer Größen, Entwerfen von Meßwerttabellen, Aufbauen von Experimentieranordnungen, Zeichnen von Diagrammen).

Die Bedingungen hierfür wurden dadurch verbessert, daß mit Blick auf die Festigung des Wissens mehr Zeit für die Auswertung der experimentellen Ergebnisse zur Verfügung steht. Unter Berücksichtigung aller Schülerexperimente war es möglich, bei gleicher Unterrichtszeit die Anzahl der Praktikumsaufgaben auf drei zu beschränken.

Stoffgebiet „Mechanik". In diesem Stoffgebiet dominieren folgende Funktionen: Die Aneignung von Wissen über Kinematik und Dynamik wird abgeschlossen bzw. weitgehend zu Ende geführt. Das Wissen über die Energie wird durch die Formulierung des Energieerhaltungsgesetzes für mechanische Vorgänge als Gleichung und durch verschiedene quantitative Betrachtungen vertieft und erweitert. Einen weiteren Schwerpunkt bildet das Heranführen der Schüler an das Abschlußniveau bezüglich der Entwicklung der Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik. Nicht zuletzt sollen sich die Schüler in diesen Stunden physikalisch begründete lebenswichtige Schlußfolgerungen für ihr Verhalten als Teilnehmer im Straßenverkehr aneignen.

In der **Stoffeinheit „Kinematik"** lernen die Schüler, den Ablauf mechanischer Bewegungen von Körpern quantitativ zu beschreiben. Die Stoffeinheit beginnt mit den zwei konzentrisch angelegten *Abschnitten „Mechanische Bewegungen"* und *„Bewegungen bei konstantem Betrag der Geschwindigkeit"*. Die Vertiefung und Erweiterung des Wissens erfolgt durch die Einführung der der Newtonschen Mechanik zugrunde liegenden Idealisierung Punktmasse, durch die Definition der Augenblicksgeschwindigkeit im Unterschied zur Durchschnittsgeschwindigkeit, durch die Behandlung des Geschwindigkeit-Zeit-Diagramms als Ergänzung zum Weg-Zeit-Diagramm und durch die Zusammenfassung der gleichförmigen Kreisbewegung

und der gleichförmigen geradlinigen Bewegung zu Bewegungen mit konstantem Betrag der Geschwindigkeit (vgl. Übersicht 5, S. 38). Insgesamt wird die Vielfalt der mechanischen Bewegungen für die Schüler dadurch leichter beherrschbar, daß Bewegungen unabhängig von deren Bahn nur noch nach dem Betrag der Geschwindigkeit klassifiziert werden.
Im Mittelpunkt des *Abschnittes „Bewegungen bei veränderlichem Betrag der Geschwindigkeit"* stehen die mathematisch mit einfachen Mitteln erfaßbaren Sonderfälle der gleichmäßig beschleunigten Bewegung aus bzw. bis zum Stillstand und des freien Falls. Die Betrachtungen zu beliebig beschleunigten und verzögerten Bewegungen dienen dem Verständnis der für die Mechanik so wichtigen physikalischen Größe Beschleunigung. Das Weg-Zeit-Gesetz kann mit wenig Zeitaufwand theoretisch hergeleitet werden, es kann aber auch empirisch erarbeitet werden, wofür durch den Taschenrechner und die Luftkissenbahn günstige Bedingungen bestehen. Im ersten Fall steht mehr Zeit für das Üben im sicheren Anwenden dieser Gleichung zur Verfügung.

In der **Stoffeinheit „Dynamik"** lernen die Schüler, den Ablauf mechanischer Bewegungen von Körpern aus der Art des Einwirkens von Kräften auf dieselben beziehungsweise aus dem Gesetz von der Erhaltung der Energie zu erklären und vorauszusagen. Deshalb stehen die Newtonschen Gesetze und das Gesetz von der Erhaltung der Energie im Zentrum der Stoffeinheit.
Für die Behandlung der Newtonschen Gesetze in den Abschnitten *„Wechselwirkungsgesetz, Trägheitsgesetz" und „Newtonsches Grundgesetz"* wird die bereits in Klasse 6 gewählte Reihenfolge beibehalten: Wechselwirkungsgesetz, Trägheitsgesetz, Newtonsches Grundgesetz (vgl. Übersicht 2, S. 28). Diese Reihenfolge ermöglicht das Verständnis jedes einzelnen Gesetzes sowie des Zusammenhangs zwischen diesen Gesetzen. Die Schüler vertiefen zunächst die Einsicht, daß Bewegungsänderungen in der Mechanik nur auftreten, wenn auf einen Körper als Ergebnis von Wechselwirkungen mit anderen Körpern eine resultierende Kraft einwirkt. Hierauf aufbauend wird dann nach dem Zusammenhang zwischen der dadurch verursachten Beschleunigung und der einwirkenden Kraft gefragt.
Im Abschnitt *„Kräfte bei der Kreisbewegung"* wird die gleichförmige Kreisbewegung auch weiterhin nur vom Standpunkt eines außerhalb des Systems ruhenden Beobachters behandelt. Im Mittelpunkt steht das Erkennen dieser Bewegung als beschleunigte Bewegung, für die deshalb ebenfalls das Newtonsche Grundgesetz gilt. Die Schüler lernen bei Kreisbewegungen zwei Fälle zu unterscheiden: Der Bahnradius ist vorgegeben (zum Beispiel bei der Kurvenfahrt eines Fahrzeuges) beziehungsweise die Umlaufzeit auf der Kreisbahn ist vorgegeben (zum Beispiel bei einem geostationären Satelliten). Die auf diese Bedingungen spezialisierten zwei Formulierungen des Newtonschen Grundgesetzes werden den Schülern gegeben. Die Schüler haben bei einer Aufgabe, dem jeweiligen Sachverhalt entsprechend, zu entscheiden, welche dieser Gleichungen für das Lösen der Aufgabe anzuwenden ist. Beide Gleichungen werden auch in Klasse 10 bei der Behandlung von Anwendungen des Gravitationsgesetzes genutzt.
Im *Abschnitt „Mechanische Arbeit und mechanische Energie"* vertiefen die Schüler ihr Wissen über die potentielle und kinetische Energie dadurch, daß diese jetzt auch als physikalische Größe eingeführt und berechnet werden. Für die Entwicklung des wissenschaftlichen Weltbildes ist in diesem Abschnitt bedeutsam, daß die

Schüler erstmals das Gesetz von der Erhaltung der Energie bewußt als Methode zum Gewinnen neuer Erkenntnisse anwenden, wodurch sie den Gehalt dieses Gesetzes für das wissenschaftliche Weltbild umfassender erkennen.
Da sich viele Zusammenhänge in der Mechanik mit Hilfe der den Schülern bekannten mathematischen Mittel in Form von Gleichungen und Diagrammen darstellen lassen, ist das Stoffgebiet „Mechanik" ein Konzentrationspunkt in der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik. Hierbei wird bereits das Erreichen des in Übersicht 4, S. 34, dargestellten Endniveaus angestrebt. Als neue Anforderungen treten in der Mechanik wie bereits in der Elektrizitätslehre auf: das Interpretieren gegebener Gleichungen und das Lösen von Aufgaben durch Benutzen mehrerer Gleichungen mit Herleiten einer allgemeinen Lösung durch Substitution und jetzt erstmals das deduktive Herleiten neuer Gleichungen. Das lernen die Schüler insbesondere durch das Anwenden der Mathematik auf das Erarbeiten der Gleichungen für die potentielle Energie und für die kinetische Energie, auf das Formulieren des Gesetzes von der Erhaltung der Energie als Gleichung für mechanische Vorgänge und durch das Anwenden dieser Gleichung für das deduktive Ableiten neuer, spezieller Bewegungsgleichungen. Wesentliche Impulse für die Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens der Schüler gehen in diesem Stoffgebiet auch von der Notwendigkeit aus, bei der Anwendung der verschiedenen Gesetze jeweils zuvor zu prüfen, ob die Gültigkeitsbedingungen derselben in der jeweiligen konkreten Aufgabe erfüllt sind. Dazu sind gesonderte Übungen erforderlich.

3.5. Der Physikunterricht in Klasse 10

In Klasse 10 wird das Abschlußniveau des Physikunterrichts bei der systematischen Vermittlung von Wissen über physikalische Grundlagen und deren Anwendungen in Produktion und Technik, bei der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden und bei der Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes erreicht und gesichert.

Stoffgebiet „Mechanik". In diesem Stoffgebiet wird die systematische Aneignung von Wissen über die Mechanik abgeschlossen.

Die zentrale methodische Idee in der **Stoffeinheit „Gravitation"** ist das Erschließen des Gehaltes des Gravitationsgesetzes, der Geschichte seiner Entdeckung und seines Einflusses auf die Entwicklung des modernen Weltbildes. Deshalb gliedert sich der Unterrichtsstoff in die drei Abschnitte „Historische Entwicklung der Vorstellungen über unser Sonnensystem", „Das Gravitationsgesetz" und „Anwendungen des Gravitationsgesetzes" (vgl. Übersicht 2). Um den Schülern den Einfluß der Entdeckung dieses Gesetzes auf die Entwicklung des Weltbildes bewußtmachen zu können, stehen bei dessen Anwendung im Mittelpunkt: die Berechnung der Masse der Erde und der Sonne, der Geschwindigkeit von Satelliten und die Untersuchung der Abhängigkeit der Fallbeschleunigung im erdnahen Raum vom Abstand zur Erde. Weitere Anwendungen lernen die Schüler im Astronomieunterricht kennen (zum Beispiel die Abschätzung der Fallbeschleunigung auf dem Mond).
Diese Stunden sind durch die mathematische Strenge, mit der diese Zusammenhänge durch logische und mathematische Deduktionen erarbeitet werden, zugleich

ein bedeutender Konzentrationspunkt in der Erreichung des Abschlußniveaus bei der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik auf physikalische Sachverhalte. Abschließend wird die Bedeutung der Entdeckung des Gravitationsgesetzes für die Veränderung des Weltbildes gewertet. Dazu wird herausgestellt, daß mit dieser physikalischen Erkenntnis die aus dem Altertum überlieferte Unterscheidung zwischen einer „irdischen Mechanik" und einer „Himmelsmechanik" zusammenbrach.

In der **Stoffeinheit „Mechanische Schwingungen"** wurde durch die Aufnahme des Federschwingers eine enge Verbindung mit der Praxis geschaffen. Aus Übersicht 15, S. 68, wird der Aufbau der Stoffeinheit deutlich. Der methodische Weg führt von der kinematischen Beschreibung ungedämpfter Schwingungen zur dynamischen Betrachtungsweise der Schwingungen. Hierbei wird zunächst das Wirken einer zur Gleichgewichtslage gerichteten rücktreibenden Kraft untersucht. Anschließend werden die Schwingungen unter dem Gesichtspunkt des Gesetzes von der Erhaltung der Energie betrachtet. Die Behandlung der Gleichung für die Periodendauer des Federschwingers erfordert die Einführung der Federkonstanten mit Hilfe der aus Klasse 6 bekannten Abhängigkeit der Längenänderung einer Feder von der einwirkenden Kraft. Dabei sind den Schülern die unterschiedlichen Betrachtungsweisen zu verdeutlichen. Wurde in Klasse 6 die Ausdehnung der Feder als Wirkung der Kraft betrachtet, so interessiert jetzt die rücktreibende Federkraft als Wirkung der bei der Schwingung auftretenden Ausdehnung.
Im Vordergrund der Befähigung der Schüler zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden stehen in diesen Stunden: das Interpretieren von komplizierten Gleichungen und dabei insbesondere das Erkennen der darin enthaltenen physikalischen Abhängigkeiten sowie das Planen von Experimenten zum Bestätigen dieser Abhängigkeiten.

Übersicht 15: **Aneignung von Grundlagen über mechanische Schwingungen und mechanische Wellen**

Mechanische Schwingungen

Physikalische Größen zur Beschreibung mechanischer Schwingungen
Auslenkung y, Amplitude y_{max}, Periodendauer T, Frequenz f
Zeitlicher Verlauf einer sinusförmigen Schwingung (y-t-Diagramm)
Voraussetzungen für das Entstehen mechanischer Schwingungen
Zur Gleichgewichtslage rücktreibende Kraft, Trägheit des schwingenden Körpers
Schwingungen von Federschwinger und Fadenpendel

$$T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{m}{k}} \qquad T = 2\pi \cdot \sqrt{\frac{l}{g}}$$

Energieumwandlungen und Dämpfung
Eigenschwingungen und erzwungene Schwingungen
Eigenfrequenz, Erregerfrequenz, Energieübertragung durch Kopplung, Resonanz und Resonanzkurve
Verallgemeinerung
Schwingung als zeitlich periodische Änderung einer oder mehrerer physikalischer Größen

Mechanische Wellen

Physikalische Größen zur Beschreibung von Wellen
Wellenlänge λ, Ausbreitungsgeschwindigkeit v, Amplitude y_{max}, Frequenz f
Augenblicksbild einer mechanischen Welle (y-s-Diagramm)
Gleichung für die Ausbreitungsgeschwindigkeit $v = \lambda \cdot f$
Ursachen für Ausbreitung von Wellen
Kopplung zwischen schwingungsfähigen Teilchen
Eigenschaften mechanischer Wellen
Reflexion, Brechung, Beugung am Spalt
Überlagerung zweier mechanischer Wellen, Interferenz

Anwendungen in Technik und Produktion

Anwendungen der Reflexion und Brechung von Schall und Ultraschall (Schalldämpfung, Echolot, Ultraschalldiagnose)

Maßnahmen zur Vergrößerung der Dämpfung von Schwingungen
Nutzung bzw. Verminderung der Resonanz

Der methodische Weg der **Stoffeinheit „Mechanische Wellen"** führt wiederum von der kinematischen zur dynamischen Betrachtungsweise (vgl. Übersicht 15, S. 68). Die Welle wird als Ausbreitung einer Erregung eingeführt. Durch die Einschränkung auf periodische Wellen wird dann der Zusammenhang mit mechanischen Schwingungen hergestellt. Zur kinematischen Beschreibung einer Welle werden zunächst noch zwei weitere grundlegende physikalische Größen eingeführt: die Wellenlänge und die Ausbreitungsgeschwindigkeit. Hierzu dient das Augenblicksbild einer Welle. Die dynamische Erklärung zur Ausbreitung einer mechanischen Schwingung erfolgt mit Hilfe der auf der Kohäsion beruhenden Kopplungskräfte zwischen schwingungsfähigen Teilchen, ohne daß dabei bis zu einer Unterscheidung zwischen Longitudinal- und Transversalwellen vorgedrungen wird.
Im Mittelpunkt des Unterrichts steht das Aneignen von Wissen über die Ausbreitung von Wellen in der Reihenfolge: Reflexion, Brechung und Beugung einer Einzelwelle sowie Interferenz durch Überlagerung zweier Wellen. Damit dieses Wissen auf andere Wellen übertragbar ist, sind insbesondere die Experimente zur Beugung von Wasserwellen am Spalt und zur Interferenz am Doppelspalt so durchzuführen, daß bei der Behandlung von Hertzschen Wellen und von Licht überzeugende Analogien möglich sind. Während zur experimentellen Erarbeitung des Wissens Wasserwellen dienen, dominieren bei der technischen Anwendung mechanischer Wellen die Betrachtungen zu Schall- und Ultraschallwellen.

Stoffgebiet „Elektrizitätslehre". Dieses Stoffgebiet erfüllt im Physiklehrgang folgende Funktionen:
Die Schüler eignen sich Wissen über wesentliche Grundlagen des Wechselstromes, elektromagnetischer Schwingungen und Hertzscher Wellen an. Um hierbei eine größere innere Geschlossenheit zu erreichen, wurden diese Unterrichtsstoffe zu einem Stoffgebiet zusammengeschlossen. Zugleich wird bei der Behandlung einiger komplizierter physikalischer Gleichungen das Abschlußniveau in der Entwicklung von Fähigkeiten zum Anwenden der Mathematik und des Experimentes gesichert. Letzteres gilt insbesondere für das Messen von Gleich- und Wechselstromgrößen sowie für das Lösen von komplexen Aufgaben, für das Interpretieren von Gleichun-

gen und für das Planen von Experimenten zum Untersuchen physikalischer Abhängigkeiten. Darüber hinaus sind in diesem Stoffgebiet alle Möglichkeiten zu nutzen, im Zusammenhang mit der Erarbeitung des neuen Stoffes das Wissen der Schüler über statische Felder, das Induktionsgesetz, die Selbstinduktion und die Gesetze des Gleichstromkreises zu festigen und zu systematisieren sowie vorhandene Lücken zu schließen.

In der **Stoffeinheit „Wechselstrom"** wird das Verhalten der in allen elektrischen Anlagen enthaltenen ohmschen Bauelemente, Spulen und Kondensatoren im Wechselstromkreis untersucht. Eine Behandlung des Wechselstroms als Welle ist im Rahmen der Allgemeinbildung nicht vorgesehen, und Bezüge zu den Schwingungen der Elektronen im Leitungsmodell werden nur soweit hergestellt, wie dies für das Verständnis des Wechselstroms, des zeitlichen Verlaufs von Spannung und Stromstärke sowie der Begriffe Frequenz, Maximal- und Effektivwert erforderlich ist. Insgesamt dominiert damit bei der Behandlung des Wechselstromes die phänomenologische Betrachtungsweise.
Der Aufbau der Stoffeinheit ist aus Übersicht 13, S. 62, erkennbar. Der methodische Weg ist durch drei Analogien charakterisiert. Die eine Analogie besteht im durchgängigen Vergleich des Verhaltens von ohmschen Bauelementen, Spulen und Kondensatoren im Gleichstromkreis und im Wechselstromkreis. Dadurch wird die Festigung des Wissens über die Gesetze des Gleichstromkreises, das Erkennen der Grenzen ihrer Anwendbarkeit und das Erkennen des Verhaltens dieser Bauelemente im Wechselstromkreis erleichtert. Eine zweite Analogie besteht darin, daß bei allen Bauelementen nacheinander vom Verhalten der Bauelemente im Gleich- und Wechselstromkreis bis zu den Anwendungen der Bauelemente gleiche Erkenntniswege durchlaufen werden. Eine dritte Analogie betrifft das methodische Vorgehen beim Interpretieren der Gleichungen für den induktiven und für den kapazitiven Widerstand. Diese Interpretation erfolgt durch Analyse der mathematischen Struktur der Gleichungen, wobei Analogien zu anderen in Klasse 10 behandelten Gleichungen hergestellt werden (vgl. [18; S. 54 u. 61]. Das sind günstige Bedingungen für das Erreichen des Abschlußniveaus bei der Anwendung der Mathematik.
Für diese Zielstellungen und für diese inhaltliche Linienführung ist es möglich, die physikalischen Größen Induktivität und Kapazität unter Verzicht auf deren Definitionsgleichungen methodisch ähnlich wie Basisgrößen zu behandeln. Weiterhin ist es möglich, auf eine Erörterung der Typenvielfalt von Kondensatoren und Spulen sowie auf Behandlung der Schwingungsgleichungen für Spannung und Stromstärke zu verzichten. Die für Wechselstrom wichtige Unterscheidung von Wirk- und Scheingrößen wird auf die Unterscheidung von Wirk- und Scheinleistung konzentriert.

In der **Stoffeinheit „Schwingkreis"** eignen sich die Schüler Wissen an über den Aufbau und die Wirkungsweise eines Parallelschwingkreises, die Erzeugung ungedämpfter elektrischer Schwingungen sowie die Anwendung elektromagnetischer Schwingungen in Produktion und Medizin. Den Aufbau der Stoffeinheit zeigt Übersicht 16, S. 71. Nachdem das Wesen elektromagnetischer Schwingungen in periodischen Umladevorgängen des Kondensators und in periodischen Induktionsvorgängen in der Spule herausgearbeitet ist, nutzt der methodische Weg weit-

gehend Analogien zu mechanischen Schwingungen. Das gilt für die Energieumwandlungen (ohne bzw. mit Dämpfung), für Eigenschwingungen und für erzwungene Schwingungen sowie für die Analyse der in der Thomsonschen Gleichung enthaltenen physikalischen Abhängigkeiten und für die Resonanz.

Übersicht 16: **Aneignung von Grundlagen über elektromagnetische Schwingungen und Wellen**

Elektromagnetische Schwingungen

Voraussetzungen für das Entstehen elektromagnetischer Schwingungen
Geschlossener Schwingkreis
Aufladen des Kondensators
Eigenschwingungen eines Schwingkreises

$T = 2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}$ bzw. $f = \frac{1}{2\pi \cdot \sqrt{L \cdot C}}$

Energieumwandlung und Dämpfung, Hinweis auf Erzeugung ungedämpfter Schwingungen
Erzwungene Schwingungen
Resonanz als Sonderfall der erzwungenen Schwingungen

Elektromagnetische Wellen

Eigenschaften Hertzscher Wellen
Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$
Durchdringung von Isolatoren, Absorption in Metallen
Reflexion, Brechung, Beugung und Interferenz bei Beugung am Doppelspalt
Senden und Empfangen Hertzscher Wellen
Sendedipol als geöffneter Schwingkreis, elektrisches und magnetisches Feld um Sendedipol
Hertzsche Wellen als Ausbreitung elektromagnetischer Schwingungen im Raum
Ständige zeitliche Änderung der Stärke des elektrischen und des magnetischen Feldes an jedem beliebigen Ort
Erregen des Empfangsdipols zu erzwungenen elektromagnetischen Schwingungen, Resonanz zwischen Sendedipol und Abstimmkreis des Empfängers

Anwendungen in Technik und Produktion

Anwendungen elektromagnetischer Schwingungen in Produktion und Medizin (Hochfrequenzerwärmung, Kurzwelle)
Anwendungen Hertzscher Wellen in der Nachrichtentechnik (Überblick über Anwendungen, Blockschema eines Senders und eines Empfängers, Schaltplan eines einfachen Rundfunkempfängers, Blockschema eines Radargerätes)

Ziel der **Stoffeinheit „Hertzsche Wellen"** ist die Aneignung von Wissen über die Eigenschaften sowie über das Senden und Empfangen Hertzscher Wellen (vgl. Übersicht 16, S. 71). Mit der Erkenntnis der Existenz und des Wesens elektromagnetischer Wellen wird das wissenschaftliche Weltbild über elektrische Vorgänge und Erscheinungen abgerundet. Der methodische Weg hierzu ist vor allem durch das didaktische Prinzip vom Bekannten zum Unbekannten bestimmt. In diesem Sinne werden die Welleneigenschaften Hertzscher Wellen in Analogie zu den

bekannten Eigenschaften mechanischer Wellen nachgewiesen. Diese Eigenschaften werden in gleicher Reihenfolge wie bei mechanischen Wellen und dabei möglichst in Paralleldemonstrationen zwischen Hertzschen und mechanischen Wellen untersucht. Auch beim Senden Hertzscher Wellen beginnt der Unterricht mit den bekannten Vorgängen im geschlossenen Schwingkreis. Der Übergang zum Erzeugen Hertzscher Wellen beginnt mit dem Öffnen des Schwingkreises und führt über den Nachweis der räumlichen Ausbreitung der Felder und der Mitteilung über das Ablösen der Felder bei genügend hoher Frequenz zum Verständnis des Wesens elektromagnetischer Wellen. Auf den „Mechanismus" der Ablösung dieser Felder vom Sendedipol wird nicht eingegangen. Die Behandlung des Empfangs Hertzscher Wellen geht wiederum von der den Schülern bei mechanischen Schwingungen bekannten Erzeugung erzwungener Schwingungen und der ebenfalls bekannten Resonanz aus. Bei der Behandlung der Geschichte der Entdeckung und Anwendung Hertzscher Wellen durch Maxwell, Hertz, Popow und Marconi lernen die Schüler auch historische Tatsachen kennen, welche den Schülern die Abhängigkeit der Nutzung wissenschaftlicher Erkenntnisse vom Stand der gesellschaftlichen Entwicklung eines Landes verdeutlichen.
Die inhaltliche Modernisierung des Unterrichtsstoffes zeigt sich in dieser Stoffeinheit in der Aufwertung von Blockschemata für das Verständnis des Aufbaus und der Wirkungsweise eines Senders und eines Empfängers bei Verzicht auf alle technischen Einzelheiten sowie in der Einbeziehung des Radargerätes und des Lichtleitkabels in den Unterricht. Zum Verständnis der stürmischen Entwicklung von Übertragungssystemen mit Lichtleitkabeln erfolgt ein Hinweis darauf, daß auch das Licht als hochfrequente Trägerschwingung für Informationsübertragung benutzt werden kann. In Lichtleitkabeln wird dazu infrarotes Licht genutzt. Als Vorzüge werden insbesondere Materialeinsparung, die gleichzeitige Übertragbarkeit vieler Telefongespräche oder Fernsehprogramme durch ein Lichtleitkabel und Störungsfreiheit der Übertragung herausgestellt. Auf technische Fragen der Modulation und Demodulation wird nicht eingegangen. Auf den Aufbau solcher Kabel wird bei der Behandlung der Totalreflexion hingewiesen.

Stoffgebiet „Optik". Dieses Stoffgebiet erfüllt im Physiklehrgang folgende Funktionen:
Die Schüler wiederholen, vertiefen und erweitern ihr Wissen über die Bildentstehung in optischen Geräten und über die dem Strahlenverlauf zugrunde liegenden physikalischen Gesetze. Sie erweitern ihr wissenschaftliches Weltbild durch die Kenntnis der Welleneigenschaften des Lichtes, durch die Erkenntnis, daß weißes Licht aus unterschiedlich farbigem Licht zusammengesetzt ist, und durch das Kennenlernen der historisch auf der Erde zuerst angewandten Methode zur Bestimmung der Lichtgeschwindigkeit. Darüber hinaus werden die Schüler durch die Behandlung der Spektralanalyse sowie von Anwendungen der Totalreflexion, der Infrarot-, der Ultraviolett- und der Laserstrahlung mit wesentlichen Anwendungen der Optik in der modernen Produktion und Technik bekannt gemacht. Zugleich wird in diesem Stoffgebiet bei der Befähigung der Schüler zum Arbeiten mit Modellen das Abschlußniveau erreicht. Die Schüler erhalten einen Einblick, daß über Jahrhunderte von großen Physikern unterschiedliche Auffassungen über die Natur des Lichtes vertreten wurden und daß mit jedem der aufgestellten Modelle jeweils nur einige, nicht aber alle Eigenschaften des Lichtes erklärt werden können.

Der Aufbau der **Stoffeinheit „Strahlenoptik"** ist aus Übersicht 8, S. 45, erkennbar. Hierbei sind die dargestellten Beziehungen zum Biologie- und Astronomieunterricht zu beachten. In diesen Fächern wird auch Wissen über Grundlagen und Anwendungen der Strahlenoptik gefestigt und erweitert, so daß im Physikunterricht eine Konzentration auf das Brechungsgesetz und auf die Bildentstehung in der Kamera erfolgen kann. Die mathematische Formulierung dieses Gesetzes gestattet, das bisher erreichte hohe Niveau der Anwendung der Mathematik und des Experiments zu festigen. Der methodische Weg zur Behandlung dieser Gleichung ist durch folgende Schritte gekennzeichnet: empirisches Herausarbeiten des Problems, Geben der Gleichung, experimentelles Bestätigen und Anwenden derselben zum Berechnen von Grenzwinkeln für die Totalreflexion, Bestätigen des Ergebnisses im Schülerexperiment.
Als eine moderne technische Anwendung der Totalreflexion erfolgt auf populärwissenschaftlichem Niveau ein Hinweis auf den Aufbau von Lichtleitkabeln aus Kern und Faser.

In der **Stoffeinheit „Wellenoptik"** ist der erste Schwerpunkt das Erkennen der Welleneigenschaften des Lichtes (vgl. Übersicht 17, S. 73). Den Schlüssel hierzu stellt die Planung und Auswertung des Experiments zur Interferenz bei der Beugung einfarbigen Lichtes am Doppelspalt dar. In Analogie zu mechanischen und Hertzschen Wellen wird aus dem Auftreten von Beugung und Interferenz auf die Welleneigenschaften des Lichtes geschlossen. Damit wird zugleich die Grenze für die Anwendbarkeit des Modells Lichtstrahl gezeigt. Wegen der Bedeutung dieses Experiments ist es nützlich, es als Schülerexperiment zu wiederholen. Aus der Durchführung dieses Experiments mit Licht unterschiedlicher Farbe werden schließlich der Zusammenhang zwischen Lichtfarbe und Wellenlänge sowie die Gleichung für die Ausbreitungsgeschwindigkeit des Lichtes erarbeitet.

Übersicht 17: **Aneignung von Grundlagen aus der Wellenoptik**

Physikalische Grundlagen
Welleneigenschaften des Lichtes Beugung und Interferenz am Doppelspalt, Grenzen der Anwendbarkeit des Modells Lichtstrahl Abhängigkeit des Abstandes der Interferenzstreifen von der Lichtfarbe Ausbreitungsgeschwindigkeit $c = \lambda \cdot f$ *Spektren* Farbzerlegung des weißen Lichtes Kontinuierliche Spektren von festen Körpern, Flüssigkeiten und Gasen (unter hohem Druck) Linienspektren als Spektren von Gasen unter niedrigem Druck, Absorptionslinien Infraroter und ultravioletter Bereich des Spektrums
Anwendungen in Technik und Produktion
Nutzung des Linienspektrums (Spektralanalyse) *Nutzung des infraroten und des ultravioletten Teils des Spektrums* (Infrarotsichtgeräte, Infrarotfotografie, ultraviolette Strahlung in Medizin, Landwirtschaft und Produktion) *Anwendung von Laserstrahlen* (Medizin, Werkstoffbearbeitung, Vermessungstechnik)

Auf der Grundlage dieser Zusammenhänge wird dann der zweite Schwerpunkt der Stoffeinheit behandelt, die Farbzerlegung des weißen Lichtes bei Interferenz und die Spektren. Ausgangspunkt ist das den Schülern aus dem Astronomieunterricht bekannte kontinuierliche Spektrum des Sonnenlichtes, das sie beim Regenbogen auch aus der Erfahrung kennen. Im Physikunterricht wird darüberhinaus das Entstehen der kontinuierlichen Spektren des Sonnenlichtes und des Lichtes von Glühlampen bei der Interferenz am Gitter demonstriert. Nachfolgend lernen die Schüler am Beispiel der Straßenbeleuchtung Linienspektren kennen. Schließlich erkennen sie im Experiment die Absorption von Licht in Gasen. Die weitere Behandlung der Spektren ist auf Fragen der Anwendung des infraroten und des ultravioletten Bereichs des Spektrums ausgerichtet. Für die Entwicklung des physikalischen Weltbildes ist die Erkenntnis wichtig, daß Lichtfarben nicht erst durch Interferenz oder Brechung entstehen, sondern daß weißes Licht eine Mischung verschiedener Lichtfarben ist.
Der Ausblick auf Eigenschaften und Anwendungen von Laserstrahlung beschränkt sich auf die Mitteilung wesentlicher Eigenschaften (Einfarbigkeit, Parallelität, große Energieintensität) und auf eine auf populärwissenschaftlichem Niveau erfolgende Erläuterung moderner Anwendungen in der Produktion, in der Medizin und in der Meßtechnik. Das Entstehen von Laserstrahlung sowie Arten von Lasern werden nicht behandelt.
Als Abschluß der systematischen Vermittlung von Wissen über Hertzsche Wellen und über Licht erfolgt eine *Systematisierung elektromagnetischer Wellen* und deren Eigenschaften. In diese Systematisierung werden auch die den Schülern aus dem Biologieunterricht und aus der Erfahrung bekannte Röntgenstrahlung sowie die Gammastrahlung einbezogen. Die Schüler erkennen, daß es sich bei allen Teilen des elektromagnetischen Spektrums – auch bei Licht – um elektromagnetische Wellen handelt, die sich lediglich hinsichtlich ihrer Wellenlänge bzw. Frequenzen unterscheiden und daß sich mit deren Wellenlängen auch deren Eigenschaften und damit deren technische Anwendungsgebiete ändern.

Stoffgebiet „Gesamtwiederholung – Praktikum". Dieses Stoffgebiet dient in seiner konzentrischen Anlage der Sicherung des Abschlußniveaus im Wissen und Können, in der Entwicklung der Fähigkeiten zum Anwenden wissenschaftlicher Erkenntnismethoden und in der Herausbildung des wissenschaftlichen Weltbildes der Schüler. Deshalb wurde die Unterrichtszeit für dieses Stoffgebiet vergrößert. Dabei ist das Erreichen und Sichern des Abschlußniveaus keinesfalls allein Aufgabe dieses Stoffgebietes. Das ist Aufgabe des Unterrichts von Klasse 6 an, insbesondere aber des gesamten Unterrichts in den Klassen 9 und 10. Im Mittelpunkt der Gesamtwiederholung stehen Unterrichtsstoffe aus den Stoffgebieten Mechanik, Thermodynamik und Elektrizitätslehre der Klassen 6 bis 9. Für die Unterrichtsstoffe aus Klasse 10 wurden die Stoffgebiete so weiterentwickelt, daß günstige Bedingungen für eine immanente Wiederholung geschaffen wurden, insbesondere durch Analogiebetrachtungen, durch Systematisierungen und andere Anwendungen der Begriffe und Gesetze im Unterricht.
Erfahrungen erfolgreicher Lehrer besagen, daß es zweckmäßig ist, mit der Festigung des Wissens und Könnens aus zurückliegenden Klassen nicht erst in diesem Stoffgebiet zu beginnen, sondern diese Festigung über das gesamte Schuljahr von dessen Anfang an zu verteilen. Besonders erfolgreich ist es, wenn die Schüler

wesentliche Grundlagen durch Lösen von Aufgaben selbständig reaktivieren bzw. ihre Lücken auf diesen Gebieten schließen. Dazu sind im Lehrbuch der Klasse 10 durch das eigens dafür enthaltene Angebot von Wiederholungsaufgaben günstige Bedingungen geschaffen worden (vgl. [18; S. 146ff.]). Beim Bemessen des Umfangs der Aufträge zur Wiederholung sind ähnliche Forderungen an die Schüler aus anderen Fächern zu beachten. Deshalb sollte der Lehrer von Aufgabe zu Aufgabe und von Schüler zu Schüler differenzieren, wie weit die Lösungen der Aufgaben bis in alle Einzelheiten vollständig zu erfolgen haben oder ob das Angeben von Lösungsplänen, Ansätzen, Stichworten, Schaltplänen, Skizzen u. ä. angemessen ist.
Der Erfolg bei der Sicherung des Abschlußniveaus wird um so größer, je stärker die Stunden für die Gesamtwiederholung und für das Praktikum als Einheit gesehen und geplant werden, wie demzufolge die Wiederholung des Wissens und Könnens in den Stunden der Gesamtwiederholung durch die Wiederholung der Grundlagen für die Praktikumsaufgaben sowie durch deren Durchführung und Auswertung weitergeführt beziehungsweise verbreitet wird.

Stoffgebiet „Kernphysik". Mit diesem Stoffgebiet wird die systematische Vermittlung von Wissen über die Grundlagen der Physik und deren Anwendung in Produktion und Technik für einen großen Teil der heranwachsenden Generation abgeschlossen. Deshalb kommt diesem Stoffgebiet zusammen mit der Vermittlung von Wissen über den Aufbau von Atomkernen, über Kernstrahlung und künstliche Kernumwandlungen und zusammen mit der Abrundung des wissenschaftlichen Weltbildes durch das Kennenlernen von Elementarteilchen und deren Umwandlung sowie durch das Kennenlernen der Existenz und des Wesens statistischer Gesetze eine weitere Funktion zu. Gestützt auf den gesamten Inhalt des Unterrichts in Physik, Staatsbürgerkunde und Geschichte, ist der Beitrag der Physik zur Entwicklung der Produktivkräfte und damit zum sozialen und kulturellen Fortschritt herauszustellen. Daraus sind Einsichten, Überzeugungen und Haltungen zur Funktion von Wissenschaft und Technik in der Gesellschaftsstrategie unserer Partei zu festigen, die zu Grundlagen für eigene Lebensorientierungen im künftigen Berufsleben werden.

Der Aufbau der **Stoffeinheiten „Atomkerne und Kernstrahlung"** und **„Künstliche Kernumwandlungen"** wird aus Übersicht 18, S. 76, deutlich. Auch diese Stoffeinheiten sind durch eine stärkere Orientierung an praktisch bedeutsamen Fragen gekennzeichnet. Als Beispiel für Zerfallsgleichungen und Kernumwandlungen werden solche behandelt, die in der wissenschaftlichen Forschung und in der Medizin bzw. in der Freisetzung von Energie bedeutsam sind.

Übersicht 18: **Aneignung von Grundlagen aus der Atom- und Kernphysik**

Klasse	Physikalische Grundlagen
6	*Aufbau des Atoms* Es gibt kleinste, unteilbare positive und negative elektrische Ladungen. Atomhülle: Besteht aus elektrisch negativ geladenen Elektronen, die sich ständig bewegen Atomkern: Besteht aus positiven elektrischen Ladungen Anzahl der Elektronen in Atomhülle = Anzahl der positiven elektrischen Ladungen im Atomkern
7	**Chemie:** Anzahl der Elektronen = Anzahl der Protonen Begriffe: Außenelektronen der Atomhülle Proton: elektrisch positiv geladenes Teilchen im Atomkern
10	*Elementarteilchen* Elementarteilchen als Bausteine der Natur: Protonen, Neutronen, Elektronen, Positronen Umwandelbarkeit von Protonen und Neutronen *Natürliche Atomkerne und Kernstrahlung* Instabile Kerne: Spontanzerfall, Halbwertzeit, Zerfallsgleichungen Kernstrahlung: Arten: α-Strahlung, β^--Strahlung, β^+-Strahlung, γ-Strahlung Eigenschaften: geradlinige Ausbreitung, Ablenkbarkeit im elektrischen und magnetischen Feld, Durchdringungsfähigkeit, Träger von Energie Wirkungen: Ionisation von Gasen, Anregung zur Floureszenz, Schwärzung fotografischer Schichten, Zerstörung von Zellen *Künstliche Kernumwandlungen* *Kernspaltung* Kernumwandlung als Folge des Auftreffens von α-Teilchen oder Neutronen Künstliche radioaktive Nuklide Zerfallsgleichungen Kettenreaktionen Freisetzung von Energie durch Kernumwandlungen *Kernfusion* Kernfusion von Wasserstoff- zu Heliumkernen Gleichung für Wasserstoffusion

Anwendungen in Technik und Produktion

Nachweisgeräte für Kernstrahlung (Zählrohr, Expansionsnebelkammer)

Anwendungen der Kernstrahlung (Bestrahlungs-, Durchstrahlungs- und Markierungsverfahren)

Freisetzung von Energie durch Kernspaltung und Kernfusion (Kernreaktor, Blockschema eines Kernkraftwerkes, Bedeutung der Forschungen an Fusionsreaktoren)

Anknüpfend an die statistische Deutung der durchschnittlichen Geschwindigkeiten von Teilchen bei der Behandlung der Temperatur in Klasse 8, erkennen die Schüler bei der Untersuchung der Halbwertszeit, daß statistische Gesetze nur Aussagen über das Verhalten der Gesamtheit von Objekten, nicht aber über das Verhalten von einzelnen Objekten machen. Bei der Behandlung der Kernphysik wird auch das Abschlußniveau im Wissen über die Zusammenhänge zwischen der Entwicklung von Gesellschaft, Produktion und Physik erreicht. Die Schüler kennen aus dem Geschichtsunterricht in Klasse 9 den Abwurf von Atombomben durch den USA-Imperialismus, sie kennen die Rolle des Atombombenmonopols der USA in der Zeit der Politik der Stärke nach dem 2. Weltkrieg und die Bedeutung der Brechung dieses Monopols durch die UdSSR für die Erhaltung des Weltfriedens und für den Schutz des Sozialismus. Und sie kennen aus dem Staatsbürgerkundeunterricht die vielfältigen Friedensoffensiven des Sozialismus gegen die Nuklearstrategie des Monopolkapitals. Deshalb besteht das Anliegen des Physikunterrichts darin, bei den Schülern durch physikalische Erkenntnisse die Überzeugung zu stützen, daß es keine Alternative zur Politik der Entspannung und Abrüstung geben kann. Zugleich wird bei der Behandlung der Geschichte der Entwicklung und der Anwendung von Kernwaffen die im gesamten Physikunterricht angebahnte Einsicht, daß sich die Entwicklung der Physik stets innerhalb gesellschaftlicher Bedingungen vollzieht, um einen neuen Aspekt bereichert: Jeder Physiker trägt für seine Arbeiten moralische Verantwortung. Dazu werden die Haltungen und Motive führender Wissenschaftler zu Beginn der Entwicklung von Atombomben, vor deren erstem Einsatz und nach deren Einsatz sowie über das Wirken von Physikern für eine friedliche Nutzung der Kernenergie gewertet.
Mit dem Ausblick auf die Bedeutung der Forschungsarbeiten an Fusionsreaktoren für die Energiegewinnung der Zukunft wird schließlich die den gesamten naturwissenschaftlichen und polytechnischen Unterricht durchziehende Aneignung von Wissen über die Energie und deren Bedeutung für die Entwicklung der Produktion und damit für die Entwicklung der Gesellschaft abgeschlossen. Hieran festigen die Schüler nochmals ihre Einsicht in die humanistische Funktion der Physik.

Literaturverzeichnis

[1] Honecker, E.: Bericht des Zentralkomitees der Sozialistischen Einheitspartei Deutschlands an den XI. Parteitag der SED. Berlin: Dietz Verlag 1986.

[2] Allgemeinbildung und Lehrplanwerk. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1987.

[3] Honecker, M.: Die Schulpolitik der SED und die wachsenden Anforderungen an den Lehrer und die Lehrerbildung. „Pädagogik", Berlin 41 (1986) 1.

[4] Meixner, H.: Wie erschließen wir uns neue Lehrpläne für einen wirksamen Unterricht? „Deutsche Lehrerzeitung", Berlin 05/87.

[5] Liebers, K.: Anwendung der Mathematik im Physikunterricht. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1983.

[6] Lehrplan Physik, Klasse 6. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1982.

[7] Lehrplan Physik, Klasse 7. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1983.

[8] Lehrplan Physik, Klasse 8. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1984.

[9] Lehrplan Physik, Klassen 9 und 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1986.

[10] Lehrpläne Werkunterricht, Klassen 4 bis 6. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1984.

[11] Lehrplan Einführung in die sozialistische Produktion, Klassen 7 und 8. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1981.

[12] Lehrplan Einführung in die sozialistische Produktion, Klassen 9 und 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1984.

[13] Pläne für die produktive Arbeit, Klassen 7 bis 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1985.

[14] Lehrbuch Physik, Klasse 6. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1984.

[15] Lehrbuch Physik, Klasse 7. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1984.

[16] Lehrbuch Physik, Klasse 8. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1985.

[17] Lehrbuch Physik, Klasse 9. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1987.

[18] Lehrbuch Physik, Klasse 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1988.

[19] Lehrplan für die sozialistische Berufsausbildung. Staatsbürgerkunde für Absolventen der zehnklassigen allgemeinbildenden polytechnischen Oberschule, die eine Facharbeiterausbildung erhalten. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1978.

[20] Lehrplan Staatsbürgerkunde: Abiturstufe. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1980.

[21] Gesamtvorwort zu den Lehrplänen Chemie, Klassen 7 bis 10. „Chemie in der Schule", Berlin 34 (1987) 4.
Lehrplan Chemie, Klasse 7. „Chemie in der Schule", Berlin 34 (1987) 5.

Entwürfe für die Lehrpläne Chemie, Klassen 8 bis 10, sind in den Heften 2/3, 7 und 10 (1987) veröffentlicht.

[22] Gesamtvorwort zu den Lehrplänen Biologie, Klassen 5 und 10. „Biologie in der Schule", Berlin 36 (1987) 6.
Lehrplan Biologie, Klassen 5 und 10. Ebenda.
Entwürfe für die Lehrpläne Biologie, Klassen 6 bis 9 sind in Heft 7/8 (1987) veröffentlicht.

[23] Lehrplan Astronomie, Klasse 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1987.

[24] Lehrplan Deutsche Sprache und Literatur. Teil Muttersprachunterricht, Klassen 5 bis 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1983.

[25] Muttersprache, Klasse 5. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1985.

[26] Entwürfe des Gesamtvorwortes und der Lehrpläne Geschichte Klassen 5 bis 10. „Geschichtsunterricht und Staatsbürgerkunde", Berlin 28 (1986) 11.

[27] Lehrplan Staatsbürgerkunde, Klassen 7 bis 10. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1983.

[28] Lehrbuch Mathematik, Klasse 6. Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1984.

[29] Lehrbuch Mathematik, Klasse 7, Berlin: Volk und Wissen Volkseigener Verlag 1985.