

Die Entwicklung des physikalischen Unterrichts an unseren höheren Schulen.

(Teil III.)

Von

Franz Pahl.

Charlottenburg

Druck von Adolf Gertz G. m. b. H., Danckelmannstr. 3.
1908.

1908. Programm Nr. 119



119⁶

9ch
7 (1908)

Wissenschaftliche Beiträge zum Jahrestag der Stadtischen Hochschule
an der Universität - Ostern 1968

Die Entwicklung des physikalischen Unterrichts an unseren höheren Schulen

1968

Friedrich



Christoph

1968

Vorbericht.

Das Erscheinen dieser Abhandlung hat sich leider, da meine Zeit durch die Erledigung anderer Arbeiten über die Gebühr in Anspruch genommen war, um zwei Jahre verzögert. Die große Fülle des Stoffes, den das 19. Jahrhundert für die Geschichte des physikalischen Unterrichts bietet, macht es unmöglich, ihn innerhalb des Rahmens einer einzigen Programmabhandlung zu bewältigen. Es wird daher noch eine vierte Abhandlung erscheinen, voraussichtlich in zwei Jahren, in der die letzten vier Jahrzehnte des 19. Jahrhunderts besprochen werden. In den Anmerkungen sind wieder die Namen der vielen in der Abhandlung erwähnten Männer unberücksichtigt geblieben, da sie vielen Platz wegnehmen würden und ein alphabetisches Verzeichnis aller dieser Namen nebst den wissenswertesten Angaben über Leben und Leistungen mit der Schlußabhandlung erscheinen wird.

Der Verfasser.

Für den Physiker wird nun die zweite Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts von grundlegender Bedeutung. Man kann sagen, es ist in ihm auf eine typische Weise gestellt worden. Es spiegelt sich daher in der Geschichte die Entwicklung eines Zeitalters ab. Zeitalter eines Zeitalters hervorgehen und die Darstellung selbst hat die ersten sechs Jahrzehnte eines Zeitalters. Ist diese Sprache in abgrenzender Weise durch die Aufstellung des Normalplans für Gymnasien (1872) und die Besonderen (1874) geschaffen, so bezeichnet sie für die Physik einen Zeitpunkt, wo das Gesetz der Erhaltung der Energie in der gesamten physikalischen Welt zur Anerkennung gelangt ist. Seine volle Tragweite allen Physikern bewußt geworden ist und es sich darum handelt, seine grundlegende Prinzip für die Erklärung aller Vorgänge in der physikalischen Welt anzuwenden. Es ist bedeutsam, daß in wirtschaftlicher Hinsicht eine in dieser Zeit der Entwicklung der kapitalistischen Wirtschaft form in Deutschland liegt.

IV.

Wie das achtzehnte, so trägt auch das neunzehnte Jahrhundert zur Kennzeichnung der in ihm sich vornehmlich bemerkbar machenden Geistesrichtungen einen doppelten Namen: „das philologische“ oder das „historische“. Beide Bezeichnungen stehen in engem Zusammenhang, da die Pflege der Geschichte die der Philologie zur Voraussetzung hat. Früher nur eine Magd der Theologie und der Jurisprudenz, wurde die Philologie gerade um die Wende des achtzehnten Jahrhunderts von den für die alten Sprachen so begeisterten und von ihrem Wert für die Bildung zur „Humanität“ so tief durchgedrungenen Neuhumanisten aus ihrer Dienstbarkeit erlöst und zu einer selbständigen Wissenschaft erhoben. Begeisterte Neuhumanisten waren auch die Männer, denen die Gestaltung des höheren Schulwesens oblag, als zu Anfang des neunzehnten Jahrhunderts die deutschen Staaten daran gingen, für ihre höheren Lehranstalten eine feste Grundlage und eine bestimmte Form zu schaffen. Dadurch gewann der Neuhumanismus einen so nachhaltigen Einfluß auf die Entwicklung des höheren Schulunterrichts, daß er noch bis in die letzten Dezennien des Jahrhunderts zu spüren ist und man daher im Hinblick auf die Geschichte des höheren Schulwesens wohl von einem „philologischen“ Jahrhundert sprechen darf.

Allein weder diese Bezeichnung noch die andere, umfassendere, die den im 19. Jahrhundert so stark hervortretenden Sinn für das Historische betont, werden einer Tatsache gerecht, die für die Geschichte der menschlichen Kultur von der höchsten Bedeutung ist: des gewaltigen Aufschwungs der Naturwissenschaften in diesem Zeitraum. Namentlich in der zweiten Hälfte dieses Zeitabschnitts gelangen die Naturwissenschaften zu so hoher Blüte und wirken durch die vielseitige technische Verwertung des wissenschaftlich neu Erkannten so umwälzend auf die Schaffung der realen Lebensbedingungen und auf das gesamte soziale Leben der Menschheit ein, daß die Zeit ein ganz neues Gepräge erhält und die letzten drei Jahrzehnte des „historischen Jahrhunderts“ schon als das „naturwissenschaftliche Zeitalter“ bezeichnet werden. Dem Einflusse einer so mächtigen Strömung kann sich auch der Unterricht auf den höheren Schulen nicht entziehen. In dem Maße, wie die Kräfte, die das wirtschaftliche und damit auch das soziale Leben der Menschheit beherrschen, mannigfaltiger werden, ihre Wirkungen sich mehr in einander verschlingen, werden auch die Wellenbewegungen auf dem Gebiete des höheren Schulwesens lebhafter: in schnellerem Tempo folgen sich die Normierungen der Lehrpläne, immer reicher differenzieren sich die Kategorien der höheren Schulen.

Für den Physikunterricht wird nun die zweite Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts von grundlegender Bedeutung, ja, man kann sagen, er ist erst in ihm auf eine rationelle Basis gestellt worden. Es empfiehlt sich daher, in der Geschichte dieses Unterrichtszweiges eine Zweiteilung jenes Zeitraums vorzunehmen und die Darstellung zunächst auf die ersten sechs Dezennien etwa zu beschränken. Ist diese Grenze in schulgeschichtlicher Hinsicht durch die Aufstellung der Normallehrpläne für Gymnasien (1856) und für Realschulen I. Ordnung (1859) gerechtfertigt, so bezeichnet sie für die Physik etwa den Zeitpunkt, wo das Gesetz von der Erhaltung der Energie in der gesamten physikalischen Welt sich Anerkennung verschafft hat, seine volle Tragweite allen Physikern bewußt geworden ist und es von ihnen als das allgemeine grundlegende Prinzip für die Erklärung aller Vorgänge in der physikalischen Erscheinungswelt angewandt wird. Es ist bedeutsam, daß in wirtschaftlicher Hinsicht etwa in dieselbe Zeit der endgültige Sieg der kapitalistischen Wirtschaftsform in Deutschland fällt.

Für die Physik bildet die bedeutendste wissenschaftliche Großtat dieses Zeitraums die Aufstellung des schon vorhin erwähnten Prinzips von der Erhaltung der Energie¹. Von dem Arzt Robert Mayer zuerst erkannt, wurde es von ihm in seiner 1842 erschienenen Abhandlung zunächst als das Gesetz von der Erhaltung der „Kraft“ ausgesprochen. Da aber Mayers Kraftbegriff sich nicht mit dem der wissenschaftlichen Mechanik deckt, in dieser „Arbeit“ genannt wird, was von Mayer als „Kraft“ bezeichnet wird, so wurde die volle Tragweite seiner Entdeckung von seinen Zeitgenossen nicht sofort gewürdigt. Joule und Helmholtz, später Clausius und Thomson trugen das meiste dazu bei, diesen Satz wissenschaftlich zu befestigen und zur Lehre von der Konstanz der Energie auszubauen. In ihr ist die für die physikalische Erscheinungswelt gültige Form des allgemeinen Kausalgesetzes gefunden: Wie die Chemie die Wissenschaft von den verschiedenen Formen der Materie, so wird die Physik zur Wissenschaft von den verschiedenen Formen der Energie. Das in der Aufstellung dieses Prinzips so deutlich hervortretende Bestreben der Physik des 19. Jahrhunderts, sämtliche in der Natur wirkenden Kräfte von einem einheitlichen Gesichtspunkte aus zu betrachten, ihre Vielheit zu einer Einheit zusammenzufassen, möglichst allgemeine Grundlagen für die Beurteilung der Erscheinungen zu gewinnen, zeigt sich auch in der Ausbildung grundlegender Anschauungen über den Aufbau der Materie selber. Nachdem Dalton 1807 das Gesetz der multiplen Proportionen und das für ein Gemisch von Gasen so wichtige Diffusionsgesetz der Gase aufgestellt hat, bringt er 1808 seine seither gültig gebliebene atomistische Theorie, nach der jedes Element aus gleichartigen Atomen von unveränderlichem Gewicht besteht, und lehrt zuerst, wie man die Atomgewichte, d. h. die relativen Gewichte der Atome finden kann. In demselben Jahre ergänzt Gay Lussac die Daltonschen Lehren durch das Gesetz der multiplen Volumina, und 1811 fügt Avogadro den nach ihm benannten Satz hinzu, daß gleiche Mengen aller Substanzen im gasförmigen Zustande die gleiche Anzahl Moleküle enthalten. Damit sind für das so schwierige Grenzgebiet zwischen Physik und Chemie die Grundlagen geschaffen, auf denen die neuere Forschung weiterbauen kann. Für diese werden die 1836 veröffentlichten Arbeiten Mossottis über die Molekularkräfte von Bedeutung, die für die heutigen Theorien des Raumes und der Substanz maßgebend bleiben.

Die physikalische Forschung wird in theoretischer wie in experimenteller Hinsicht um wichtige, neue Methoden bereichert; die sich mehrende Fülle ihrer Ergebnisse macht es immer schwieriger, von den Fortschritten in den einzelnen Disziplinen in kurzen Zügen ein klares, anschauliches Bild zu entwerfen. In die analytische Mechanik führt Poincaré die Lehre von den Kräftepaaren ein (1804); 1826 finden wir bei Poncelet zuerst die Arbeit als das Produkt aus Kraft mal Weg definiert, und 1834 fügt Gauß den allgemeinen Grundgesetzen der Mechanik das Prinzip des kleinsten Zwanges hinzu. Bei der Ausdehnung der Methoden der analytischen Mechanik auf die theoretische Behandlung elektrischer und magnetischer Erscheinungen gelangt Green 1828 auf die Einführung der Funktion, die Hamilton 1834 die Kraftfunktion nennt, bis Gauß ihr 1836 den Namen Potenzial gibt. Bei seinem Bestreben, die magnetische Intensität der Erde zu messen, kommt letzterer auf den Gedanken, die Messung aller physikalischen Größen auf die drei für mechanische Größen gebräuchlichen Grundeinheiten der Masse, der Länge und der Zeit zurückzuführen. So wird von ihm 1832 das absolute Maßsystem begründet, um dessen Ausdehnung auf alle Gebiete der Physik sich auch sein Göttinger Mitforscher Weber besonders verdient macht.

Mehrere Teilgebiete der Mechanik werden eingehenden Untersuchungen unterzogen. 1806 bringt Laplace seine alle kapillaren Erscheinungen erschöpfend behandelnde „théorie de l'action capillaire“; 1816 stellt Poisson seine, Aufsehen erregende Wellentheorie auf und 1820 erscheint Naviers Elastizitätslehre. 1817 veröffentlicht Barlow die Ergebnisse seiner Versuche über die Festigkeit, namentlich der Metalle, des Holzes, der Steine und des Zements, und 1831 Morin seine experimentellen Untersuchungen der gleitenden und rollenden Reibung. Nachdem Dutrochet 1826 die Endosmose der Flüssigkeiten begründet hat, zeigt Graham 1830 die der Gase.

Die eifrige Pflege der experimentellen Mechanik beweisen auch die Versuche Benzenbergs (1804) zum Nachweis der Ostabweichung fallender Körper, Plateaus bekannter Versuch zur Veranschaulichung der Abplattung der Erde (1843) und Foucaults berühmter Pendel-

¹ Vgl. Hartmann: Die Weltanschauung der modernen Physik und Heydweiller: Die Entwicklung der Physik im 19. Jahrhundert.

versuch (1850) zum Beweise der Achsendrehung der Erde. Im übrigen seien die Fortschritte der experimentellen Mechanik chronologisch kurz durch folgende Angaben veranschaulicht: 1817 stellt Bohnenberger seinen bekannten Apparat her, der die Gesetze der Drehung der Erde um ihre Achse erläutert; 1822 konstruieren Quintenz und Schwilgne die Brückenwaage, 1830 stellt Morin sein Federmanometer her und Hengler sein Horizontalpendel, und 1856 konstruiert Amsler seinen Integrator, der den Inhalt, das statische Moment und das Trägheitsmoment einer ebenen Figur durch einmaliges Umfahren zu ermitteln ermöglicht. In der Mechanik der Flüssigkeiten sind die Realsche Extraktresse (1806), Tralles Alkoholometer (1812) und Oersteds Piezometer (1822) zu erwähnen, und in der Mechanik luftförmiger Körper bezeichnen Oslers Anemograph (1839) und Geißlers Quecksilberluftpumpe (1857) die Fortschritte der Experimentierkunst.

Besonders erfolgreich zeigt sich die experimentelle Forschung auf akustischem Gebiet, wo die Analyse des Tons nach Schwingungszahl und Klangfarbe in glänzender Weise von ihr durchgeführt wird. Schon 1800 erkennt Young die Ursache der verschiedenen Klangfarben bei den Tönen einer und derselben schwingenden Seite, doch wird das „Rätsel der Klangfarbe“ vollständig erst von Helmholtz 1858 gelöst. Nachdem Biot 1816 den Ton der menschlichen Stimme auf die Erschütterungen zurückgeführt hat, die durch die abwechselnde Öffnung und Schließung der Stimmritze in dem sie passierenden Luftstrom entstehen, gibt auch Helmholtz eine vollständige Analyse der Klänge in der menschlichen Stimme. 1819 erkennt Hällström das Gesetz der Schwingungszahlen der Kombinationstöne, 1856 fügt Helmholtz dem Differenzton den Summationston hinzu, und zwei Jahre später stellt er seine Theorie der Konsonanz und Dissonanz auf. Als experimentelle Forschungsmittel dieses Erscheinungsgebietes dienen dabei die Sirene Cagniards de la Tour (1819) Savarts Zahnradsirene (1820) das sogenannte Vibrationsmikroskop Lissajous und die nach ihm benannten Figuren (1855), Tyndalls singende Flammen (1857) und die von Helmholtz erfundenen Resonatoren (1860). Auch in anderer Hinsicht ist die experimentelle Akustik erfolgreich: Weber zeigt 1825 die Interferenz der Schallwellen an Stimmgabeln, Colladon und Sturm bestimmen die Schallgeschwindigkeit im Wasser zu 1435 m, (1827) Hopkins erfindet 1838 das Interferenzrohr, um die Interferenz der Schallwellen zu zeigen. Für die Tonhöhe einer sich bewegenden Tonquelle stellt Doppler 1842 das nach ihm benannte Prinzip auf, das sich auch auf optische Erscheinungen übertragen läßt und so für die Astrophysik von großer Bedeutung wird. Zu den Musikinstrumenten gesellt sich das 1810 von Grenié erfundene Harmonium. Um in der Musik einen einheitlichen Grundton zu schaffen, schlägt Scheibler 1834 als solchen a^1 mit 440 Schwingungen in der Sekunde vor².

Die in diesem Zeitraum sich vollziehende Entwicklung der Wärmelehre wird für die gesamte Physik von großer Bedeutung. Mit der Aufstellung der mechanischen Wärmetheorie scheidet die Wärme endgültig aus dem Teile der Physik aus, der für die Erklärung der ihm angehörigen Erscheinungen nach der Hypothese „imponderabler“ Stoffe benötigt. Damit ist ein wichtiger Schritt zur „Einheit der Naturkräfte“ getan: mehr und mehr beginnt der Gedanke Platz zu greifen, daß auch bei den andern Gebieten der „imponderablen“ Physik möglich sein muß, was für die Wärme gelungen ist. Daher werden die Imponderabilien mit immer zweifelhafterem Auge betrachtet, immer deutlicher tritt das Streben hervor, für die wissenschaftliche Erklärung physikalischer Erscheinungen sich vollständig unabhängig von ihnen zu machen.

Für die allmähliche Entstehung der mechanischen Wärmetheorie wird zunächst das von Gay Lussac aufgestellte Gesetz von Bedeutung, daß alle Gase bei der Erwärmung um 1 Grad sich um $\frac{1}{273}$ ihres Volumens ausdehnen, wenn der Druck sich dabei nicht ändert. Dadurch wird der in der Folgezeit auftretende Begriff der absoluten Temperatur ermöglicht, sowie die Formulierung des vereinigten Mariotte-Gay Lussacschen Gesetzes, daß für alle Gase das Produkt aus Druck und Volumen proportional der absoluten Temperatur ist. 1816 bestimmt Gay Lussac den so wichtigen Quotienten der spezifischen Wärme der Gase bei kon-

² Scheibler schlug 1834 vor, a^1 mit 440 Schwingungen als Kammerton zu nehmen. 1859 machte man in Frankreich den Vorschlag, $a^1 = 435$ Schwingungen der Musik zugrunde zu legen und erst 1885 wurde durch die internationale Stimmtonkonferenz in Wien dieser Ton von allen Ländern als Kammerton angenommen.

stantem Druck und bei konstantem Volumen und verbessert damit sofort die von Newton aufgestellte Formel über die Schallgeschwindigkeit in der Luft, die sich mit den experimentell gefundenen Ergebnissen nicht in Einklang bringen ließ. 1819 wurde derselbe Quotient ($\frac{cp}{cv}$) von Clément und Desormes in ihrem bekannten Versuch bestimmt. 1822 wurden die Wärme-probleme, besonders die der Leitung, zum ersten Male von Fourier analytisch behandelt; 1824 veröffentlichte Sadi Carnot seine leider fast ein halbes Jahrhundert unbeachtet gebliebene Abhandlung: *Sur la puissance motrice du feu*, in der sich der unter dem Namen „Carnotscher Kreisprozeß“ so berühmt gewordene wichtige Satz ausgesprochen findet. Clapeyron gibt 1833 eine analytische Darstellung der Ergebnisse Carnots und liefert damit das Fundament aller späteren mathematischen Behandlungen der mechanischen Wärmetheorie. Robert Mayer spricht in seiner 1842 erschienenen Abhandlung: „Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur zuerst den Satz von der Äquivalenz von Wärme und Arbeit³ aus, den ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie, und lehrt auch die Größe des mechanischen Wärme-äquivalents aus dem von Gay Lussac, Clément und Desormes bestimmten Quotienten ($\frac{cp}{cv}$) berechnen. Im gleichen Jahre veröffentlicht Joule die Ergebnisse seiner jahrelangen Arbeiten zur experimentellen Bestimmung dieses Äquivalents, und seine Bestimmungen werden 1850 durch die Arbeiten Hirns ergänzt. In diesem Jahre fügt ferner Clausius den zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie hinzu, daß Wärme aus einem kälteren in einen wärmeren Körper nicht ohne Aufwendung mechanischer Arbeit übergeführt werden kann, und ein Jahr später stellt Thomson (Lord Kelvin) den Satz auf, daß die Temperatur stets proportional der lebendigen Kraft der sich bewegenden Moleküle ist. Damit sind die Grundlagen der mechanischen Wärmetheorie geschaffen, als deren Vervollständigung die von Krönig zuerst 1856 begründete, von Clausius weiter ausgearbeitete kinetische Gastheorie anzusehen ist.

Soweit die Fortschritte der Wärmelehre nicht in unmittelbarem Zusammenhang mit der mechanischen Wärmetheorie stehen, seien sie hier in chronologischer Reihenfolge kurz aufgeführt. 1806 erkennt Humboldt die Ursache der Wärmeabnahme mit der Höhe. 1807 weist Young die Identität der Licht- und Wärmeschwingungen nach. 1812 beobachtet Bérard die Polarisation von Wärmestrahlen an Glasspiegeln. 1813 untersucht Leslie die strahlende Wärme mit seinem bekannten Würfel und stellt den Unterschied zwischen Strahlung und Leitung fest. 1819 stellen Dulong und Petit das nach ihnen benannte Gesetz auf. 1823 gelingt es Faraday, das Chlor zu verflüssigen; Thilorier erreicht dies bald darauf bei der Kohlen-säure, später Natterer für Stickstoffoxydul. Die meisten Gase werden als „koërzibel“ erkannt, nur Wasserstoff, Sauerstoff und Stickstoff gelten noch als „permanent“. 1831 erkennt Melloni die Gesetze der Reflexion und Berechnung der Wärmestrahlen; er stellt zuerst den Begriff „diatherman“ auf. 1835 erklärt Ampère Licht und Wärme für einheitliche Naturerscheinungen. 1844 bestimmen Regnault und Magnus die Spannkraft des Wasserdampfes für verschiedene Temperaturen. 1845 erklärt Bunsen die Gaysirerscheinungen. 1847 weisen Fizeau und Foucault die Intefferenz der Wärmestrahlen nach. Im gleichen Jahre untersucht Regnault die Grenzen der Gültigkeit des Mariotteschen Gesetzes. 1858 beobachten und erklären Faraday und Thomson die Regelation des Eises. Hinsichtlich der Apparate der Wärmelehre seien diese Mitteilungen noch durch folgende Angaben ergänzt: 1815 erfinden Davy und Stephenson die Sicherheitslampe; 1825 stellt August sein Psychrometer her; 1829 bringt Trevelyan das nach ihm benannte Instrument und 1840 konstruiert Jolly sein Luftthermometer. 1845 bringt Regnault sein Hygrometer.

Auch in der imponderablen Physik tritt das vorher schon betonte Streben nach Einheit, nach der Zusammenfassung ihrer Erscheinungsgebiete unter ein gemeinsames Prinzip, deutlich hervor. Die Entdeckung Oersteds (1820), daß die Magnetnadel von dem elektrischen Strome abgelenkt wird, und die grundlegenden Arbeiten Ampères auf diesem neuen Erscheinungsgebiet decken den Zusammenhang zwischen den magnetischen und elektrischen Erscheinungen auf. 1833 gelingt es Faraday, dem größten experimentellen Forschungsgenie aller Zeiten, die schon von Volta mit Entschiedenheit behauptete, aber immer wieder angezweifelte Identität der beiden Elektrizitätsarten endgültig nachzuweisen. Bei seinen Unter-

³ Vgl. über die Entwicklung der mechanischen Wärmetheorie die vorzügliche Darstellung in Mach: Wärmelehre.

suchungen über den Einfluß des Dielektrikums auf die Wirkungsweise der elektrischen Kräfte entdeckt er die Drehung der Polarisationssebene im magnetischen Felde (1846) und stellt so den ersten Zusammenhang zwischen Optik und Elektrizität fest. Seine auf induktiv experimentellem Wege gefundenen Anschauungen und Ergebnisse werden von Maxwell deduktiv mathematisch formuliert und weiter entwickelt, und 1860 wird von diesem mit der Aufstellung des Satzes, daß der Brechungsexponent gleich der Quadratwurzel aus der Dielektrizitätskonstante ist, die Verbindung der optischen mit den elektrischen Erscheinung vollständig hergestellt. Von den früheren Imponderabilien bleibt nur eins, der Äther, dessen Hypothese für die Erklärung der elektrischen, magnetischen und optischen Erscheinungen ausreicht. So ist für die imponderable Physik ein gemeinsamer Boden gewonnen, auf dem der Ausbau der modernen Anschauungen erfolgen kann.

Bei der ungeheuren Fülle der neuen Entdeckungen und Erfindungen auf elektrischem Gebiet ist es sehr schwer, von den Fortschritten der Elektrizität in gedrängter Form eine umfassende und doch klarere Darstellung zu geben. In der Elektrostatik weist Faraday 1838 experimentell nach, daß bei einem isolierten Leiter der Sitz der Elektrizität auf der Oberfläche ist. Von Bedeutung wird die Erforschung des Entladungsfunkens. Als Mittel hierzu dient namentlich der rotierende Spiegel, mit dem 1834 Wheatstone die Dauer einer solchen Entladung bestimmt. Derselbe untersucht 1835 das Funkenspektrum und stellt seine Abhängigkeit von der Natur der Metalle, zwischen denen der Funke überspringt, fest. Der oscillatorische Charakter der Funkenentladung wird zuerst von Hewy 1842 erkannt und später von Helmholtz (1847) und Thomson 1853 richtig erklärt, bis Feddersen 1858 durch die Photographie des im rotierenden Spiegel sich zeigenden Funkenbildes den tatsächlichen Nachweis für die Richtigkeit dieser Erkenntnis liefert. Damit ist auch das Rätsel des Lulinschen Versuches erklärt, bei dem man auf einem von dem elektrischen Funken durchbohrten Kartenblättchen die Durchschlagsstelle auf beiden Seiten von einer wulstigen Erhebung umrahmt findet. Die Wirkung einer solchen Entladung auf die Leitfähigkeit von Metallpulvern wird schon 1838 von Munck af Rosenskjöld erkannt. Somit sind also in diesem Zeitraum die Grundbedingungen für die moderne Funkentelegraphie schon vollständig geschaffen.

Hinsichtlich der Apparate der Elektrostatik sei zunächst die von Belli 1831 erfundene Influenzmaschine erwähnt. 1843 verwendet Armstrong die 3 Jahre vorher zum ersten Male beobachtete Dampfelektrizität zur Herstellung seiner Dampfelektrisiemaschine. 1853 konstruiert Rieß sein elektrisches Luftthermometer. Von großer Bedeutung sind die beiden von Thomson 1855 konstruierten Meßapparate: das Quadrantelektrometer und das absolute Elektrometer.

Die neuen Entdeckungen und Gesetze auf dem Gebiet der „strömenden Elektrizität“ seien in chronologischer Reihenfolge angegeben. 1802 erkennt Ritter die galvanische Polarisation als die Ursache, daß der Strom einer gewöhnlichen Voltaschen Kette allmählich schwächer wird. 1805 stellt Grothuß seine Hypothese der Elektrolyse auf. 1813 entdeckt Davy den elektrischen Lichtbogen. 1820 stellt Ampère über die Ablenkung der Magnetnadel die nach ihm benannte Schwimmregel auf; Biot und Savart teilen im gleichen Jahre das bekannte nach ihnen benannte Gesetz über die Größe dieser Wirkung mit. 1827 entdeckt Ampère die gegenseitige Wirkung elektrischer Ströme aufeinander und stellt das Grundgesetz der elektrodynamischen Erscheinungen auf. Im gleichen Jahre veröffentlicht Ohm seine Abhandlung: „Die galvanische Kette, mathematisch bearbeitet“, in der sich das wichtige nach ihm benannte Gesetz ausgesprochen findet. 1831 stellt Faraday die Gesetze der Induktionserscheinungen fest. Damit finden auch frühere Beobachtungen Ampères über die Dämpfung der Schwingungen der Magnetnadel durch eine untergelegte Kupferscheibe, Aragos rotierende Kupferscheibe und sein „Rotationsmagnetismus“ ihre richtige Erklärung. Auch der Öffnungsfunke wird als Induktionserscheinung erkannt (1835.) 1833 bringt Faraday seine Gesetze der Elektrolyse und führt mit seiner Auffassung der elektrolytischen Vorgänge die Begriffe Anode, Kathode, Anion und Kation ein. 1834 stellt Lenz sein Gesetz auf, das die Richtung des jeweiligen Induktionsstroms in allen Fällen leicht bestimmen hilft. 1837 entdeckt Knox die größere Leitfähigkeit des belichteten Selens. 1838 veröffentlicht Faraday seine Arbeiten über dielektrische Polarisation. 1840 stellt Haecker sein Gesetz über die Tragkraft der Magnete auf. In demselben Jahre bekämpft Faraday in einer Abhandlung die Kontakttheorie und spricht sich energisch für die Ansicht aus, daß ein chemischer Prozeß die Elektrizität erzeuge. Zwischen diesen

beiden Ansichten sucht Schönbein 1844 zu ermitteln und diesem folgen außer Helmholtz auch andere namhafte Physiker. 1844 bringt Joule das nach ihm benannte Gesetz über die Wärmewirkung des elektrischen Stroms. 1845 erforscht Faraday die Erscheinungen des Diamagnetismus. 1846 stellt Weber das unter dem Namen Webersches Gesetz bekannte Kraftgesetz auf. 1847 macht Kirchhoff seine Gesetze der Stromverzweigung bekannt. 1848 gibt Wertheim die richtige Erklärung für das Tönen elektromagnetischer Stäbe, die in rascher Folge magnetisiert und entmagnetisiert werden. 1850 lehrt Siemens, die Fehlerstelle eines Kabels mit Hilfe von Widerstandsmessungen bestimmen. 1852 bereichert Faraday die Physik um den so wichtigen Begriff der Kraftlinien.

Dieses Eindringen in das elektrodynamische und elektromagnetische Erscheinungsgebiet ist von einer allmählichen Verbesserung der Stromquellen begleitet. 1830 wendet Sturgeon zur Verminderung des Zinkverbrauchs bei der Voltaschen Säule das Amalgamierungsverfahren an. 1836 baut Daniell das erste konstante Element, bei dem die beiden Flüssigkeiten durch eine Ochsengurgel getrennt sind. An ihre Stelle setzt Gassiot bald nachher die poröse Tonzelle, und 1859 ändert Meidinger das Daniellsche Element in der bekannten Weise um. 1839 folgt das Grove-Element, dessen Platinblech durch Poggendorf 1841 die S förmige Gestalt erhält. Im gleichen Jahre (1841) bringt Bunsen sein Element, verwendet Chromsäure statt der Salpetersäure, worauf durch Poggendorf und Grenet (1856) sich die Tauchbatterien und Flaschenelemente entwickeln. Nachdem Sinstedten 1854 zuerst die Idee der Akkumulatoren angegeben hat, werden diese sekundären Elemente 1859 von Planté zuerst konstruiert. Mit der Entdeckung der Induktionserscheinung eröffnet sich der Stromerregung ein neues Gebiet. Man beginnt, die Induktionsströme zu benutzen und 1856 konstruiert Siemens seinen Doppel-T-Anker, dessen Bewegung im magnetischen Felde als Stromquelle in der Folge von so wichtiger Bedeutung wird.

Für die wissenschaftliche Erforschung der elektrischen Vorgänge sind die Meßapparate von großer Bedeutung. Nachdem Schweigger die Ablenkung der Magnetnadel 1820 zur Konstruktion seines Multiplikators benutzt, Ampère seine Empfindlichkeit durch das astatische Nadelpaar gesteigert hat, stellt 1825 Nobili das erste Galvanometer her, ein Jahr später Becquerel sein Differenzialgalvanometer. Im gleichen Jahre (1826) führt Poggendorff die Methode der Spiegelablesung ein. 1830 ergänzt Nobili sein Galvanometer zu dem so überaus empfindlichen Thermomultiplikator. 1835 konstruiert Gauß, um die magnetische Intensität der Erde zu messen, das Bifilarmagnetometer. 1837 werden von Pouillet die Tangentenbussole und die Sinusbussole den elektrischen Meßinstrumenten hinzugefügt. 1841 stellt Poggendorf den ersten brauchbaren Widerstandsmesser her, der jedoch schon 1843 von der bekannten Wheatstoneschen Brücke überholt wird. 1853 benutzt Wiedemann bei seinen genauen Messungen des Widerstandes ein neues von ihm selbst konstruiertes Galvanometer. Damit sind die Methoden zur Messung des Widerstandes hinreichend ausgebildet. Als Einheit des Widerstandes führt Siemens an die Stelle des 1846 von Jacobi vorgeschlagenen Kupferdrahts von bestimmter Länge und Dicke 1859 die nach ihm benannte Quecksilbereinheit ein, die mehr als 20 Jahre in Gebrauch geblieben ist und sich trefflich bewährt hat.

Hinsichtlich der sonst in der Elektrizitätslehre gebrauchten, wichtigeren Apparate seien hier noch folgende Angaben gemacht: 1826 erfindet Sturgeon den Elektromagneten. 1828 stellt Pohl den als Pohlsche Wippe bezeichneten Stromwender her, bei dem wir ja noch die Quecksilbernäpfe sehen, die in jener Zeit ausschließlich zur Herstellung des Anschlusses von Leitungsdrähten benutzt wurden. Erst 1840 führt Poggendorff statt solcher Näpfe die Klemmschraube ein. 1839 ist das Erfindungsjahr des Wagnerschen Hammers, und 1851 bringt Rühmkorff seinen so wichtigen Funkeninduktor und mit ihm den ersten Transformator.

Es verdient nachdrücklich hervorgehoben zu werden, daß der hier in kurzen Umrissen skizzierte gewaltige Fortschritt in der Erforschung des elektrischen Erscheinungsgebiets fast ausschließlich auf experimentellem Wege erreicht ist. Er hat daher eine entsprechende Entwicklung der physikalischen Experimentierkunst zur Voraussetzung und eine ziemlich bedeutende technische Verwendung der Elektrizität als Begleiterscheinung. Da man als Stromquelle nur über Elemente verfügt, mit diesen die Gewinnung starker Ströme sehr unbequem und kostspielig ist, ihre Abnutzung die Gewinnung eines kontinuierlichen starken Stroms auf lange Zeitdauer sogar unmöglich macht, so ist es naturgemäß die Schwachstromtechnik, die sich in dieser Zeitperiode entwickelt. Die galvanische Versilberung, Vergoldung, die Galvano-

plastik, die Telegraphie werden auf eine ziemlich hohe Entwicklungsstufe gebracht, auch die ersten Anfänge der Telephonie reichen in diesen Zeitraum zurück.

Schon 1805 gelingt es Brugnatelli, eine silberne Medaille auf galvanischem Wege zu vergolden. 1837 erfindet Jacobi die Galvanoplastik und 1840 veröffentlicht er darüber sein gleichnamiges Werk. 1841 gelingt es Böttcher, Kupferstiche auf galvanoplastischem Wege zu vervielfältigen. 1840 benutzt Wright die Cyansalze zur galvanischen Vergoldung und Versilberung, und noch im selben Jahre verwendet Werner Siemens das unterschwefligsaure Natron zur Lösung der Goldsalze, mit denen er die galvanische Vergoldung erreicht. 1842 erfindet Böttger die galvanische Vernickelung. Galvanoplastik und Galvanostegie finden von da an immer ausgedehntere Verwendung, ihre Verfahrensweisen werden mehr und mehr vervollkommen und so werden sie zu wichtigen Zweigen der Technik.

Der Gedanke, die Elektrizität zum Zeichengeben auf weite Entfernungen zu benutzen, wird zuerst 1809 von Sömmering praktisch ausgeführt, der die chemische Zersetzung des Wassers zur telegraphischen Zeichengebung verwendet. 1821 schlägt Ampère statt der Zersetzung die Ablenkung der Magnetnadel als Mittel zur telegraphischen Verständigung vor, und 1833 stellen Gauß und Weber in Göttingen die darauf beruhende erste telegraphische Anlage zwischen dem physikalischen Institut und der Sternwarte her. 1838 führt Steinheil die Erdleitung ein. 1845 bringt Wheatstone seinen Zeigertelegraphen auf eine brauchbare Form und 1846 konstruiert Siemens seinen besseren Zeigertelegraphen mit Selbstunterbrecher, der eine betriebssichere Telegraphie ermöglicht und daher auch fast zwei Jahrzehnte hindurch sich weiter Verbreitung erfreut. 1849 vollendet Siemens die erste deutsche Telegraphenlinie, Berlin—Frankfurt a. M., und bereichert dabei die Telegraphie um das Relai und die Porzellanisolatoren an den Telegraphenstangen. Im sechsten Jahrzehnt beginnen sich alle Länder Europas mit einem immer dichter werdenden Netz von Telegraphendrähten zu umspannen; gleichzeitig hält der 1837 erfundene, 1840 verbesserte Morseapparat allmählich seinen Einzug in das Reich der Telegraphie, das 1853 durch Gintl um das Doppelsprechen, 1854 durch Siemens und Frischen um das Gegensprechen erweitert wird. 1851 wird das erste Kabel zwischen Dover und Calais verlegt, in den nächsten Jahren werden ausgedehnte Kabellinien im Mittelmeere vollendet, bei denen namentlich auch Werner Siemens sich betätigt, und 1858 gelingt es bei einem zweiten Versuch, Europa mit Amerika in telegraphische Verbindung zu bringen, wenn diese auch schon nach drei Wochen nicht mehr brauchbar ist und erst 8 Jahre später eine dauernde Verbindung hergestellt wird. Somit ist 1860 auch die Telegraphie auf eine hohe Stufe der Entwicklung gebracht und zu einem fast unentbehrlichen Verkehrsmittel geworden. Im Jahre 1860 konstruiert auch Philipp Reis nach jahrelangen Arbeiten und Versuchen sein erstes Telephon, das freilich noch zu unvollkommen ist, um praktisch brauchbar zu werden.

Für die erst im nächsten Zeitraum sich entwickelnde Starkstromtechnik werden alle Bemühungen von Bedeutung, den elektrischen Strom zur Erzielung einer drehenden Bewegung zu verwenden, die man dann behufs Leistung mechanischer Arbeiten verwerten will. 1821 gelingt es Faraday und Ampère, in der bekannten Weise einen beweglichen Stromleiter um einen festen Magneten und einen beweglichen Magneten um einen festen Stromleiter in Rotation zu versetzen. 1823 konstruieren Faraday und Barlow das nach dem letzteren benannte Rädchen. 1830 versucht der Negro und 1832 Ritchie, eine Art Motor herzustellen behufs Umsetzung elektrischer Kraft in drehende Bewegung. 1838 leitet Jacobi den Strom von 320 Zink-Kupfer-Elementen in einen Motor von $\frac{3}{4}$ Pferdestärke, um damit ein mit 12 Personen besetztes Boot auf der Newa fortzubewegen. Aber er kommt zu dem Schluß, daß, abgesehen von der Kostspieligkeit infolge des Zinkverbrauchs, es nicht möglich sein wird, die Elektrizität in dieser Weise zur Leistung großer Arbeiten zu benutzen, weil die Bewegung des Motors einen sekundären Strom erzeugt, der dem primären Strom der Stromquelle entgegenwirkt und bei schneller Drehung immer mehr schwächt, so daß die Kraftquelle schließlich selbst vernichtet wird. Gerade diese Beobachtung Jacobis, nach der anscheinend eine Starkstromtechnik unmöglich ist, veranlaßt 28 Jahre später das Genie Werner von Siemens zu der Erfindung derjenigen Maschine, welche die Starkstromtechnik ermöglicht und zu ganz ungeahntem Aufschwunge verholfen hat⁴.

⁴ Vgl. hierüber den Briefwechsel zwischen Werner und William Siemens in Pohls Lebensbeschreibung von William Siemens sowie in des Verfassers Biographie von Werner von Siemens.

Das allerjüngste Gebiet der Physik, dessen Erforschung der menschliche Geist erst seit 1600 in Angriff genommen hat, ist in der Mitte des 19. Jahrhunderts zu dem mächtigsten und umfangreichsten geworden, das das Interesse der Physiker am lebhaftesten fesselt und dessen geheimnisvoller Zusammenhang mit den übrigen Zweigen der Physik und mit den Grundlagen der gesamten physikalischen Erscheinungswelt zwar noch lange nicht erkannt, aber doch gleichsam tastend gespürt wird.

Für die Optik wird in diesem Zeitraum die endgültige Beseitigung der Newtonschen Emanationshypothese das wichtigste Ergebnis, gegen die früher nur Euler, aber ohne Erfolg, aufgetreten war. 1802 entwickelt Young die Lehre von der Interferenz und gelangt auf Grund der Huyghensschen Undulationstheorie zu befriedigender Erklärung der Interferenzerscheinungen, für die er nach der Newtonschen Theorie keine Erklärung finden kann. Freilich bereiten die 1808 von Malus entdeckten Polarisationserscheinungen, sowie die von Arago 1811 entdeckte Drehung der Polarisationssebene auch der Undulationstheorie Schwierigkeiten. Allein das Genie Fresnels kommt Young erfolgreich zur Hilfe; auch er verfißt die Undulationstheorie, erklärt 1815 mit ihr die Beugungserscheinungen, untersucht mit Arago zusammen die Bedingungen der Interferenz polarisierter Lichtstrahlen, und als er 1816 dabei den Satz aufstellt, daß zwei rechtwinklig polarisierte Lichtstrahlen niemals interferieren können, zieht Young 1817 sofort den weiteren Schluß, daß dann die Schwingungen des Äthers transversal sein müssen, während Huyghens sich jene als longitudinal vorgestellt hatte. Damit werden auch die letzten Schwierigkeiten gehoben, und 1821 erscheinen Fresnels mit Recht so berühmte Abhandlungen, in denen er die Polarisationserscheinungen und die Doppelbrechung mit Hilfe der Undulationstheorie in folgerichtiger Weise erklärt. Die letzte Entscheidung darüber, welcher von beiden Hypothesen der Vorzug zu geben ist, bringt das von Foucault bei seinen Messungen der Lichtgeschwindigkeit in den Jahren 1850—1854 gefundene Ergebnis, daß die Geschwindigkeit des Lichts im Wasser langsamer ist als in der Luft. Da dies genau der Undulationstheorie entspricht, während die Emanationstheorie verlangt, daß das Licht in einem dichteren Medium schneller ist als in einem dünneren, so bildet Foucaults Messung das „experimentum crucis“, das den Sturz der Newtonschen Hypothese besiegelt.

Die Messung der Lichtgeschwindigkeit irdischer Lichtquellen wird schon vor Foucault von Fizeau 1849 erfolgreich durchgeführt. Die Photometrie erhält von Rumford 1813 und Ritchie 1829 die ersten noch unvollkommenen Apparate zur Messung der Lichtstärke; diese Photometer werden 1843 durch das Fettfleck-Photometer Bunsens verdrängt. In der Katoptrik wird die Reflexion des Lichts 1809 von Wollaston zur Herstellung seines Reflexionsgoniometers und der Camera lucida verwendet. 1817 bringt Brewster das Kaleidoskop, 1820 Gauß den Heliotrop und 1829 Bessel sein Helimeter, Apparate, aus denen später der Heliograph hervorgegangen ist. Für die Erforschung des Augeninnern wird Helmholtz' Augenspiegel (1850) von großer Bedeutung. Bei der Brechung des Lichts mißt Wollaston 1802 den Winkel, bei dem totale Reflexion eintritt, um daraus den Brechungskoeffizienten zu berechnen. 1806 stellen Arago und Biot fest, daß der Brechungskoeffizient der Gase proportional ihrer Dichtigkeit ist. Die Höfe um Sonne und Mond werden 1825 von Fraunhofer als eine Brechungerscheinung richtig erklärt. Für die Berechnung dioptrischer Instrumente werden Gauß' dioptrische Untersuchungen 1838 von grundlegender Bedeutung, da nunmehr die Linsendicke nicht mehr vernachlässigt zu werden braucht und die Einführung der Hauptebenen für beliebige brechende Systeme doch die Anwendung der Formel $\frac{1}{a} + \frac{1}{b} = \frac{1}{f}$ gestattet. Für die Herstellung der Linsen wird Fraunhofers Verbesserung des Flintglases von großer Bedeutung.

Der Zusammenhang zwischen der Wellenlänge und dem Brechungsverhältnis wird 1836 von Cauchy klargestellt, der hierüber seine Dispersionsformel aufstellt. Die Erforschung des Spektrums bereichert die Optik um ein neues äußerst fruchtbares Gebiet. 1801 erkennt Ritter die chemische Wirkung der ultravioletten Strahlen. 1802 beobachtet Wollaston zum erstenmal dunkle Streifen im Sonnenspektrum, doch schenkt man dieser Entdeckung keine Beachtung, bis 1815 Fraunhofer sie wieder entdeckt, eingehend studiert und ihnen so den Namen Fraunhofersche Linien verschafft. 1817 stellt Fraunhofer Beugungsgitter her, mit denen es ihm gelingt, die Wellenlänge verschiedener Farben zu messen. 1832 ahmt Brewster die Fraunhoferschen Linien im künstlichen Spektrum nach. 1842 wendet Doppler sein Prinzip, nach dem ein leuchtender Körper uns in einer Farbe größerer oder geringerer Brechbarkeit erscheinen muß, je nachdem er sich uns nähert oder von uns entfernt, auf das farbige Licht

der Doppelsterne an. Ganz folgerichtig ergänzt Fizeau 1848 seine Bemerkung dadurch, daß im Spektrum der Fixsterne mit ihrer Näherung oder Entfernung eine Verschiebung der Linien sich bemerklich machen muß. 1859 bringen endlich Bunsen und Kirchhoff die richtige Erklärung der Fraunhoferschen Linien und begründen die Spektralanalyse, als deren wichtigsten Apparat sie das Spektroskop einführen. Schon 1860 entdecken sie mit diesem das Cäsium. Neben ihrem Spektroskop kommt auch das Spektroskop „à vision directe“, zuerst von Amici 1860 konstruiert, in Gebrauch.

Mit der Untersuchung der unsichtbaren Teile des Spektrums gewinnt man auch Aufklärung über die Fluoreszenz. Zuerst 1785 am Nierenholz beobachtet, dann von Goethe 1810 an der Roßkastanienrinde bemerkt, beobachtet Brewster sie 1833 am Chlorophyll und 1838 am Flußspath, Herschel 1845 am Chinin. Stokes untersucht diese Erscheinung eingehender, gibt ihr 1860 den Namen und gelangt zu einer nahezu richtigen Erklärung. Ähnlich geht es mit der Phosphoreszenz, zu deren Erklärung nach den Arbeiten des Paters Heinrich besonders die von Rieß 1845 und Draper 1859 beitragen. Für die ebenfalls in das Gebiet der Farbenzerstreuung gehörige Erscheinung der Regenbogen wird 1838 von Airy die moderne Erklärungsweise aufgestellt. Die wichtigste Verwendung findet die chemische Wirkung des Lichts zur Herstellung der Lichtbilder, für die Daguerre 1839 sein Verfahren entdeckt, das in kurzer Zeit durch Talbot und Niépce zur Photographie entwickelt wird. Damit ist wieder ein bedeutendes Hilfsmittel der physikalischen Forschung gewonnen.

Hinsichtlich der Wahrnehmung des Lichts wird unsere Kenntnis von dem Auge durch Youngs Entdeckung des Astigmatismus (1801) bereichert. Plateau erfindet gleichzeitig mit Stampfer 1832 die stroboskopische Scheibe. Die Farbenblindheit wird 1837 von Seebeck, die Irradiation 1839 von Arago und Plateau untersucht. 1838 zeigt Wheatstone mit seinem Spiegelstereoskop die Verschiedenheit der Bilder eines Gegenstandes in beiden Augen, und 1849 erfindet Brewster sein Linsenstereoskop, um ebenen Bildern für unsere Augen den Eindruck des Körperlichen zu geben. Von grundlegender Bedeutung für die Untersuchung der Licht- und Farbenempfindungen im Auge wird die „Physiologische Optik“ von Helmholtz (1856).

Auf dem Gebiete der Polarisierung und Doppelbrechung seien hinsichtlich der Apparate die früheren Angaben noch durch folgende ergänzt: 1813 erfindet Biot die Turmalinze, 1841 wendet Nicol zur bequemen Herstellung polarisierter Lichtstrahlen das nach ihm benannte Prisma an, 1847 konstruiert Soleil sein Sacharimeter, um den Zuckergehalt einer Lösung durch die Drehung der Polarisationssebene zu bestimmen, und 1858 stellt Nörrenberg für die Untersuchung der Polarisationserscheinungen den nach ihm benannten Polarisationsapparat her.

Der gewaltige Umfang, den das physikalische Wissensgebiet in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gewinnt, hebt die Physik rasch aus der Stellung einer *mathesis applicata*, in der sie sich am Ausgang des 18. Jahrhunderts befunden hat, heraus. Sie wird zu einer selbstständigen Wissenschaft, der an allen Universitäten eigene Lehrstühle und Institute errichtet werden, deren Methoden, auf sicherer erprobter Basis ruhend, sich zu einem hohen Grad der Vollkommenheit entwickeln, und deren Studium „apart ihren Mann“ erfordert. Daher wird unter den großen Förderern der Physik die Zahl derjenigen Männer, die auch als Mathematiker Bedeutendes leisten, immer geringer. Wohl beherrschen die meisten die Methoden der höheren Mathematik hinreichend, um sich ihrer mit Erfolg als Hilfsmittel zu bedienen, allein Farady bietet das beste Beispiel, wie man auf dem Gebiet der Physik das Höchste leisten kann, ohne eingehende mathematische Kenntnisse zu besitzen.

Die geachtete, selbständige Stellung, die so die Physik auf der Universität einnimmt, wirkt naturgemäß mächtig auf ihre Pflege im Unterricht der höheren Schulen als den Vorbereitungsanstalten der Universitäten ein. Noch viel wirksamer wird aber die Triebkraft, die in der Bedeutung der Physik für die praktische Gestaltung des Lebens und für alle Zweige menschlicher Tätigkeit liegt. Wie wichtig ihre Anwendungen für die Menschheit und ihren ganzen Kulturzustand geworden sind, mag noch durch folgende Angaben beleuchtet werden. In der Landwirtschaft, um deren rationelle Entwicklung sich namentlich Thaeer durch die Anwendung der Naturwissenschaften verdient macht, führt Alban 1830 die Breitsäemaschine, Fowler 1848 den Dampfpflug, 1851 Mac Cormick die Mähmaschine ein, 1855 führt Sternswärd auf der Pariser Weltausstellung die erste Buttermaschine vor. In der Bautechnik halten

Eisen und Stahl ihren Siegeszug. Für die Herstellung des letzteren wird seit 1855 das Bessemer-Verfahren von der größten Bedeutung. 1804 stellt Walter die erste eiserne Drehbrücke her, 1826 macht sich Telford um den Straßen- und Brückenbau sehr verdient, erbaut unter andern die bedeutenden Menay-Brücke. 1840 erbaut Roebling die ersten größeren eisernen Hängebrücken und Robert Stephenson stellt die erste eiserne Röhrenbrücke her. Nachdem Henz 1846 die ersten eisernen Gitterbrücken eingeführt hat, erbaut Lohse (1855) die großen Gitterbrücken bei Marienburg und Köln, an die sich später auch die beiden Elbebrücken zwischen Hamburg und Harburg schließen. 1858 führt Mohnié die eisernen Fachwerk-Brückenträger ein und 1860 erbaut Starnberg die erste große eiserne Bogenbrücke bei Koblenz. Für die Fundierung der Brückenpfeiler wurde das Smeatonsche Luftdruckverfahren 1839 von Tiger verbessert, und 1859 führt der französische Ingenieur Fleur Saint Denis die Senk-kästen ein.

Hinsichtlich des Beleuchtungswesens dehnt sich, nachdem Pepys 1802 dem Gasometer die heutige Form gegeben hat, die Verwendung des Leuchtgases zur Städtebeleuchtung nach dem Vorgange von London (1814) allmählich über alle größeren Städte des Festlandes aus. Für die Herstellung kleinerer Lichtquellen im häuslichen Gebrauch wird die Entdeckung des Stearins durch Chevreul 1817 von Bedeutung. Seit 1831 beginnt die Stearinkerzenindustrie sich zu entwickeln; 1837 werden die ersten Paraffinkerzen hergestellt. Ein unentbehrliches Beleuchtungsmittel wird die 1855 von Sillimon erfundene Petroleumlampe. Die 1832 von Kammerer erfundenen Phosphorzündhölzer werden später durch die 1848 von Böttger erfundenen sogenannten schwedischen Zündhölzer verdrängt.

In der Maschinentechnik wird die Dampfmaschine zu immer größerer Vollkommenheit und Leistungsfähigkeit gebracht. 1801 baut Evans die erste Hochdruckdampfmaschine, 1804 führt Woolf den doppelt wirkenden Zylinder ein, und 1829 konstruiert Roentgen die Mehrfachexpansionsmaschine; 1844 läßt Meyer durch den Regulator die Expansion des Dampfes selbsttätig einstellen. Dampfkessel, Kondensator und Steuerung werden verbessert: letztere namentlich durch Howes Erfindung der Kulissensteuerung (1843) und durch die nach ihrem Erfinder benannte Corlißsteuerung durch Ausklinkventile (1848). Die Theorie der Dampfmaschine wird durch Zeuner (1855) und namentlich durch Rankine (1859) auf die mechanische Wärmetheorie aufgebaut und nach allen Richtungen hin vollständig entwickelt. Neben der Dampfmaschine entwickelt sich durch Brown (1823), Barnett (1838) und Lenoir (1860) die Gasmaschine und die von Burtin (1824), Henschel und Jonval (1837), Francis (1843) immer vollkommener gestaltete Wasserturbine, bis 1853 Touraine statt dieser die Dampfturbine in Vorschlag bringt und damit den in der Neuzeit so wichtig gewordenen Konkurrenten der Dampfmaschine ins Leben ruft.

Die Verwendung des Dampfes wird immer vielseitiger: 1830 erfinden Ericsson und Braithwaite die Dampfheberspritze, 1842 Namsyth den Dampfhammer und ein Jahr später die Dampfhammer. Von der folgenreichsten Bedeutung für alle wirtschaftlichen und sozialen Verhältnisse wird jedoch die Umgestaltung des Verkehrs durch die Dampfkraft. 1807 fährt Fultons erstes Dampfschiff den Hudson hinauf; statt der Schaufelräder führt 1826 Ressel die Schiffschraube als Triebmechanismus ein. Nachdem 1804 Trevithik und 1811 Blenkinsop die ersten Lokomotiven zur Güterbeförderung erbaut haben, werden von Stephenson zuerst dauernd brauchbare Lokomotiven gebaut und 1825 fährt der erste Personenzug zwischen Stockton und Darlington, 1835 wird die erste deutsche Eisenbahn zwischen Nürnberg und Fürth eröffnet. Sämtliche Kulturländer überziehen sich allmählich mit Schienenwegen, und wie zu Wasser das Dampfschiff, so beginnt zu Lande das Dampfroß seine Laufbahn als Förderer der Kultur. Der schnellere und rasch sich steigernde Verkehr macht das Bedürfnis nach neuen Verkehrswegen fühlbar, der Tunnelbau entwickelt sich, für den der in den Jahren 1825—1843 vollendete Themsetunnel die erste Schule der Erfahrung bildet, immer neue Aufgaben bieten sich der Technik, die ihrerseits wieder von der Physik die Antwort auf viele Fragen verlangt, die bei der Lösung irgendeines technischen Problems auftauchen. So beginnt die Technik rückwirkend einen fördernden Einfluß auf die Physik auszuüben.

Es würde zu weit führen, hier all der vielseitigen Anwendungsformen der Dampfkraft in der Industrie und in den verschiedenen Gewerben zu gedenken oder die neuen Erfindungen in ihnen aufzuzählen, an denen die Physik mehr oder weniger Anteil gehabt hat. Es genüge, auf das Gesamtbild des wirtschaftlichen Lebens hinzuweisen, das unter der stetig wachsenden

Einwirkung der Physik durch ihre unzähligen praktischen Anwendungen in dem hier betrachteten Zeitraum entstanden ist: In Deutschland vollzieht sich der endgültige Übergang zu der kapitalistischen Wirtschaftsform, die mit ihrer Massenproduktion und ihrer immer größeren Differenzierung der Arbeit so tief eingreifende Umwälzungen in unserem wirtschaftlichen und sozialen Leben hervorgerufen hat und dadurch unserer Zeit ihr Gepräge verleiht. Das ideelle Gegenbild der Differenzierung der Arbeit auf materiellem Gebiet ist eine ebensolche Differenzierung der geistigen Arbeit, die sich in der Entwicklung vieler Teilgebiete menschlichen Wissens zu selbständigen Wissenschaften äußert. Ein gutes Beispiel bietet hierfür gerade die Physik, in deren Geschichte so der Zusammenhang der Vorgänge auf der ideologischen Bühne des menschlichen Lebens mit den Erscheinungen des materiellen wirtschaftlichen Lebens besonders klar zum Ausdruck gelangt.

So steht die Physik in dem Zeitraum, während dessen die deutschen Länder ihr höheres Schulwesen staatlich zu regeln beginnen, als ein festgegründeter mächtiger Bau da, achtunggebietend im Reiche der Wissenschaften, eine ragende Säule, die keine Schwankung in den Geistesrichtungen, kein Streit der Philosophen zu erschüttern vermag. Durch die Nutzbarmachung ihrer Ergebnisse gleichzeitig mit dem realen Leben eng verbunden, ist sie ein so bedeutender Kulturfaktor geworden, daß kein Philosoph, kein Pädagoge achtlos an ihr vorübergehen kann, daß jeder, der ihre Pflege in den höheren Schulen als unnötig bezeichnet, direkt als kulturfeindlich gelten muß. Einer besonderen Empfehlung von den Wortführern der Philosophie bedarf sie nicht mehr, ja, in ihrer Stellung zur gleichzeitigen Philosophie zeigt sich sogar eine eigentümliche Wandlung. Den Naturphilosophen nach Kant werden die Ergebnisse der physikalischen Forschung oft unbequem; da sie diese nicht hinwegleugnen können, werden sie gezwungen, auf sie Rücksicht zu nehmen, sie werden so in dem freien Spiel ihrer Denkkraft gehindert, ja oft genug erweist die Physik ihre in kühnem Gedankenfluge gewonnenen Sätze und mit verblüffender Selbstsicherheit ausgesprochenen Behauptungen als klägliche Hirngespinnste und gibt ihr Philosophieren dem Fiasko der Lächerlichkeit preis⁵. Selbst der besonnenste und tüchtigste dieser Naturphilosophen, Herbart, verfällt, obwohl er die Schwächen und Fehler bei Schelling und Fries mit scharfem Auge erkennt, obwohl er die philosophischen Hirngespinnste eines Steffens so scharf geißelt, selbst oft genug in den Fehler, den er bei andern tadelt. Obwohl er selbst eifrig experimentiert, z. B. auf elektrischem Gebiete viele sorgfältige Experimente macht⁶, um Klarheit über das Wesen der Elektrizität zu gewinnen, so hat er doch im Grunde dieselbe Geistesrichtung. Die feststehenden einfachen Erfahrungen der Physik „überdenkt er nach einfachen Grundsätzen“ und er ist von der Untrüglichkeit seiner Methode so überzeugt, daß er die so gewonnenen Ergebnisse unbedenklich als den realen Verhältnissen entsprechend hinstellt. So macht er gleichsam seinen Geist zum Herrn der realen Erscheinungswelt, und wenn er auch seine einfachen Grundsätze des Denkens so streng und so vorsichtig als möglich anwendet, so gelangt er doch in seiner „synthetischen“ und „analytischen“ Untersuchung der „Naturlehre“ zu den gewagtesten Schlüssen und bleibt vor Irrtümern nicht bewahrt. So entscheidet er z. B. die Frage, was das eigentliche Wesen der Wärme sei, dahin, daß diese unmöglich in einer „inneren Aufregung der Materie“, wie er die Bewegung der Moleküle nennt, ihren Grund haben könne, sondern in einem Caloricum, einem Wärmestoff. Mit einer Unbefangenheit sondergleichen geht er in dem von der Naturlehre handelnden Teil seiner Metaphysik an die Erklärung der schwierigsten Vorgänge auf elektrischem und optischem Gebiet, und wenn es z. B. heißt: „Auch darüber sollte vielleicht kaum Verwunderung stattfinden, daß nur das Eisen und ebenfalls noch ein paar andere Metalle für Magnetismus empfänglich sind. Denn Magnetismus ist eine Anomalie; und Anomalien sind Seltenheiten“, so erinnert diese Stelle mit noch vielen anderen sehr an die mystischen Spekulationen eines Steffens, die er so heftig bekämpft⁷. Ein Glück ist es, daß der Unterricht in der Physik niemals von Herbarts Betrachtungsweise derselben beeinflusst worden ist, daß bei der beginnenden staatlichen Regelung des Unterrichts auf den höheren Schulen die „höheren Ansichten der Wissenschaft die spekulative Physik“, ausdrücklich den Universitäten vorbehalten wurde⁸.

⁵ Vgl. Schellbach: Die Zukunft der Mathematik an unsern Gymnasien. S. 6, 7.

⁶ Herbart hat in Königsberg 2 Vorlesungen über die Elektrizität gehalten: Versuche und Betrachtungen über den Gegensatz der Elektrizitäten. Abgedruckt in Bd. 5 der Ausgabe von Kehrbach.

⁷ Vgl. Herbarts Naturphilosophie und Metaphysik. Bd. 6 der Ausgabe von Kehrbach.

⁸ Vgl. Norrenberg: Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen Deutschlands. S. 35.

Unter den Staaten Deutschlands, die das höhere Schulwesen in feste Normen zu bringen suchen, nimmt Preußen eine führende Stelle ein. Hier gehen die dahin zielenden Bestrebungen auf die Zeit Friedrichs des Großen zurück, in dessen letzten Regierungsjahren der Minister von Zedlitz daran arbeitete, die Verwaltung der höheren Schulen von der Kirche loszulösen und dem Staate zu unterstellen sowie dem Unterrichte derselben einen einheitlichen Abschluß durch eine Abiturientenprüfung zu geben⁹. Das Ergebnis seiner Bemühungen bildet das 1787 eingerichtete Oberschulkollegium, das durch die Instruktion vom 22. Febr. 1787 die Anstellung eines Lehrers nur auf Grund einer Prüfung anordnete, und durch ein Reskript vom 23. Dezember 1788 das Abiturientenexamen einführte. Beide Verfügungen enthalten keine bestimmten Vorschriften über die einzelnen Prüfungsfächer, es heißt nur im allgemeinen, daß in den Zeugnissen neben Urteilen über die Leistungen in den Sprachen auch solche über die Leistungen in den Sprachen auch solche über die „wissenschaftlichen Kenntnisse“ aufzunehmen sind. Auch die vorliegenden Berichte über solche Prüfungen, die eine ziemlich willkürliche Handhabung derselben zeigen, lassen nichts über das Maß der Anforderungen in der Physik verlauten, ja nicht einmal erkennen, ob denn überhaupt stets in der Physik geprüft worden ist. Auch die Lehrerbildung hatte Zedlitz in den Kreis seiner Erwägungen gezogen, allein bevor diese zu festen Maßnahmen ausreifen, schied er aus dem Amte, und unter seinem Nachfolger geriet das von ihm kräftig und klug begonnene Werk der staatlichen Regelung des höheren Schulwesens arg ins Stocken. Wie bisher blieb die theologische Amtsprüfung zugleich die Prüfung für das höhere Lehramt, und nur gelegentlich wurden von den Konsistorien noch besondere Prüfungen vorgenommen, wenn es galt, eine neue Lehrstelle zu besetzen. Wenn auch diese Prüfungen sich möglichst auf alle Lehrgegenstände, auch die Naturwissenschaften, erstreckten, so wurde doch den vorhandenen Nachrichten zufolge hinsichtlich der physikalischen Kenntnisse meistens nur ein bedenkliches Vakuum festgestellt, was freilich nicht hinderte, daß die Prüfung als bestanden galt¹⁰.

Zwei Jahrzehnte ruhen nach Zedlitz in Preußen die Bestrebungen, das höhere Schulwesen staatlich zu regeln. Die französische Revolution, die ihr folgenden unablässigen Kriege und die beispiellose Laufbahn Napoleons I hielten die Aufmerksamkeit gefesselt; fast scheint es, als ob die Lebensarbeit jenes Ministers vergeblich gewesen ist. Da rufen die schweren Schicksalsschläge der Jahre 1806 und 1807, die den preußischen Staat in seinen Grundvesten erschüttern, ja seine Existenz in Frage stellen, sämtliche geistigen und sittlichen Kräfte des preußischen Volkes wach. Die begeisterten Wortführer des Neuhumanismus erheben ihre Stimme und weisen auf die Notwendigkeit einer Wiedergeburt des preußischen Volkes durch eine gänzlich andere Jugenderziehung hin. Das Verderben des Vaterlandes sei „die Folge der inneren Ohnmacht des Alten, der Aufklärung, der Nützlichkeitsphilosophie und des Franzosentums.“¹¹ Ihre Ansicht drang durch. Gerade in der Zeit der tiefsten Demütigung Preußens wurde das Werk der Reorganisation des höheren Schulwesens mit der größten Energie in die Hand genommen, und als behufs Durchführung der Reform an die Stelle des Oberschulkollegiums im Jahre 1808 die dritte Abteilung des Ministeriums des Innern mit der Oberaufsicht über das Unterrichtswesen betraut wurde, ward Wilhelm von Humboldt an die Spitze dieser Abteilung gestellt.

Schwerlich hätte man eine geeignetere Persönlichkeit finden können als diesen Freund Herders und Goethes, um das neuhumanistische Bildungsideal: die allseitige, harmonische Ausbildung sämtlicher Fähigkeiten des Körpers wie der Seele zu griechischer Kraft und Schönheit, der neuen preußischen Gymnasialverfassung zu Grunde zu legen. Sein wichtigster Berater in allen Fragen des höheren Schulwesens war F. A. Wolf, der „heros epony mos der deutschen Philologie“, und diese beiden Männer haben so dem höheren Schulunterricht des 19. Jahrhunderts seine Richtung, sein besonderes Gepräge gegeben. Forscht man nun, welche Ansichten sie von der Aufgabe des Physikunterrichts innerhalb der höheren Schulbildung hatten, so trifft man auf ein vollständiges Vakuum. Weder Humboldt noch Wolf haben sich hierüber geäußert. Wenn sie auch auf dem Standpunkt standen, daß es im Grunde genommen einerlei

⁹ Vgl. Rethwisch: Der Staatsminister v. Zedlitz und Preußens höheres Schulwesen im Zeitalter Friedrichs des Großen.

¹⁰ Vgl. Rethwisch: Der Staatsminister v. Zedlitz, S. 17 und des Verfassers Abhandlung vom Jahre 1899: Die Entwicklung des mathematischen Unterrichts an unseren höheren Schulen. Teil II. S. 18.

¹¹ Vgl. Paulsen: Gelehrter Unterricht. S. 569 ff. und 594. Außerdem Norrenberg a. a. O. S. 33 ff.

sei, ob am Griechischen oder am Lateinischen oder an der Mathematik die Fähigkeiten des menschlichen Geistes ausgebildet werden, wenn diese nur ausgebildet sind, so konnten sie doch in dem damaligen Physikunterricht, der noch nicht über den Nützlichkeitsstandpunkt hinausgekommen war, noch keinen wichtigen, allgemein bildenden Lehrgegenstand erkennen und daraus erklärt sich dann auch das Fehlen jeder Hindeutung auf dieses Lehrfach. Wenn gleichwohl in der neuen gymnasialen Lehrverfassung die Physik eine ziemlich eingehende Berücksichtigung erfahren hat, so ist dies namentlich das Werk Süverns, der ebenfalls unter Humboldt in der Unterrichtsverwaltung tätig war.

Das erste von Humboldt erlassene Edikt (12. Juli 1810) betrifft die Einführung einer allgemeinen Prüfung für das höhere Lehramt. Sie enthält keine eingehenden Vorschriften hinsichtlich der von den angehenden Schulmännern zu verlangenden Kenntnisse; als solche werden nur im allgemeinen philologische, historische und mathematische genannt, doch soll es keinem Kandidaten verwehrt sein, sich auch in anderen Fächern, denen er sich vornehmlich gewidmet hat, prüfen zu lassen. Die Physik findet sich überhaupt nicht erwähnt. Diese Verfügung ist die einzige, die von Humboldt selbst herrührt. Die Neuordnung der Abiturientenprüfung und die Aufstellung eines Normallehrplans sind von ihm nur angeregt, von Süvern vollendet worden. In dem „Edikt wegen Prüfung der zu den Universitäten übergehenden Schüler“ vom 25. Juni 1812 finden wir auch für die Physik bestimmte Vorschriften¹²: „In der Physik gehört zum Prädikat unbedingter Tüchtigkeit deutliche Erkenntnis der Gesetze derjenigen Hauptphänomene der Körperwelt, ohne welche die Lehren der mathematischen und der physikalischen Geographie nicht begriffen werden können.“ Außer diesem Prädikat gab es noch solche „bedingter Tüchtigkeit“ und der „Untüchtigkeit“, doch findet sich bei ihnen kein Hinweis auf die Physik. Für die schriftliche Prüfung wird kein besonderer physikalischer Aufsatz vorgeschrieben; hinsichtlich der mündlichen Prüfung heißt es: „In der Naturlehre wird geprüft, ob die Schüler die Tatsachen rein aufgefaßt, und die wissenschaftlichen Erklärungen derselben begriffen haben.“ Diese Angaben in der ersten geschichtlichen Urkunde über die Abiturientenprüfung lassen die Pflege und die Wertschätzung der Physik innerhalb des gymnasialen Lehrplans in nicht gerade glänzendem Lichte erscheinen. Der Eindruck, daß man diesem Lehrfach nur eine untergeordnete Bedeutung für das Lehrziel der Gymnasien beimaß, wird noch verstärkt, wenn man die dem Edikt beigelegten Muster der drei Zeugnisgrade untersucht¹³. Weder das Zeugnis I. Grades (unbedingt tüchtig) noch das des II. Grades (bedingt tüchtig) enthält irgendeine Bemerkung über die Kenntnisse in der Physik. Nur das Zeugnis III. Grades (untüchtig) tut der Physik Erwähnung, doch heißt es dort seltsam genug: „Ausgezeichnet sind seine Kenntnisse in der Physik, sofern sie in mehreren Abschnitten nicht mit der Mathematik zusammenhängt.“ Man darf wohl annehmen, daß die gegebenen Beispiele von Reifezeugnissen nicht ohne Absicht diese besondere Art der Fassung erhalten haben.

Daß Süvern dem Unterricht in der Physik nicht abhold war, daß er ihn ebenso wie den Unterricht in den übrigen realen Wissenschaften für notwendig hielt, um die Fähigkeiten des Verstandes nach allen Seiten hin „harmonisch“ auszubilden, beweist sein 1816 erschienener Normallehrplan, der für die „Naturlehre“ folgende Bestimmungen enthält¹⁴: „In III (zweijährig) beginnt die Naturlehre mit einem propädeutischen Kursus. Es soll eine allgemeine Übersicht der Hauptsächlichsten auf dem Wege sinnlicher Anschauung, des Versuches und der faßlichen Beobachtung, jedoch ohne systematische Zusammenfassung gegeben werden.“

Die II (zweijährig) bietet als Gegenstände der Betrachtung, nicht der mathematischen Behandlung, Wärme, Elektrizität, Galvanismus, Magnetismus, mit Einschluß der metaphysischen Eigenschaften der Körper.

Die I (dreijährig) beschließt das naturwissenschaftliche Pensum mit Optik und einer gründlichen Übersicht über die allgemeine Naturlehre.“

Die in der Aufzählung der physikalischen Lehrgebiete hier fehlende Mechanik war dem mathematischen Unterricht zugewiesen.

¹² Vgl. Schulze: Die Abiturientenprüfung. S. 12, 13, 16.

¹³ Vgl. Schulze: Die Abiturientenprüfung. S. 26 bis 31. Ein Abgangszeugnis vom Köllnischen Gymnasium in Berlin sagt: In der Physik sind ihm die Hauptlehren bekannt, und er weiß die Elementarmathematik, Trigonometrie und Algebra darauf anzuwenden.

¹⁴ Süverns Lehrplan hinsichtlich der Naturwissenschaften findet sich vollständig bei Norrenberg a. a. O. S. 35.

Da in jeder Klasse wöchentlich 2 Stunden der Physik gewidmet werden sollten, so schrieb Süverns Lehrplan für die damals bestehenden 91 Gymnasien¹⁵, die das Recht besaßen, zur Universität zu entlassen, wöchentlich 14 Physikstunden vor, also mehr, als heute die Realgymnasien und Oberrealschulen aufweisen. Allein das preußische Kultusministerium, das 1817 an die Stelle der bisherigen dritten Abteilung des Ministeriums des Innern trat, hat diesen Plan überhaupt nicht als für alle Gymnasien verbindlich veröffentlicht; tatsächlich ist daher niemals genau nach dem Süvernschen Lehrplan unterrichtet worden, sondern dieser bildet gleichsam nur das ideale Ziel, dem die höheren Lehranstalten in den nächsten zwei Jahrzehnten zustreben. Infolgedessen geben auch die aus jener Zeit herrührenden Schulprogramme von dem Betrieb des physikalischen Unterrichts nach Umfang und Inhalt ein ziemlich schwankendes Bild¹⁶.

Die vollständige Durchführung der Süvernschen Lehrpläne scheiterte an mehreren schwerwiegenden Umständen. Zunächst hatte Süvern, den Bedürfnissen seiner Zeit voraus-eilend, nicht genügend erwogen, ob die Erreichung der von ihm gesteckten Lehrziele in der Physik überhaupt mit der Bewältigung des großen altsprachlichen Lehrstoffs vereinbar sei, und daher waren die meisten Wortführer der neuhumanistischen Gymnasialpädagogik durchaus nicht mit einer so ausgedehnten Berücksichtigung der Naturwissenschaften im gymnasialen Lehrplan einverstanden. Wolf selbst, der eigentliche Vater der neuen preußischen Gymnasial-verfassung, billigt sie nicht, äußert er sich doch in einem Schreiben an v. Schuckmann, dem Nachfolger Humboldts¹⁷: „Ich bin, wie von meiner eigenen Existenz, überzeugt, daß in einer Korporation der gelehrtesten Leute wenige sind, die nach eben diesem Maßstabe das pracht-volle „Unbedingt tüchtig“ (Note I) noch im vierzigsten Jahre verdienen würden, wenn ich nur soviel Griechisch und Latein, soviel Geschichte, soviel Mathematik und Physik, und das alles neben einander überdenke. Solche, die alle jene Forderungen zugleich erfüllen dürften, traue ich mir in dem volkreichen Berlin nicht ein völliges Dutzend aufzufinden.“

Der Widerstand von seiten der neuhumanistischen Altphilologen wäre vielleicht noch zu besiegen gewesen, wenn nicht andere unterrichtstechnische Schwierigkeiten einem so aus-gedehten Betriebe der Physik entgegengestanden hätten. Erwägt man, daß 1800 in den Lehrplänen nur der anerkannt besten Gymnasien der Physikunterricht in II und I mit 1 oder 2 Stunden, also im ganzen etwa 4 oder höchstens 6 Stunden, wöchentlich vertreten ist, so muß der Sprung auf mehr als die doppelte Stundenzahl von Anfang an als sehr bedenklich er-scheinen. Der intensivere Betrieb verlangt mehr Lehrkräfte und reichlichere Lehrmittel: weder konnten diese so schnell beschafft noch jene sofort ausgebildet werden, und so wird ein so plötzliches Aufschnellen praktisch zur Unmöglichkeit.

Der Einfluß der Süvernschen Lehrpläne auf die Hebung des Physikunterrichts ist jedoch unverkennbar. Um 1830 gibt es kein preußisches Gymnasium mehr, das nicht wenigstens in den beiden obersten Klassen wöchentlich ein oder 2 Physikstunden hat. Wiederholt finden wir, daß im Abiturientenexamen sogar eine schriftliche Prüfungsarbeit in der Physik verlangt wird. Eine Verfügung des Rheinischen Prov.-Schulkollegiums vom Jahre 1829 wendet sich gegen diese mit den Worten¹⁸: „An einigen Anstalten ist auch zuweilen ein Aufsatz über einen physikalischen Gegenstand angefertigt, dieses jedoch von der Königl. wissenschaftl. Prüfungs-Kommission gemäßbilligt worden, indem die Instruktion die Anfertigung eines solchen Aufsatzes nicht vorschreibe, und es nicht angemessen sei, die schriftliche Prüfung ohne Not zu erschweren. Die Prüfung in der Naturwissenschaft muß daher auf eine mündliche Prüfung beschränkt werden, wenn es nicht hier und da angemessen befunden wird, einen Gegenstand aus dieser Wissenschaft zur Aufgabe für den deutschen Aufsatz zu wählen.“

Wie die Schulen eifrig bestrebt sind, den Physikunterricht höheren Anforderungen entsprechend zu gestalten, wie sie der rasche Fortschritt dieser Wissenschaft und ihre stetig wachsende Bedeutung für die gleichzeitige Kultur unabwendbar machen, so ist auch die preu-bische Unterrichtsverwaltung eifrig bemüht, den beiden vorhin erwähnten Hauptschwierig-keiten für einen erfolgreichen Unterrichtsbetrieb in der Physik abzuhelpen. Wenn wir in den Schulprogrammen des dritten und vierten Jahrzehnts häufig Klagen über die Unzulänglich-

¹⁵ Vgl. Paulsen a. a. O. S. 567 ff.

¹⁶ Vgl. hierüber Norrenberg a. a. O. S. 36 ff.

¹⁷ Vgl. Paulsen a. a. O. S. 575.

¹⁸ Vgl. Schulze: Die Abiturientenprüfung. S. 130

keit oder das gänzliche Fehlen des „physikalischen Apparats“ begegnen, der im Programm von Cottbus 1821 direkt als eine „Grundlage der Schulreform“ bezeichnet wird, so finden wir auch ebenso oft den Dank für die Zuwendung eines solchen Apparats von seiten eines „hohen Ministerii“ ausgesprochen. Die für die Beschaffung eines derartigen Apparats aufgewendete Summe schwankt zwischen 350 Thlr. und 165 Thlr., Beträge, die bei der Geldknappheit der damaligen Zeit und der sonst in der Verwaltung herrschenden altpreußischen Sparsamkeit gegenüber durchaus nicht unbeträchtlich sind und der Fürsorge des Ministeriums für den Physikalunterricht ein ehrendes Zeugnis ausstellen¹⁹.

Neben dem Mangel an Lehrmitteln macht sich der an geeigneten Lehrkräften am bittersten fühlbar. Das allbeliebte Mittel, die beiden obersten Klassen in den Physikstunden zu kombinieren, konnte den Physikalunterricht auch nicht erfolgreicher machen. Die pro facultate docendi geprüften Lehrer waren in erster Linie meist Philologen, die dann auch neben Latein und Griechisch den Physikalunterricht übernehmen mußten, daher nur nach Büchern theoretisch die Physik dozieren konnten, das Experiment selbst da nicht zu seinem Rechte verhalten, wo die vorhandenen Lehrmittel es gestatteten. Oft half man sich damit, den Physikalunterricht Männern zu übertragen, die gar keine Lehramtsprüfung abgelegt hatten und ganz außerhalb des Lehrerkollegiums standen, Apothekern, Kalkulatoren, Offizieren, deren wissenschaftliche Ausbildung und praktische Erfahrung im Unterricht oft nur von zweifelhaftem Werte sein mochten²⁰.

Um auch hierin Wandel zu schaffen, wurde das Edikt von 1810 betreffs der Lehramtsprüfung einer Revision unterzogen. Es wurden drei Hauptfächer geschaffen²¹ und der Nachweis der Lehrbefähigung in einem genügte für die „unbedingte facultas docendi“. Zum ersten male tritt hier das mathematisch-physikalische Lehrfach als gleichberechtigt neben dem der beiden alten Sprachen auf. Die Anforderungen in der Physik werden ganz allgemein dahin normiert, daß „für den Unterricht in den oberen Klassen eine wissenschaftlich begründete Kenntnis in der Physik zu verlangen ist“. Nachdrücklich wird jedoch sofort hinzugefügt, daß auch „von den Kandidaten, welche in der Mathematik, Physik und der Naturbeschreibung gar keinen Unterricht erteilen wollen, dennoch die Kenntnis der eben gedachten Wissenschaften insoweit zu fordern ist, als es nötig ist, um den Zusammenhang des mathematischen, physikalischen und naturhistorischen Studiums mit der Gesamtbildung des Menschen und das Verhältnis dieser Wissenschaften zu andern Lehrgegenständen einzusehen und richtig zu würdigen“. Auf diese Weise suchte Johannes Schulze, der nach Süvern von 1818 bis 1840 das Dezernat für höhere Schulen verwaltete, einerseits mehr Fachlehrer für Mathematik und Physik zu gewinnen, anderseits auch die Philologen im Notfall für das physikalische Lehrfach brauchbar zu erhalten. In demselben vom 20. April 1831 datierten Edikt wird auch das Probejahr eingeführt, um „die Lehrgeschicklichkeit der Kandidaten des höheren Schulamts weiter auszubilden und ihre praktische Brauchbarkeit genauer kennen zu lernen“. Man kann nicht umhin, diese Maßnahmen Schulzes als wohl geeignet zu bezeichnen, um auch für den Physikalunterricht tüchtige Lehrkräfte zu gewinnen, jedoch konnte sich ihre Wirksamkeit erst allmählich fühlbar machen.

Auch der Abiturientenprüfung widmete Schulze seine Aufmerksamkeit und erließ am 12. Juni 1834 ein neues „Reglement für die Prüfung der zu der Universität übergehenden Schüler“. Die Physik wird als Gegenstand der mündlichen Prüfung aufgeführt und die an den Abiturienten zu stellenden Anforderungen werden dahin normiert, daß von den Examinanden „eine deutliche Erkenntnis der Hauptgesetze der Natur, namentlich der Gesetze zu verlangen ist, welche mathematisch, jedoch ohne Anwendung des höheren Kalküls, begründet werden können“. Somit hält Schulze, seinem Wahlspruch: „Arbeiten oder Untergehen.“ getreu, streng an dem bei Übernahme des Dezernats vorgefundenen Maß der Anforderungen auch in der Physik fest, und als infolge der Schrift des Medizinalrats Lorinser 1836 „Zum

¹⁹ So erhielten die Gymnasien in Kottbus 1821: 300 Taler, Danzig 1825: 227 Taler, Tilsit 1826: 350 Taler, Quedlinburg 1827: 165½ Taler, Königsberg 1827: 549 Taler, Potsdam 1831: 259 Taler, Gumbyen 1834: 169 Taler, 18 Groschen, Rössel 1834: 258 Taler.²

²⁰ Vgl. Norrenberg a. a. O. S. 40.

²¹ Vgl. Neigebaur: Die preußischen Gymnasien und höheren Bürgerschulen S. 245 und Wiese: Höheres Schulwesen I. S. 548.

²² Neigebaur a. a. O. S. 217 und 220.

Schutze der Gesundheit in den Schulen“, der Überbürdungsstreit entstand und der gymnasiale Lehrplan einer gründlichen Prüfung unterzogen wurde, kommt er in dem Zirkularreskript vom 24. Okt. 1837 zu dem Ergebnis²³, daß die Physik auch zu den Lehrgegenständen gehört, die die Grundlage jeder höheren Bildung ausmachen und zu dem Zweck des Gymnasiums in einem ebenso natürlichen wie notwendigen Zusammenhang stehen, daß daher keiner von diesen Lehrgegenständen entfernt werden kann und alle dahin zielenden Vorschläge als unzweckmäßig und unausführbar zurückzuweisen sind. Gleichwohl sucht er dem allgemeinen Ruf nach Erleichterung entgegenzukommen, und hier ist es die Physik, die erhalten muß. Hatte Süvern den Beginn des Physikunterrichts schon für die III vorgeschlagen, so wird in dem zugleich mit jenem Reskript als für alle Gymnasien verbindlich veröffentlichten Lehrplan der Beginn mit nur einer Stunde wöchentlich auf die Sekunda verschoben, ja er fügt hinzu, daß „an die Stelle der Physik in der zweiten Klasse der naturgeschichtliche Unterricht treten kann“, weil „in dieser und der folgenden Klasse für die Physik die unentbehrliche Grundlage mittels des mathematischen Unterrichts noch fortwährend gewonnen wird“ und weil „in dem zweijährigen Kursus der ersten Klasse in zwei wöchentlichen Stunden Zeit genug für den Unterricht in der Physik, wie ihn der wissenschaftliche Zweck der Gymnasien erfordert, gegeben ist“. Schulzes Normallehrplan von 1837 zeigt somit 1 Stunde Physik (oder statt ihrer Naturkunde) in II und 2 Stunden wöchentlich in I. Beachtenswert ist die in diesem Reskript aufgestellte Vorschrift, den Unterricht in der Mathematik, Physik und philosophischen Propädeutik in der obersten Klasse soviel als möglich in eine Hand zu legen.

Mit dem Normallehrplan von 1837 hat die staatliche Regelung des höheren Schulwesens in Preußen ihren vorläufigen Abschluß erreicht, und sein Vorgehen wird für die übrigen deutschen Staaten vorbildlich. In allen wird im Laufe dieser Jahre das Abiturienten-Examen eingeführt und somit in den hierfür aufgestellten Anforderungen den gelehrten Schulen ein bestimmtes Ziel gesteckt. Untersucht man die außerhalb Preußens erlassenen Verordnungen, Instruktionen, Zirkulare und Reskripte betreffs der einzuführenden Maturitätsprüfungen, so finden wir die Physik nur in Baden und in Hannover besonders erwähnt. Die badische Verordnung vom 13. Mai 1823²⁴ verlangt von den Abiturienten in der Physik, daß sie von den allgemeinen Eigenschaften der Materie, sowie von den allgemeinen in der Natur verbreiteten Potenzen, die Grundkenntnisse besitzen und die gewöhnlichsten Phänomen darnach erklären können. Die Kenntnis der Elementarsätze der mechanischen und optischen Wissenschaften ist mit bei den mathematischen Anforderungen aufgezählt. In der Hannoverschen „Instruktion“²⁵ zur Ausführung der Kgl. Verordnung vom 11. September 1829²⁶ ist schon in der schriftlichen Prüfungsordnung auf die Physik Bezug genommen. Da, wo der Unterricht in den Naturwissenschaften schon in der gehörigen Ausdehnung erteilt wird, sind einige Aufgaben aus dem Gebiete der Physik in der mathematischen Arbeit hinzuzufügen. Für die mündliche Prüfung wird dagegen nur ganz obenhin „die Kenntnis der Hauptgrundsätze und Einteilungen“ verlangt. Ein auf Preußen zurückwirkender Einfluß geht von keinem der kleineren deutschen Staaten aus, und so erübrigt sich auch hier ein näheres Eingehen auf die in ihnen obwaltenden Verhältnisse.

Nicht ganz 2 Jahrzehnte behielten die preußischen Gymnasien ihre ihnen von Schulze gegebene Lehrverfassung. Von Anfang an machten sich Kräfte fühlbar, die auf eine Änderung hinarbeiteten, und diese Kräfte wirkten dem Physikunterricht entgegen. Weder die Theologen noch die Philologen waren der Aufnahme der Realien in den gymnasialen Unterrichtsbetrieb freundlich gesinnt; sie waren in ihren Augen die schädlichen Eindringlinge, die einerseits die Schüler nötigten, in einem Vielerlei ihre Kräfte zu zersplittern, und sie mit Arbeiten überbürdeten, andererseits die „falschen, unkirchlichen, revolutionären Tendenzen des verderbten Zeitgeistes“ hervorriefen²⁶. Mit einer merkwürdigen Verkennung von Ursache und Wirkung wurden von den Vertretern dieser Anschauungen, zu denen auch Eilers gehörte, der nach Schulze Dezerent für das höhere Schulwesen in Preußen war (1840—1852), die revolutionären Ereignisse des Jahres 1848 den Schulen zur Last gelegt, und so erlangten diese

²³ Vgl. Wiese-Kübler: Verordnungen und Gesetze für die höheren Schulen in Preußen. Bd. 2. S. 53 ff.

²⁴ Vgl. Schulze: Die Abiturientenprüfung. S. 137, 190.

²⁵ Vgl. Schulze: Die Abiturientenprüfung. S. 157, 181, 186.

²⁶ Norrenberg a. a. O. S. 53.

Kräfte in der Zeit der Reaktion das Übergewicht. Das Ergebnis dieser reaktionären Kräfte war die Änderung des gymnasialen Lehrplans durch das Zirkular-Reskript vom 7. Januar 1856. Anscheinend ist in diesem die Physik ganz unangetastet geblieben: wie im Lehrplan von 1837 hat die II eine, die I zwei Stunden Physik wöchentlich, und in den Erläuterungen zu den einzelnen Lehrfächern schweigt sich das Rundschreiben über Physik ganz aus. Allein hinsichtlich der Maturitätsprüfung finden wir unter den Gegenständen, über die sich die Prüfung erstrecken soll, die Physik nicht mit aufgezählt und später sogar die direkte Vorschrift²⁷: „Eine mündliche Prüfung in der Naturbeschreibung und P h y s i k findet nicht statt!“ Somit bleibt die Physik wohl als obligatorisches Lehrfach in dem alten Umfang bestehen, ja der Abiturient erhält darin ein Zeugnis, in dem als Maßstab der Reife gilt „wenn er endlich in betreff der Physik eine klare Einsicht in die Hauptlehren über die allgemeinen Eigenschaften der Körper, die Gesetze des Gleichgewichts und der Bewegung, über Wärme, Licht, Magnetismus und Elektrizität gewonnen hat“, allein, wie Nörrenberg in seiner Geschichte des naturwissenschaftlichen Unterrichts an den höheren Schulen Deutschlands mit Recht bedauernd hervorhebt²⁸: „Naturbeschreibung und P h y s i k verschwanden 1856 aus der Reifeprüfung des Gymnasiums und sind seit jener Zeit auch nicht mehr in dieselbe aufgenommen worden.“ Damit ist aber dem Physikunterricht, man möchte fast sagen hinterrücks, ein Schlag versetzt worden, der seine ganze Lebenskraft am Gymnasium geknickt hat und von dem er auch nicht durch den Einfluß der Persönlichkeit, der Vortragsweise und der begeisterten Hingebungs²⁹ der tüchtigsten Fachlehrer vollständig genesen kann.

Der gymnasiale Lehrplan von 1856 ist das Werk Ludwig Wieses, der von 1852—1882 das Dezernat für Preußens höheres Schulwesen verwaltete. Da dieser durch seinen Bildungsgang bei Spilleke, der gleichzeitig Direktor des Friedrich-Wilhelmsgymnasiums und der Berliner Realchule war, mit dem Unterricht in den Realien hinreichend vertraut geworden war und sich während seiner Verwaltungszeit ihnen immer freundlich gesinnt zeigte, so erscheint die von ihm herbeigeführte Herabsetzung des Physikunterrichts an den Gymnasien auf den ersten Blick unverständlich. Allein was der Physikunterricht am Gymnasium verlor, dafür verschaffte ihm Wiese überreichen Ersatz durch die staatliche Anerkennung der Realschulen 1859. Diese waren, als 1812 die Gymnasien als einzige staatlich anerkannte höhere Lehranstalten sich von den übrigen absonderten, zunächst von der staatlichen Fürsorge und den Berechtigungen ausgeschlossen, sich selbst überlassen geblieben. Sich die staatliche Anerkennung zu erringen, wurde naturgemäß ihr eifrigstes Streben. Der Weg hierzu lag klar vor Augen. Das vom Staate gewünschte Bildungsziel der Gymnasien war „allgemeine Menschenbildung“, „die allseitige harmonische Ausbildung der Fähigkeiten des Geistes und des Körpers“. Die Gymnasien sollten eben „humanistische“ Bildungsanstalten sein, deren Bildungsgang durch keine Rücksicht auf irgend welche praktische Brauchbarkeit oder Nützlichkeit beeinflusst werden durfte. Diesem Bildungsideal entsprechend mußten die Realschulen ihre Auffassung von ihrer Lehraufgabe und demgemäß ihren ganzen Unterrichtsbetrieb umgestalten. Ursprünglich tatsächlich dazu gegründet, dem Handwerker, dem Kaufmann, dem Mechaniker die nötigen Kenntnisse und Fertigkeiten zu geben, mußten sie sich von solchen „Nützlichkeitskramschulen“ in allgemeine Bildungsanstalten verwandeln, die eine höhere Schulbildung auf mathematisch naturwissenschaftlicher Grundlage in ähnlicher Weise anstreben, wie die Gymnasien eine solche auf sprachlich-historischer Grundlage zum Ziel haben. Eifrig sind daher in den ersten Jahrzehnten die Lehrer und Leiter solcher Anstalten bemüht, die in den naturwissenschaftlichen Lehrfächern liegenden allgemeinen Bildungselemente herauszuarbeiten, und wiederholt finden wir Schriften von Schulmännern, die nachdrücklich auf diesen Weg, den Bildungsgang der Realschulen auf eine höhere Stufe zu heben, hinweisen. Solchem Streben kann die staatliche Schulbehörde sich nicht verschließen, und so finden wir schon 1832 eine vom 8. März datierte „Vorläufige Instruktion“²⁹ für die an den höheren Bürgerschulen und Realschulen anzuordnenden Entlassungsprüfungen, die denjenigen, welche sie bestehen, die Berechtigung zum Eintritt in den einjährig-freiwilligen Militärdienst, in das Post-, Forst- und Baufach und in die Bureaus der Provinzial-Behörden zusichern. In der schriftlichen Prüfung wird hier ausdrücklich die Bearbeitung eines physikalischen Themas, in der mündlichen die Bekanntschaft mit den

²⁷ Vgl. Wiese: Höheres Schulwesen I. S. 495. Anm. unten. S. 498. Auch Anm.

²⁸ Nörrenberg a. a. O. S. 44.

²⁹ Neugebauer a. a. O. S. 345, 347. Wiese: Höheres Schulwesen I. S. 507 und 508.

allgemeinen Eigenschaften der Körper, den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung. mit der Lehre von der Wärme, der Elektrizität, dem Magnetismus, vom Lichte usw. verlangt. Diese von Geheimrat Kortüm verfaßte Instruktion³⁰ läßt das Mehr gegenüber den Anforderungen bei der Reifeprüfung an Gymnasien deutlich erkennen.

Während so das Lehrziel der Realschulen in der Physik von Staate normiert wird, bleibt die auf dieses Lehrfach zu verwendende Stundenzahl sowie die Verteilung des Lehrstoffs auf die einzelnen Klassen noch dem Ermessen der Leiter dieser Anstalten überlassen. In dieser Hinsicht gewährte daher noch in den nächsten drei Jahrzehnten der Physikunterricht an den Realschulen ein sehr schwankendes Bild³¹. Gelegentlich schon in IV, regelmäßig aber in III, setzt dieser Unterricht mit 1 oder 2 Stunden wöchentlich ein, behält in II meist diese Stundenzahl, um sie in I von einigen Anstalten auf drei zu erhöhen. Unablässig sind dabei diese Schulen bestrebt, sich zu Anstalten emporzuarbeiten, die die Jugend auf die höheren Berufsarten des bürgerlichen Lebens vorbereiten, ihr eine allgemein menschliche, sittlich und religiös auf die Lehren des Christentums, wissenschaftlich vorzugsweise auf die mathematischen und naturwissenschaftlichen Disziplinen menschlichen Wissens gegründete Bildung geben. Mühsam, unendlich mühsam kämpfen sich so die Realanstalten in der Wertschätzung der staatlichen Behörden und der gebildeten Klassen der Bevölkerung empor: wollen die einen die praktischen, realen experimentellen Wissenschaften zur Sicherung der Grundvesten von Staat und Kirche und zur Ablenkung einer gefährlichen Kritik gefördert sehen³²), so gelten die Realschulen andern als die Brutstätten des Materialismus, der Irreligiösität und der Revolution³³, Schlagwörter, die nach der Revolution von 1848 in den fünfziger Jahren, ja noch viel später, sehr beliebt waren. Was diesen³⁴ so geschmähten Anstalten schließlich allen solchen Beschuldigungen, die von einer erstaunlichen Verkennung von Wirkung und Ursache zeugen, zum Trotz die staatliche Anerkennung verschaffte, das war im Grunde genommen der große Fortschritt der Naturwissenschaften selbst und der große Einfluß, den sie durch ihre Anwendung auf das gesamte wirtschaftliche Leben gewonnen haben. Die Bedeutung der Naturwissenschaften, und in erster Linie der Physik, als Kulturfaktor mußte schließlich mit elementarer Wucht alle Vorurteile und jeden Widerstand gegen eine Schulkategorie besiegen, die sie mit zur Grundlage einer allgemeinen höheren Bildung machen wollte. Wiese, der für die Bedürfnisse und Anforderungen der Zeit ein offenes Auge hatte, gibt selbst dies als ausschlaggebenden Grund an, wenn er sagt³⁵, daß in den Fortschritten der Naturwissenschaften sowie in der Entwicklung des öffentlichen Lebens und der Industrie die unabweisliche Anforderung lag, den Ansprüchen einer mehr realistischen Bildung gerecht zu werden. Nur wenn diese letztere Forderung erfüllt wurde, durfte er den gymnasialen Lehrplan dem mehr sprachlich-historischen Ziel gemäß vereinfachen und die vorher besprochene Herabsetzung des Physikunterrichts am Gymnasium anordnen.

So entstanden die Wieseschen Realschullehrpläne, die durch die Unterrichts- und Prüfungsordnung vom 6. Oktober 1859 eingeführt wurden und die von Norrenberg mit Recht als ein pädagogisches Meisterwerk bezeichnet werden³⁴. Am meisten Beachtung verdienen wohl die „Erläuternden Bemerkungen“, in denen Wiese in möglichst klarer Weise die Anschauungen zum Ausdruck bringt, die er mit dem Unterricht in den Naturwissenschaften als einem „humanistischen“ Lehrfach verbindet. Die hier geäußerten Gedanken³⁵ sind für die nächsten Jahrzehnte auch für den Physikunterricht maßgebend geblieben, und es dürfte auch heutzutage noch beherzigt werden, daß die Realschule in der Physik ihre Zöglinge mit dem Bleibenden und Unvergänglichen in dem Wechsel der Erscheinungen, mit der Wahrheit, die über der Wirklichkeit steht, vertraut und bekannt zu machen hat. Demgemäß wird auch in den Vorschriften für die Reifeprüfung das Lehrziel in der Physik zunächst allgemein dahin formuliert: „In der Physik muß der Abiturient diejenigen Begriffe und Sätze und ebenso in betreff

³⁰ Kortüm, der speziell die Instruktion für die Realschulen ausgearbeitet hat, gehörte vom 15. Dezember 1830 bis 7. Juni 1852 als technischer Rat für das höhere Unterrichtswesen dem Ministerium an. Wiese war sein Nachfolger.

³¹ Vgl. Norrenberg a. a. O. S. 46 bis 53.

³² Vgl. Paulsen a. a. O. S. 748, wo auch Quellennachweis und Norrenberg a. a. O. S. 47 und 51.

³³ Wiese a. a. O. I. S. 27.

³⁴ Wiese a. a. O. I. S. 507 ff. und Wiese-Kübler a. a. O. I. S. 70 bis 109.

³⁵ Die erläuternden Bemerkungen sind, soweit sie die humanistische Aufgabe des naturwissenschaftlichen Unterrichts betreffen, ziemlich vollständig von Norrenberg a. a. O. S. 54 wiedergegeben.

der Versuche die Methoden kennen, welche auf die Entwicklung der physikalischen Wissenschaft von wesentlichem Einfluß gewesen sind. Bei der auf Experimente gegründeten Kenntnis der Naturgesetze muß die Befähigung vorhanden sein, dieselben mathematisch zu entwickeln und zu begründen; die Schüler müssen eine Fertigkeit darin erworben haben, das in der populären Sprache als Qualität Gefaßte durch Quantitäten auszudrücken.“ Daran schließen sich dann in kurzen Worten die speziellen Forderungen: „Im einzelnen ist das Ziel: Bekanntschaft mit den Gesetzen des Gleichgewichts und der Bewegung, der Lehre von der Wärme, der Elektrizität, dem Magnetismus, vom Schall und vom Licht.“

Die Erreichung dieses Lehrziels soll in einer schriftlichen und mündlichen Prüfung dargetan werden: die schriftliche Prüfung besteht in der Lösung einer Aufgabe aus der angewandten Mathematik (Statik oder Mechanik) und einer physikalischen Aufgabe (Optik oder Wärmelehre). Hinsichtlich der mündlichen Prüfung findet sich die Vorschrift, daß diese auf eine Disziplin beschränkt werden kann, und daß der K. Kommissarius damit angemessen zu wechseln hat. In dem naturwissenschaftlichen Fach, worauf die schriftliche Prüfung sich bezogen hat, kann die mündliche unterbleiben, wenn nicht der Ausfall der schriftlichen Arbeiten eine weitere Erforschung des Standes der darin erworbenen Kenntnisse nötig macht³⁶.

Für die Verteilung des physikalischen Lehrstoffs auf die einzelnen Klassen geben die „Erläuternden Bemerkungen“ einige beachtenswerte Direktiven³⁷: „Von der Physik kann schon in der Tertia eine populäre Phänomenologie gegeben werden, als praktisch wichtig für die nach Absolvierung dieser Klasse ausscheidenden Schüler. In den beiden oberen Klassen sind nicht vereinzelte Mitteilungen zu geben, sondern die physikalischen Gesetze darzustellen, die an einzelnen Erscheinungen erkennbar sind. Der größte Teil der Physik wird, in Betracht der Gründlichkeit und der Schärfe mathematischer Erkenntnis, welche er erfordert, am zweckmäßigsten der erste Klasse vorbehalten.“ Wir haben also auch hier schon einen propädeutischen Kursus — in III — gesondert von einem mehr wissenschaftlich behandelten Kursus — in II und I —. Als eine für die gesunde Entwicklung des physikalischen Unterrichts äußerst segensreiche Vorschrift folgt dann: „So wichtig und bildend eine historische Behandlung der Physik ist, so sind doch alle noch unfertigen und in der Entwicklung begriffenen Teile derselben und demgemäß auch alle Hypothesen über die Naturkräfte, womit die wissenschaftliche Forschung sich noch beschäftigt, vom Schulunterricht auszuschließen.“

Zum ersten Male begegnen wir auch bestimmt ausgesprochenen Anforderungen hinsichtlich des physikalischen Lehrapparats. Die für den physikalischen Unterricht zu den Experimenten nötigen Apparate und ein geeignetes Lokal werden als ein notwendiges Erfordernis jeder Realschule bezeichnet. Sogar betreffs der Methode finden sich gegen das Ende der „Erläuternden Bemerkungen“ zwar keine bestimmten Vorschriften, aber doch einige Andeutungen³⁷. Es heißt da: „Es ist zu erwarten, daß der induktive Charakter des Realschulunterrichts sich mehr und mehr geltend machen werde, mit angemessener Beschränkung der synthetischen Methode einer strengen Systematik. Der Weg von dem Besonderen zu dem Allgemeinen ist der naturgemäße für den jugendlichen Geist und entspricht der Entwicklung der Realwissenschaften. Das umgekehrte Verfahren, welches vom Gesetz zur Erscheinung kommt, wird bei vorzüglichen Talenten ebenfalls mit Nutzen angewandt: aber sie können den Gang des Unterrichts nicht bestimmen.“ Ganz zum Schluß wird noch auf den Nutzen eines zweckmäßig eingerichteten Lehrbuchs hingewiesen und die Einführung eines solchen als unerläßlich betont.

Das ist die Summe dessen, was die Wiese'schen Lehrpläne von 1859 über den Unterricht in der Physik enthalten, was wir also gleichsam als den Niederschlag der im Laufe einer hundertjährigen Entwicklung des Realschulwesens allmählich gesammelten Erfahrungen und gewonnenen Anschauungen ansehen dürfen. Wir stehen nicht an, wenn man auch in ihnen vom heutigen Standpunkt aus vielleicht den Physikunterricht etwas zu dürftig berücksichtigt findet, sie doch als ein für diesen wertvolles Dokument allerersten Ranges zu bezeichnen, um so wertvoller, als es von einem Schulmanne herrührt, dessen Bildungsgang und wissenschaftliche Neigungen mehr auf dem sprachlich-historischen Gebiet lagen. Da Wieses Realschullehrpläne auch für die übrigen deutschen Staaten vorbildlich wurden, so sind sie von bleibendem Einfluß geblieben und haben dem Physikunterricht in ganz Deutschland die Wege

³⁶ Vgl. Wiese-Kübler a. a. O. I. S. 77.

³⁷ Wiese-Kübler a. a. O. I. S. 88 und 97.

gewiesen, auf denen er auch heute noch wandelt: sie bilden somit einen wichtigen Markstein in der Entwicklungsgeschichte dieses Unterrichtsfachs während des philologischen Jahrhunderts.

Nach der Besprechung der für die Gestaltung des physikalischen Unterrichts wirkenden Kräfte sei es versucht, ein ungefähres Bild von dem zu geben, was und wie während des hier betrachteten Zeitraums auf den Gymnasien und Realschulen tatsächlich in den Physikstunden gelehrt wurde. Von vornherein sei nachdrücklich betont, daß wir uns keine zu hohen Vorstellungen davon machen dürfen. Um einen Maßstab für die Beurteilung zu gewinnen, ist es ratsam, den gleichzeitigen Betrieb der Physik auf den Universitäten zum Vergleich heranzuziehen. Wie kläglich es mit diesem zu Beginn des 19. Jahrhunderts an den kleineren Universitäten Deutschlands bestellt war, davon gewinnen wir durch Nentwigs Schrift: „Die Physik auf der Universität Helmstedt“ eine Vorstellung. Allein selbst Göttingen, das noch um jene Zeit seine Glanzperiode hatte und mit Recht als die erste deutsche Universität galt, bekam erst nach Lichtenbergs 1799 erfolgtem Tode ein physikalisches Kabinett, für dessen Apparate-Sammlung die aus dem persönlichen Nachlaß des Verstorbenen übernommenen den eigentlichen Kern bildeten³⁸. Ging es nicht in viel späterer Zeit ähnlich mit den Apparaten, die zu dem Nachlaß des Berliner Professors Magnus gehörten? Es fehlten den Universitäten in diesem Zeitraum eben auch noch die Mittel, um würdig ausgestattete physikalische Institute einzurichten. Das gleiche gilt auch von den Hochschullehrern. Fast diesen ganzen Zeitraum hindurch ist der Vortrag über Physik noch den Professoren der Mathematik überlassen, wenn nicht gar Naturphilosophen noch ihrem Spekulationsgeist in der Physik die Zügel schießen lassen; nicht jede Universität hat das Glück, wie Göttingen in seinem Gauß ein Genie zu besitzen, das auch die Physik ebenso fördernd pflegt wie die Mathematik, und erst in den letzten Dezennien des hier betrachteten Zeitraums finden wir Fachphysiker hier und da auf den Hochschulen die Lehrstühle für Physik ausfüllen. Durch sie beginnt man allmählich, den bloßen Demonstrationsvortrag nicht als das letzte Ziel eines Physiklehrers an der Universität anzusehen, sondern seine Aufgabe mehr in der Förderung der Wissenschaft selbst, und in der Ausbildung der Studierenden zu selbständigen wissenschaftlichen Arbeiten auf dem Gebiete der Experimentalphysik zu suchen. So wird allmählich aus dem bloßen Demonstrationsapparat ein wissenschaftliches Institut. Göttingen geht auch hierin allen Universitäten voran: Weber, der dort seit 1831 neben Gauß wirkte, führt zuerst das physikalische Praktikum ein, um den Studierenden die Gelegenheit zur Anstellung von Versuchen und kleineren physikalischen Untersuchungen zu geben³⁹.

Wenn überhaupt die Entwicklung des Unterrichts auf den höheren Schulen als ein Spiegelbild des wissenschaftlichen Lebens auf den Universitäten aufgefaßt werden kann, so gilt dies von der Physik ganz besonders. Die seit 1800 immer regelmäßiger alljährlich von jeder Anstalt veröffentlichten Berichte hallen wider von den Klagen über den durchaus „nicht angemessenen“ oder gar „höchst kläglich“ Zustand des physikalischen Apparats⁴⁰. Nach 1828 heißt es im Programm des Werderschen Gymnasiums von Berlin, daß „der zur Zeit noch planlos angelegte und durchaus unvollständige physikalische Apparat systematisch vervollständigt werden muß“. Ob nicht auch heutzutage noch die Sammlung vieler physikalischer Kabinette als „planlos angelegt“ bezeichnet werden kann?

Im dritten und vierten Dezennium erhalten dann viele Gymnasien vom Ministerium den so lange ersehnten physikalischen Apparat, für dessen Herstellung uns neben den Berliner Firmen: Gebr. Müller, Winckler, Pistor und Schick, noch der „Mechanikus Körner“ aus Jena namhaft gemacht wird. Er wird in zwei verschiedenen Größen hergetellt. Quedlinburg, das 1825 noch den gänzlichen Mangel eines physikalischen Apparats beklagt, erhält 1827 einen solchen der kleineren Art zum Preise von 165½ Thlr., der folgende Teile enthält: Zweistiefelige Luftpumpe, Fallapparat, Glockenwerk, Spindelflasche, Quecksilberheber, Pressungszylinder, Apparat zum Gefrieren des Wassers, Luftpumpenbarometer, Elektrisiermaschine nebst Leydener Flasche, Auslader und Kette, elektrisches Pistol, elektrische Sichel, Blitzflasche, Apparat zur Zerlegung des Wassers, Aräometer, hydrostatische Wage, Transporteur. Potsdam erhält 1831 einen physikalischen Apparat größerer Art zum Preise von 259 Taler; wir

³⁸ Wiese-Kübler a. a. O. I. S. 108 und 109.

³⁹ Vgl. Klein und Riecke: Teil I der Beiträge zur Frage des Unterrichts in der Physik.

⁴⁰ Vgl. das Programm des Königlichen Gymnasiums in Erfurt 1825 und das Programm des Königlichen Gymnasiums in Landsberg a. d. Warthe 1831.

finden hier auch die Preise der einzelnen Teile aufgeführt: Einfaches Mikroskop 5 Thlr. Camera obscura 10 Thlr., Camera lucida: 6 Thlr., künstliches Auge: 6 Thlr., Kondensator: 4 Thlr., Henleyscher Auslader: 3 Thlr. Galvanischer Apparat nebst Zubehör zu elektro-chemischen und elektromagnetischen Versuchen: 120 Thlr. elektromagnetischer Kondensator 4 Thlr., Inklinationsnadel 22 Thlr., Atwoodsche Fallmaschine nebst Pendel: 45 Thlr., Monochord: 8 Thlr., Kryophor: 3 Thlr., Planktarium: 18 Thlr. Lieferanten sind in beiden Fällen Gebrüder Müller-Berlin.

Diese beiden Zahlen oder ihnen sehr nahe kommende finden sich sehr oft in den Schulprogrammen für den gelieferten physikalischen Apparat angeführt, und wir dürfen auch wohl annehmen, daß er meistens ähnlich zusammengesetzt ist. Nur wird später sehr oft die in diesen beiden Aufzeichnungen fehlende Coulomb'sche Drehwage besonders hervorgehoben. Hinsichtlich der Lieferung begegnen wir damals schon denselben Übelständen, über die auch heutzutage von den Verwaltern der physikalischen Kabinette höherer Schulen geklagt wird. Jedem Physiklehrer, der über die Unpünktlichkeit der Lieferanten die Geduld verlieren möchte, sei zu seiner Beruhigung folgendes mitgeteilt: in dem Programm des Kgl. Gymnasiums zu Erfurt vom Jahre 1825 findet sich die Notiz, daß vom Ministerium die Vervollständigung des physikalischen Apparats in Aussicht gestellt, dieser einem „Mechanikus in Berlin“ in Auftrag gegeben sei. Vor allen Dingen erwarte man täglich einen neuen elektrischen Apparat. Allein dieser ist 1826 noch nicht angekommen, ein übersandtes Instrument ist beim Auspacken zerbrochen vorgefunden, auch 1827 ist noch nichts weiter eingetroffen, doch spricht man zuversichtliche Hoffnung aus. 1828 kommt endlich eine Elektrisiermaschine mit 22zölliger Scheibe, doch ist immer noch nicht alles vorhanden. Man klagt über Platzmangel. Auch 1829 wird immer noch die Ankunft vieler Gegenstände erwartet, doch ist außer der Elektrisiermaschine schon die Luftpumpe da, und man kann mit einem „Schulkursus der Experimentalphysik“ gewissermaßen den Anfang machen. 1830 treffen ein „achromatisches Teleskop (Ramsden)“, ein Barometer für Höhenmessung, eine Dezimalwage, ein Platinfeuerzeug ein.

In den Berichten über die „Vermehrung des Lehrapparates“ finden wir bei nur wenigen Gymnasien Angaben über einen bestimmten jährlichen Etat für physikalische Lehrmittel. Weitaus die meisten Gymnasien scheinen etwas derartiges nicht gehabt zu haben; oft hilft die Bibliothekskasse aus, gelegentlich finden wir Zuwendungen von Privatpersonen oder Schenkungen der Schüler lobend erwähnt. Bei denjenigen Schulen, die bestimmt von einem jährlichen Fonds zur Bestreitung von Reparaturen und Neuanschaffungen physikalischer Apparate sprechen, schwankt die Summe zwischen 20 Thlr. (Mühlhausen) und 145 Thalern (Posen) jährlich. Das Gymnasium in Nordhausen berichtet 1846, daß „für die Erhaltung des physikalischen Apparats in diesem und den zunächst verflossenen Jahren 8 Thlr. 26 Silbergroschen verausgabt wurden“!

Wenn nun auch diese Nachrichten über die physikalischen Lehrmittel einen gewissen Schluß auf den Betrieb des Unterrichts selbst gestatten, so bilden sie doch nur die materielle Basis, das Handwerkszeug, das erst Leben und Bedeutung durch den Geist desjenigen gewinnt, der es handhabt. Die Auffassung, die der Lehrer von der Aufgabe seines Unterrichts hat, gibt diesem erst seinen Wert, und die allmähliche Wandlung, die sich in der Auffassung des Physikunterrichts vollzieht, läßt sich ebenfalls an der Hand vieler Schulschriften verfolgen. Als Ausgangspunkt können wir wohl den Lehrplan des Joachimsthalschen Gymnasiums vom Jahre 1803 wählen, wo der Direktor Snethlage außer dem Tacitus auch den Physikunterricht in der I. traktierte. Hier finden wir in der Unterabteilung als Lehraufgabe der ersten Klasse die „gemeinnützigen Kenntnisse“ besonders lobend erwähnt, d. h. die „Gegenstände der Naturlehre, soweit sie ohne Mathematik verständlich sind, wohin die Lehre von der Luft, vom Schall, vom Licht, Feuer, Wasser, elektrische und magnetische Materie, von den Lufterscheinungen und vom Weltgebäude im allgemeinen gehören“. Dabei sollen „verschiedene im gemeinen Leben nützliche Werkzeuge, als Barometer, Thermometer, Sprachhörner, erklärt werden“. Dem Lehrer wird dabei zur Pflicht gemacht, „bei diesem ebenso nützlichen wie angenehmen Unterricht, auf das Herz und den Kopf der jungen Leute zugleich zu wirken“. Er soll ferner „überall auf das Große und Erhabene in der Natur“ aufmerksam machen, und so „ebenso sehr vor dem Unglauben wie vor dem Aberglauben bewahren“. Sogar ein besonderes Buch: Klügels „Gemeinnützige Kenntnisse“ war diesem Unterricht zugrunde gelegt, der durch die Süvernschen Lehrpläne abgeschafft wurde, die ja mit dem Nützlichkeitsstandpunkt end-

gültig aufräumen und organisches Denken und Wissen auch durch den Physikunterricht gepflegt wissen wollten.

Wie eifrig man unter dem Einflusse der Süvernischen Lehrpläne an den Gymnasien bemüht war, die Physik zu einem allgemeinen Bildungsmittel zu gestalten, beweist der ziemlich eingehende Bericht, den Direktor Reuscher im Jahre 1821 in seiner Darstellung der „äußern und innern Schul- und Lehrverhältnisse“ des Friedrich Wilhelms-Gymnasiums in Cottbus von dem Physikunterricht an seiner Anstalt gibt. Die Physik wird von ihm gewissermaßen als die philosophische Vollendung der Naturbeschreibung angesehen. „Sowohl die Wissenschaftlichkeit dieses Lehrobjectes, — seine fruchtbare Verbindung und Berührung mit der Mathematik, — als auch seine Stellung auf dem Lehrplan, — für Schüler auf der zweiten Bildungsstufe — bestimmt den Wert, als auch die methodische Behandlung desselben. Beides fällt im Begriff zusammen mit der doktrinellen Beschaffenheit dieses Objects, denn insofern die Physik den erkennenden Verstand absolut mündigt und kräftigt, in ihren praktischen Beziehungen nicht dem Staate sondern der Menschheit angehört, wird dieselbe zu einem universalbildenden Lehr-objecte erhoben“. Der Lehrgang in der Physik gliedert sich in einem doppelten Kursus. Der Kursus der Unterstufe ist einjährig mit zwei Stunden die Woche und soll ein „nicht sowohl fragmentarisches als vielmehr wissenschaftliches Ganze einer Elementarphysik geben“, den „kindlichen Beobachtungsgestalt durch rationelle Erklärung befriedigen, und durch die damit verbundenen Experimente nicht sowohl die kindische Phantasie ergötzen, als vielmehr die erhabene Naturidee und das wissenschaftliche Naturinteresse groß und lebendig erhalten“.

Der Kursus der Oberstufe ist zweijährig mit ebenfalls 2 Stunden die Woche. Er „be- zweckt teils eine materielle und formelle Erweiterung und Ergänzung der physikalischen Elementarklasse, teils eine Einteilung und Vorbereitung auf das Universitäts- und Berufs- studium der physikalischen Wissenschaften“. „Die aufgestellten Hauptsätze der allgemeinen und besonderen Physik erhalten in ihm mit Hilfe der Algebra und der Trigonometrie ihre wissenschaftliche Begründung.“ Der physikalische Apparat wird als ein „sicherer empirischer Stützpunkt“ für den rationellen Teil der Physik bezeichnet. Häusliche Aufgaben und Arbeiten ergänzen den Klassenfleiß der Schüler.

Viel eingehender als hier wird der Physikunterricht von W. Tenner in einer Abhandlung besprochen, die 1829 als Beilage zum Programm des Domgymnasiums in Merseburg erschienen ist. Sie trägt den Titel: „Einige Bemerkungen über die Verbindung der Wissenschaften überhaupt mit besonderer Rücksicht auf die Schulen und über die Naturwissenschaften als Gegenstand des Schulunterrichts besonders auf den Gymnasien“. In ihr findet sich der eigenartige und gewiß interessante Vorschlag, die Gymnasiasten am Ende des vorletzten Schuljahrs ein Examen in den sprachlich-historischen Fächern machen zu lassen, um diese im letzten Jahre mit nur wenigen Stunden wöchentlich zu treiben, während dann das Hauptgewicht auf Mathematik und Naturwissenschaften zu legen ist, in denen der Schüler ebenfalls ein Examen ablegen muß. Das Bestehen beider Examina berechtigt zum Eintritt in die Universität. Die Physik soll in diesem letzten Schuljahr eng mit der Philosophie verbunden sein und für beide zusammen sind nicht weniger als sechs Stunden wöchentlich vorgesehen! Die Forderung, die Physik mit einer philosophischen Propädeutik zu verbinden, ist also schon ziemlich alt.

Während er für den Physikunterricht an den höheren Bürgerschulen es als wichtig bezeichnet, daß man die großen und mannigfachen Vorteile hervorhebt, die die Kenntnis der Natur gewährt, daß man zeigt, wie „Färben und Gerben, Brauen und Bauen, kurz Fabricationen aller Art nur Anwendungen von dieser Kenntnis sind“, während er also für die Realanstalten den Nützlichkeitsstandpunkt angemessen hält, würdigt er diesen für den gymnasialen Unterrichtsbetrieb keiner Beachtung. Was und wie gelehrt werden soll, wird ausführlich erörtert. Er will, daß der Physikunterricht alle Klassen von Erscheinungen in sich begreift, daß man aber, da es unmöglich ist, in der gegebenen Zeit die Physik ganz zu lehren, auf allen Erscheinungsgebieten eine verständige Auswahl treffe. Als leitenden Gedanken für diese Auswahl gibt er an, daß man sich auf die wichtigsten Erscheinungen und Gesetze der Natur beschränken möge, „so weit sie ohne höhere Mathematik erweislich sind oder durch Induktion zur höchsten Wahrscheinlichkeit erhoben werden“. Dem Lehrer soll freie Hand gelassen werden, in welcher Reihenfolge er die verschiedenen Erscheinungsgebiete durchnehmen will, zumal man noch kein festes System der Naturerscheinungen habe.

Für das Wie des Unterrichts gibt er ebenfalls beherzigenswerte Weisungen. Nichts sei verkehrter, als eine Erfahrungswissenschaft mit Prinzipien anfangen zu wollen, nichts sei dem Gedeihen der Naturlehre schädlicher, als wenn man mit vorgefaßten Meinungen die Erscheinungen betrachte. Man gehe von den Erscheinungen und Erfahrungen aus, welche die allgemeinsten und bekanntesten oder besonders auffällig sind, klassifiziere sie, suche aus ihnen einen Satz abzuleiten und prüfe dies Ergebnis durch den Versuch. Für die Versuche empfiehlt er die größte Sorgfalt. Man könne sie auch gelegentlich durch absichtliche Vernachlässigung einer Vorsichtsmaßregel mißlingen lassen, doch darf dies nur selten der Fall sein, „da die Zeit kostbar und der Unterricht kein Spiel ist“, eine Bemerkung, die gewiß jedem heutigen Physiklehrer aus der Seele gesprochen ist. Die „blos belustigenden“ Versuche mißbilligt er, da sie der Würde der Wissenschaft Eintrag tun. Hinsichtlich der Hypothesen und Theorien sei man nicht einseitig, sondern trage offen die Gründe für und wider sie vor. Auch das historische Moment betont es schon: man solle zum Vergleiche stets das heranziehen, was die Alten schon gewußt haben, und zeigen, warum sie in der Physik weniger Fortschritte machten als in andern Zweigen des Wissens. Hinsichtlich des physikalischen Apparats stellt er keine übertrieben hohe Anforderungen; kurz geht er auch auf die Beschaffenheit des physikalischen Auditoriums und des physikalischen Kabinetts ein, verlangt, daß die Bibliothek die Hauptwerke über Physik enthält und eine physikalische Zeitschrift halte. Nachdem er so den Physikunterricht von allen Seiten möglichst klar beleuchtet hat, spricht er noch den Wunsch aus, daß Jeder „dem höhere menschliche Bildung, dem wahre Humanität wert ist“, der Physik lebhaftes Interesse entgegenbringen möge und er kann sich nicht versagen, den Theologen wie den Juristen, den Historiker wie den Philologen mit einigen Worten auf die Bedeutung der Physik aufmerksam zu machen⁴¹. Man kann sich beim Lesen der Abhandlung dem Eindruck nicht verschließen, daß es dem Verfasser mit seinem Unterrichtsfach ernst ist, seine Anschauungen schon ein modernes Gepräge tragen und ihm die Physik als das edelste Unterrichtsfach, als ein unentbehrlicher Faktor höherer, menschlicher Bildung und wahrer Humanität erscheint.

Ähnlich wie Tenner äußert sich auch Schneider in seiner 1837 erschienenen Schrift: „Der Naturkundliche Unterricht ein allseitiges Bildungsmittel“ und in dem Vorwort seines Lehrbuches „Die Experimentalphysik als geistiges Bildungsmittel“ (1842). Nachdrücklich macht er auf die Stellung der Physik innerhalb des Unterrichts aufmerksam, daß sie nach der Naturbeschreibung kommt, weil sie größere Übung der Sinne und größere Erstarkung der geistigen Kraft verlangt. Wenn sie auch helfen soll, den Schüler in seinen praktischen Beziehungen zum Leben heranzubilden, so soll sie doch in erster Linie geistiges Bildungsmittel sein. Daher haßt er die gemeinnützigen Kenntnisse, das Nützlichkeitsprinzip, das „Natur und Menschen herabwürdigt“. Allseitige geistige Ausbildung ist die Grundlage zur rechten Tüchtigkeit und Fähigkeit für inneres und äußeres Leben, für den rechten Gebrauch der Gaben und Kräfte in der Natur. Hinsichtlich der erforderlichen Lehrmittel ist er mit Tenner derselben Meinung. Er habe sich während seiner 15jährigen Lehrtätigkeit anfangs ganz ohne Apparate, dann mit sehr beschränkten Mitteln behelfen müssen. In der Beschränkung zeige sich erst der Meister! Experimentieren erfordere Übung. Ohne Experimentieren sei der Unterricht aber tot, ermüdend, führe zum Scheinwissen, zum „Papageientum“. Nur durch Experimentieren sei Einsicht und Verständnis zu erreichen. Bei den Versuchen meide man alle unnötigen Worte. Die Schüler selbst sollen aussprechen, was sie gesehen haben, dann das Gesehene zusammenfassen. Die Physik sei nicht für sechsjährige Schüler! Sie solle in den Ernst des Denkens einführen, kurz, sie soll in „wissenschaftlicher Form“ auftreten. Die Aufgabe des Lehrers ist das Experiment; die Beobachtung und das Aussprechen der Beobachtung ist die Aufgabe des Schülers. Der Unterricht soll den Schüler anleiten selbst zu suchen und selbst zu finden. Das mathematische Element ist ihm hemmend für den eigentlichen Physikunterricht. Nicht Ruhmesliebe, sondern Liebe zur Sache habe ihn getrieben, das Buch zu schreiben, durch das er zum Fortschreiten, zum Streben und Forschen auf dem Gebiet der Physik anzuregen hoffe.

⁴¹ „Was für eine Theologie war es“, fragt Tenner, „die Aristoteles des Atheismus beschuldigte, die Galilei verdammt?“ „Und sollte der Richter, dem so oft ein Naturkundiger zur Seite stehen muß, nicht eine allgemeine Kenntnis von der Physik haben, so wie der Physiker von den gerichtlichen Formen Kenntnis nehmen muß?“ „Wie oft würden wir im Finstern tappen, wenn nicht die Leuchtkugel der Physik und der Philosophie das Gebiet der Mythe erhellten!“ „So wird auch der Philolog, der den Geist der Alten auffassen will, nie vergessen, daß eben diesen Alten die großen Hieroglyphen der Natur zu enträtseln die höchste Aufgabe war.“

Der Lehrer solle sich nicht ängstlich nach dem Stoff eines Lehrbuchs richten: Es sei eine Entwürdigung des Lehrerstandes, ihm die Lektionen, nach Maß, Größe und Zuschnitt vorgekaut vorzulegen! Lehrer sollen keine Kinder, sondern Kinderleiter, Kinderlehrer sein, die die Speisen selbst zubereiten und vorlegen können!

Welche Wandlung sich in der Auffassung von der Aufgabe des Physikunterrichts an den Realschulen im Laufe des hier besprochenen Zeitraums vollzogen hat, ergibt sich aus einer Programmschrift des Direktors der Realschule in Nordhausen vom Jahre 1846, die auch heute noch lesenswert ist. Er bezeichnet als Ziel des Physikunterrichts: „Sichere Kenntnis aller ausgemachten Hauptgesetze mit deutlicher Vorstellung derjenigen Erscheinungen, die ihnen entsprechen, und derjenigen Apparate, die zur Hervorbringung dieser Erscheinungen nötig sind. Genauere Kenntnis der Einrichtung und des Gebrauchs der vorzüglichsten und unentbehrlichsten physikalischen Meßapparate. Geübtheit in der Anwendung der Elementarmathematik auf die Ableitung und den mathematischen Ausdruck der physikalischen Gesetze. Klare Einsicht in die vornehmsten kosmischen und tellurischen Verhältnisse“. Könnte nicht diese Formulierung des Lehrziels in der Physik ebenso gut die Jahreszahl 1896 wie 1846 tragen?

Die hier mitgeteilten Proben aus den Schriften von Schulmännern, die praktisch als Lehrer der Physik an höheren Schulen tätig waren, lassen zur Genüge erkennen, wie bedeutende Kräfte in diesen Kreisen auf die Hebung des Physikunterrichts hinarbeiten. Freilich dürfen wir nicht annehmen, daß nun auch tatsächlich an allen Anstalten der Unterricht in der Physik diesen Grundsätzen gemäß gegeben worden ist. Im allgemeinen bleibt er weit unter dem hier angestrebten Niveau. Es ist zu bedauern, daß wir keine Berichte besitzen, in denen der tatsächliche Verlauf einer Physikstunde, oder der Einfluß des Physikunterrichts auf die geistige Ausbildung bedeutender Männer geschildert wird. Vergeblich durchforschen wir eingehende Biographien oder Lebenserinnerungen nach Anhaltspunkten. In Rankes Rück Erinnerungen an Schulpforta finden wir nur den kurzen Satz: „Schade, daß für die Physik zunächst bei dem Mangel aller mathematischen Vorkenntnisse noch garnicht gewirkt werden konnte“⁴². Wiese erwähnt in seinen Lebenserinnerungen, die doch ziemlich eingehend über seine Schulzeit bei Spilleke berichten, den Physikunterricht garnicht. Sogar Werner von Siemens, der doch so Bedeutendes als Physiker geleistet hat, weiß in seinen Lebenserinnerungen von einem Physikunterricht auf dem Lübecker Katharineum, daß er 1834 verließ, nichts zu berichten; vielleicht hat er, da er schon mit der Versetzung nach Prima abging, überhaupt einen solchen Unterricht nicht gehabt. Jedenfalls kann der Physikunterricht in diesem Zeitraum sich im allgemeinen noch nicht zu einem wichtigen Faktor in der geistigen Ausbildung der Schüler entwickelt haben, denn sonst müßte sich doch irgend wo in den Lebenserinnerungen großer Männer ein greifbarer Niederschlag in irgend einer Form vorfinden.

Während wir für die Handhabung des Physikunterrichts lediglich auf die Rückschlüsse angewiesen sind, die sich aus den bisher gemachten Angaben ziehen lassen und daher nur ein unsicheres Bild derselben gewinnen können, sind wir über den Umfang dessen, was in der Physik gelehrt wurde durch die zahlreichen Schulbücher besser unterrichtet. Von ihnen sei zunächst das Lehrbuch der Physik von Friedrich Kries erwähnt, das im zweiten bis vierten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts an weitaus den meisten Anstalten dem Physikunterricht zugrunde gelegt ist. Der Verfasser war Professor am Gymnasium zu Gotha, hatte anfangs das Erxlebensche Kompendium von Lichtenberg bei seinem Unterricht benutzt und, da ihm dies für ein Schulbuch zu umfangreich war, ließ er 1806, als seine Schule „durch die Gnade des Durchlauchtigen Herzogs und seines Durchlauchtigsten Herrn Bruders ein vortreffliches Hilfsmittel für eben diesen Teil des Unterrichts in einem reichen physikalischen Apparat“ erhielt, sein Lehrbuch erscheinen, das 1816 seine zweite, 1821 seine dritte Auflage erlebte. Im wesentlichen lehnt es sich an das Erxlebensche Kompendium an⁴³. Die Naturlehre wird in die allgemeine, die besondere und die angewandte eingeteilt. Erstere beginnt mit den allgemeinen Eigenschaften der Körper und handelt in fünf Abschnitten von den Körpern überhaupt,

⁴² Ranke: Rück Erinnerungen an Schulpforta. S. 67.

⁴³ Das mir gehörige Exemplar des Lehrbuches von Kries, dessen Unterstufe ich nicht zu Gesicht bekommen habe, ist vom Jahre 1816. Es war z. B. an folgenden Anstalten eingeführt: Kottbus 1821), Frankfurt a. O. (1821), Brandenburg a. H. (1825), Halberstadt (1825), Mühlhausen (1825), Merseburg (1826), Stralsund (1827), Quedlinburg (1829), Crossen (1831), Königsberg i. d. Neumark (1831), Potsdam (1831), Stendal (1831), Neu Ruppin (1831 nur I. Teil). Da es aus dem Erxlebenschen Buche entstanden ist, so schließt sich die Besprechung dieses Buches an die an, die in Teil II dieser Abhandlung erschienen ist (1904).

von den festen Körpern, von den flüssigen Körpern, die in tropfbar-flüssige und elastisch-flüssige (= luftförmige) eingeteilt werden, von den flüssigen Körpern im Zustande der Ruhe und der Bewegung und vom Schall. Die besondere Naturlehre handelt in neun Abschnitten von der chemischen Wirkung der Körper auf einander, von den einfachen Körpern, von den Salzen und Erden, vom Wasser, von den Luftarten, vom Lichte, vom Feuer, von der Elektrizität und vom Magnet. Die ersten fünf Abschnitte sind also eigentlich chemischen Inhalts. Die angewandte Naturlehre behandelt in drei Abschnitten das Weltgebäude, die physische Geographie und die Meteorologie. Sorgfältig ist der Verfasser darauf bedacht, mit jeder neuen Auflage auch den Fortschritten der Wissenschaft gerecht zu werden. In den Text sind einige wenige, meist nur geometrische Figuren eingestreut. Mathematische Ableitungen sind auf das Allernotwendigste beschränkt. Hinweise auf Literatur und historische Notizen sind durch kleineren Druck von der eigentlichen Darstellung abgehoben. Neben diesem Lehrbuch der Physik ist von demselben Verfasser noch ein Lehrgang für Anfänger erschienen, das 1820 schon die vierte Auflage erlebte. Beide Teile werden wiederholt lobend erwähnt, so z. B. von dem Direktor Reuscher in Kottbus. Dieser nennt das Buch „ein trefflich didaktisches Hilfsmittel“, ein „nach Wahl und Ordnung der Materien sowohl“ als nach der „formellen auf mathematische Basis“ gestützten Behandlungsweise „der ersten formalen Bildungsmittel seiner Sphäre“. Rühmend hebt er hervor, das der zweite Teil mit dem Lehrgang für Anfänger, das überdies noch eine bündige Einleitung in die Naturbeschreibung gebe, ein „sich wechselseitig belebendes und methodisch geschlossenes Ganze bildet“.

Von 1820 bis 1840 treffen wir wiederholt auf das Lehrbuch der mechanischen Naturlehre von Ernst Gottfried Fischer⁴⁴. Der Wert dieses Buches, dessen Verfasser Professor am Grauen Kloster zu Berlin, außerdem aber Mitglied der Akademie der Wissenschaften und außerordentlicher Professor an der Berliner Universität war, wird schon dadurch gewährleistet, daß es in drei fremde Sprachen übersetzt worden ist, wie August in seinem Nachruf für Fischer 1831 rühmend hervorhebt. Die erste Auflage erschien 1805, die zweite 1819, die dritte 1827⁴⁵. Die Vorrede zur zweiten Auflage verrät uns, daß kein Geringerer als Biot schon 1806 die französische Übersetzung dieses Buches in die Hand nahm und 1813 eine zweite Auflage dieser französischen Ausgabe nötig und ebenfalls von Biot besorgt wurde, während es in Deutschland kaum bekannt geworden war. Nicht einmal eine Rezension des Buches war in Deutschland erschienen und es war „kaum auf ein paar Lehranstalten in Gebrauch genommen“. Erst mit der zweiten und dritten Auflage wurde Fischers Buch auch in seinem Vaterlande gewürdigt. Streng schließt er alles, was zur Chemie, zur Astronomie oder zur physikalischen Erdkunde gehört, von dem Begriff der Physik aus, und dadurch unterscheidet es sich vorteilhaft von den andern Physikbüchern, die unter dem Namen Physik die gesamte Naturkunde begreifen. Strenge Wissenschaftlichkeit, die sich nie in vage Spekulationen über Hypothesen verliert, und starke Betonung der mathematischen Deduktion zeichnen das Buch aus, und so läßt es sich begreifen, daß Fischer in heftigem Streit mit den zu mystischen Spekulationen geneigten Naturphilosophen seiner Zeit war. Ihnen gibt er in der Vorrede zur zweiten Auflage die Schuld, daß sein Buch in Deutschland so wenig gewürdigt worden sei. Strenge Wissenschaftlichkeit und kritische Genauigkeit hält er für doppelt notwendig in einer Zeit, wo die Naturphilosophen „sich und die Welt überreden, daß die Wissenschaft durch Aufnahme von allerlei dunklen Begriffen und mystischen Ansichten äußerlich erweitert werden und im Innern einen höheren und würdigeren Charakter erhalten könne. Schonungslos weist er nach, daß der große Beifall, dessen sich jene Naturphilosophen (er nennt besonders Schelling) erfreuten, nicht in ihrer wissenschaftlichen Gründlichkeit liegt, sondern mehr darin, daß ihre Philosophie, wenn auch ohne Absicht, der Selbstsucht „überall Gelegenheit gibt, sich anständig scheinende Schleifwege und Schlupfwinkel zu eröffnen“.

Besonders interessant wird diese Vorrede auch durch Fischers Ausfall gegen Goethes Farbenlehre. Wohl sei dieser in mehr als einer Rücksicht Deutschlands Stolz, allein er neige sich doch auch einigermaßen nach der Seite dieser Philosophie. Fischer „kann es daher nicht unbemerkt lassen, daß Herr von Goethe in seiner Farbenlehre die Wissenschaft des Lichts

⁴⁴ Wir finden es an folgenden Anstalten eingeführt: Collège royal Berlin (1825), Erfurt (1827), Graues Kloster (1831), Cöllnisches Gymnasium und Realgymnasium Berlin (1831), Brandenburg a. H. (1831), Neu Ruppin (1831).

⁴⁵ Das dem Verfasser gehörige Exemplar ist vom Jahre 1827.

neu begründen will, und dieses durch Zurückführung auf lauter dunkle, unklare und mystischen Begriffe". Ärgerlich ruft er aus: „Wohin würden wir am Ende mit der Wissenschaft geraten, wenn es möglich wäre, daß eine solche Behandlungsweise den Beifall gründlicher Köpfe finden könnte!" Wohl gesteht er gern ein, daß er im zweiten Teile von Goethes Farbenlehre eine Menge sehr feiner und scharfsinniger Bemerkungen über Kunst und Wissenschaft mit ebensoviel Vergnügen als Belehrung gelesen habe, nur wünscht er, „daß Herr von Goethe das Idealische und wirklich Ausführbare schärfer gesondert hätte". Er will anerkennen, daß Goethe in der Tat die Farbenlehre mit einer Menge schätzbarer Bemerkungen bereichert hat, aber „wir verdanken diese weit mehr seinem überaus glücklichen und umfassenden Genie als seiner wissenschaftlichen Gründlichkeit". „Nur die Art, wie er Newton und dessen Verehrer behandelt, ist unter der Würde eines Goethe."

Fischers durchaus selbständige Auffassung und wissenschaftlicher Standpunkt dokumentiert sich schon in der ganzen Anlage seines Buches. Zum ersten Male wird in einem Schulbuch die strenge Gliederung in eine ponderable und imponderable Physik angestrebt. Die erstere nennt Fischer die Lehre von den wahrnehmbaren Körpern und er behandelt in ihr in vier Abschnitten die Lehre von den Körpern überhaupt, von den festen Körpern, von den tropfbaren Körpern und von den ausdehnbaren (oder luftförmigen) Körpern. Die letztere heißt bei ihm die Lehre von den nicht wahrnehmbaren Stoffen und handelt ebenfalls in vier Abschnitten von der Wärme, von der Elektrizität, von der magnetischen Kraft und vom Lichte. Hinsichtlich der Wärme äußert er sich jedoch sehr vorsichtig. Er will den Ausdruck Wärmestoff nur als ein bequemes Versinnlichungsmittel gebrauchen, erwähnt, daß einige mechanische Naturforscher die Wärme für eine innere Erschütterung der kleinsten Teile der Körper halten und betont, daß für die Vorstellung eines Wärmestoffs wohl wichtige, aber doch keine entscheidende Gründe sprechen. Außerdem hält er es nicht für nötig, die Naturlehre streng nach der obigen Gliederung vorzutragen, sondern er will die Wärmelehre gleich nach den festen Körpern behandelt sehen, weil ohne sie „die Lehre von den tropfbaren und ausdehnbaren Flüssigkeiten nur sehr mangelhaft vorgetragen werden kann".

Deutlich tritt in dem Buche Fischers Ansicht zutage, daß die Physik erst dann den höchsten Grad ihrer Vollendung erreicht hat, wenn sie rein mathematisch vorgetragen werden kann. Allein der streng mathematische Vortrag ist für den Unterricht auf der Schule zu schwierig, für diese ist der experimentelle Vortrag allein das geeignete. Da, wo es ihm angebracht scheint, wie z. B. in dem Kapitel von den mathematischen Begriffen und Sätzen der Bewegung, vermeidet er geflissentlich alle physikalischen Begriffe, „um recht anschaulich zu machen, daß die Bewegungslehre ein Teil der reinen Mathematik sei". Die Akustik wird in den zweiten Abschnitt, der von den festen Körpern handelt, hineingenommen, und wie heute, so bildet die Wellenlehre — bei Fischer die Lehre von den zitternden Bewegungen — den Übergang von der Mechanik zur Akustik. Hinsichtlich der Optik neigt Fischer schon sehr dazu, die Vibrationshypothese als die richtige anzuerkennen, da sie die Erscheinungen der Polarisation und Interferenz einwandfrei zu erklären im Stande ist. Als Verehrer Newtons fällt es ihm natürlich sehr schwer, die Emanationshypothese zu verwerfen, doch zollt er den Arbeiten Youngs und Fresnels ungeteilte Anerkennung und befaßt sich mit ihrer Hypothese mehr als eigentlich die „Gränzen eines Lehrbuchs aufzuführen verstatten".

Eine eingehendere Besprechung der mechanischen Naturlehre Fischers würde hier zu weit führen. Es seien nur noch die andern Lehrbücher der Physik, denen man bei der Durchforschung der Schulnachrichten des hier betrachteten Zeitraums gelegentlich begegnet, in chronologischer Reihenfolge aufgezählt⁴⁶.

Wrede: Kurzer Entwurf der Naturwissenschaft. 1801. (Nur für Anfänger, umfaßt auch Zoologie, Botanik und Chemie.)

Hauy: Handbuch der Physik. Aus dem Französischen übersetzt von Weiss. 1804.

Jungwitz: Grundriß der Naturlehre. 1803, 1804.

Hallaschka: Elemente der Naturlehre.

⁴⁶ Ein großer Teil dieser Lehrbücher ist vom Verfasser durchgesehen worden, da die Königliche Bibliothek in Berlin die meisten von ihnen in verschiedenen Auflagen enthält. Doch sind hier nur die Lehrbücher von Kries und Fischer besonders besprochen, da, abgesehen von einigen Einzelheiten, keine fundamentale Verschiedenheit der Auffassung einzelne aus dem allgemeinen Rahmen heraushebt.

- Donndorff: Die Naturlehre in ihrem ganzen Umfange zum Gebrauche an Gymnasien.
1825. (Ist nur ein Lexikon über alle Begriffe der Physik.)
Fries: Lehrbuch der Naturlehre. 1826.
Herr: Grundriß der Naturlehre für Gymnasien. 1833.
Brettner: Leitfaden der Physik beim Unterricht auf den Gymnasien. 1828.
Vieth: Anfangsgründe der Naturlehre. (1831 in Luckau gebraucht.)
Bernoulli: Elementarisches Handbuch der industriellen Physik. 1835.
Eisenlohr: Lehrbuch der Physik. 1836.
Böttger: Rationale Naturlehre. 1838.
Clemens: Grundriß der Naturlehre. 1839. (Für obere Klassen der Gymnasien.)
Heussi: Leitfaden der Physik. 1840.
Katzfey: Naturlehre für höhere Lehranstalten. 1839.
Pouillet: Lehrbuch der Physik und Meteorologie. 1842.
Schneider: Die Experimentalphysik als geistiges Bildungsmittel. 1842.
Wieher: Lehrbuch der Physik für die oberen Klassen der Gymnasien. 1844. (Lauban.)
Rüst: Grundriß der Physik. 1847.
Koppe: Anfangsgründe der Physik. 1847.
Schneider: Physik. Leitfaden für Obergymnasien. 1849.
Erler: Lehrbuch der Naturlehre. 1853.
Trappe: Leitfaden für den Unterricht in der Physik. 1853.
Spiller: Grundriß der Physik. 1853.
Mit Eisenlohr, Pouillet und Koppe sind wir nun schon an solche Lehrbücher gekommen,
die in immer neuen Bearbeitungen dem Physikunterricht an unseren höheren Schulen bis in
die allerneueste Zeit hinein zugrunde gelegt worden sind.
-

