

Unterrichtsblätter

für

Mathematik und Naturwissenschaften.

Organ des Vereins zur Förderung
des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften.

Herausgegeben von

Prof. Dr. B. Schwalbe,

Direktor des Dorotheenstädt. Realgymnasiums
zu Berlin.

und

Prof. Fr. Pietzker,

Oberlehrer am Königl. Gymnasium
zu Nordhausen.

Verlag von Otto Salle in Berlin W. 30.

Redaktion: Alle für die Redaktion bestimmten Mitteilungen und Sendungen werden nur an die Adresse des Prof. Pietzker in Nordhausen erbeten.

Verein: Anmeldungen und Beitragszahlungen für den Verein sind an den Schatzmeister, Oberlehrer Presler in Hannover, Brühlstrasse 9c, zu richten.

Verlag: Der Bezugspreis für den Jahrgang von 6 Nummern ist 3 Mark, für einzelne Nummern 60 Pf. Die Vereinsmitglieder erhalten die Zeitschrift unentgeltlich; frühere Jahrgänge sind durch den Verlag bez. eine Buchhdig. zu beziehen. Anzeigen kosten 25 Pf. für die 3-gesp. Nonpar.-Zeile; bei Aufgabe halber od. ganzer Seiten, sowie bei Wiederholungen Ermässigung. — Beilagegebühren nach Uebereinkunft.

Nachdruck der einzelnen Artikel ist, wenn überhaupt nicht besonders ausgenommen, nur mit genauer Angabe der Quelle und mit der Verpflichtung der Einsendung eines Belegexemplars an den Verlag gestattet.

Inhalt: Die mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung in ihrer Stellung zum modernen Humanismus. Von Alex. Wernicke (S. 57). — Zur Frage der Einführung der physikalischen Dimensionen in den Schulunterricht. Von K. Weise (S. 64). — Die Tragweite der Lehre von den physikalischen Dimensionen. Von F. Pietzker (S. 66). — Thesen über die Handhabung der Schulhygiene. Von B. Schwalbe (S. 71). — Vereine und Versammlungen (S. 71). — Lehrmittel-Besprechungen (S. 72). — Bücher-Besprechungen (S. 73). — Artikelschau aus Fachzeitschriften und Programmen (S. 74). — Zur Besprechung eingetroffene Bücher (S. 74). — Anzeigen.

Die mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung in ihrer Stellung zum modernen Humanismus.

Vortrag, gehalten auf der Haupt-Versammlung in Leipzig.*
Von Alex. Wernicke in Braunschweig.
(Nachdruck verboten.)

Von Zeit zu Zeit werden die Vertreter der mathematisch-naturwissenschaftlichen Fächer durch gelegentliche Aeusserungen**) von Männern anderer Fakultäten unliebsam daran erinnert, dass die Stellung ihrer Wissenschaften im Ganzen unseres kulturellen Lebens noch immer nicht allgemein in richtiger Weise gewürdigt wird.

So hoch der lebendige Geist über der toten Natur steht, so schliesst man bald in bewusster Ueberlegung und bald in unbewusstem Drange, so hoch steht auch das Wissen vom Geiste und Alles, was sich auf diesem Wissen erbaut, über dem Wissen von der Natur und dessen Verwertung! Nur die Geisteswissenschaften dienen in freier Wahl dem Humanismus, die Naturwissenschaften sind niedere Sklavinnen des Realismus!

Von diesem Standpunkte aus ist es dann nur ein weiterer Schritt, in der mathematisch-natur-

wissenschaftlichen Forschung die Ursache für gewisse unerfreuliche Erscheinungen der Zeit zu sehen, sie verantwortlich zu machen für den theoretischen und für den praktischen Materialismus in unserer vielbeschäftigten Epoche à la fin du siècle. Dem gegenüber ist gerade auf den Versammlungen unseres Vereins*) und auch sonst**) die ideale Seite des mathematisch-naturwissenschaftlichen Unterrichtes von seinen Vertretern kräftig hervorgehoben worden, und ich glaube, dass wir auf diesem Wege unbeirrt weiter gehen müssen.

*) Vergleiche die Ansprache Krumme's bei der Begründung des Vereins und vor allem die Vorträge von Baumann (Göttingen) auf der Göttinger, von Schwalbe (Berlin) auf der Berliner, von Schotten (Halle) auf der Elberfelder Hauptversammlung des Vereins usw.

**) Vergleiche u. a. Pietzker's Arbeiten, vor allem „das humanistische Element im exakt-wissenschaftlichen Unterricht“ (Programm, Nordhausen 1894), ferner Meyer „Mitteilungen aus dem mathematischen Lehrplan des Gymnasiums“ (Progr., Halle a. S. 1891), Simon „Rechnen und Mathematik“ (Baumeister's Handbuch), v. Dillmann „die Mathematik die Fackelträgerin einer neuen Zeit“ (Stuttgart 1898) und Baumann „Inwiefern eignen sich die realen Wissenschaften immer mehr dazu, die Grundlage der Bildung der Zukunft zu werden?“ (Vortrag, auf der Naturforscher-Versammlung, 1897).

*) S. Unt.-Bl. IV. 3, S. 46; Bei der Niederschrift des Vortrages wurden einzelne Belege hinzugefügt.

**) Vergl. z. B. die Erklärung Unt.-Bl. I (1895), No. 4.

Gerade für die Schule, welche doch ein Organismus sein soll, ist es ja äusserst schädlich, dass uns die Vertreter der Geisteswissenschaften, um zunächst bei dem üblichen, wenn auch nicht unbedenklichen Schlagworte zu bleiben, zum Teil so fremd, ja sogar feindselig gegenüberstehen.

Wie lässt sich dieser Zustand beseitigen? Wodurch wird er bedingt? So fragen wir, von vornherein bereit, auch bei uns selbst die Schuld an jener beklagenswerten Thatsache mitzusuchen. Auf die Antwort weisen uns die grossen Vertreter der Geisteswissenschaften und die grossen Vertreter der Naturwissenschaften hin, die nicht in einseitiger Halbbildung das Verständnis für die andere Seite der „universitas litterarum“ verloren.

Was unterscheidet diese seltenen Männer von der breiten Masse, die mit den Schlagworten „Humanismus“ und „Realismus“ ihren Sport treibt, mit jenen unglücklich gewählten Schlagworten, die durchaus nicht bloss dem Tagesbedürfnisse der schulpolitischen Parteien dienen, die vielmehr einen wirklich vorhandenen Gegensatz in unserem kulturellen Leben bezeichnen sollen?*)

Was jene Grossen auszeichnet, ist echte geschichtliche Bildung, und schon der übliche Gebrauch der Schlagworte Humanismus und Realismus weist auf einen recht bedenklichen Mangel an solcher Bildung hin.

Natürlich handelt es sich dabei um die Geschichte der Menschheit, welche ja nur einen kleinen Teil der Weltgeschichte bildet, und zwar in einer Auffassung, für welche das Politische lediglich der feste Rahmen für das vielgestaltige Bild des kulturellen Lebens ist. Nur die Kulturgeschichte ist Geschichte der Menschheit! In ihr lernen wir, wie die Völker entstehen und heranreifen, wie sie bergabgehen und zu Schatten werden, und wie trotzdem von Volk zu Volk bei aller Vernichtung eine bleibende Erbschaft erwächst.

Dieser dauernde Kulturbesitz, welcher vor allem durch Religion und Philosophie, durch Kunst und Wissenschaft bezeichnet wird, zeigt uns bei allen Schwankungen eine Entwicklung von niederen Formen zu höheren und höheren Gestaltungen, während daneben die ewigen Wellen von Geburt und Tod ihre Bahnen gehen und Volk auf Volk zur Tiefe ziehen.

Als notwendige Träger und Förderer jenes dauernden Kulturbesitzes der Menschheit erhalten aber auch die Völker ihren Wert und damit auch der Einzelne in seinem Volke.

Religion und Philosophie und Kunst und Wissenschaft sind ja nicht Wesen, die für sich

bestehen, sie müssen in den Einzelnen durch die Wirksamkeit Anderer stets von neuem lebendig werden, und diese stetige Belebung geht im Grunde immer von Person zu Person, selbst da, wo sie durch Bücher und anderes vermittelt wird.

Darauf beruht innerhalb dieser Auffassung der Wert des Einzelnen, mag er nun im Leben an bescheidener Stelle stehen oder mag er ein Brennpunkt seiner Zeit sein, welcher zerstreute Strahlen sammelt, um sie geschlossen nach aussen wirken zu lassen.

Von der Anerkennung dieses relativen Wertes des Einzelnen, wonach er als ein notwendiges Mittel, aber doch als ein Mittel für einen bestimmten Zweck erscheint, gelangt man schliesslich zu der Anerkennung eines absoluten Wertes des Einzelnen, wenn man bedenkt, dass jene höchsten Kulturgüter in letzter Hinsicht dem Einzelnen dienen und zwar zur harmonischen Ausbildung seiner ganzen Persönlichkeit, und so stellt sich endlich das „Heil“ des Einzelnen als der Zweck unseres irdischen Lebens dar.

Diese Auffassung der Menschheits-Geschichte beruht im Grunde auf dem christlichen Begriffe der Geschichte. Dieser Begriff setzt eine gottgewollte, d. h. gesetzmässige Entwicklung des religiös-ethischen Lebens vom alten zum neuen Testamente voraus, an welche sich eine weiter und weiter fortschreitende Ausbreitung des Reiches Gottes auf Erden schliessen soll, und zwar unter Anerkennung des absoluten Wertes jeder Menschenseele.

Dieser christliche Begriff der Geschichte, durch den diese „sub specie aeternitatis“ erscheint, hat sich mit der Entwicklung der christlichen Kirche weiter und weiter entwickelt und schliesslich bei Leibniz*), Lessing**) und Schiller***) jene umfassende Gestaltung angenommen, welche uns vielleicht am kürzesten lebendig wird durch die Worte:

... nichts ist verloren und verschwunden,

Was die geheimnisvoll waltenden Stunden

In den dunkel schaffenden Schooss aufnehmen —

Und alles ist Frucht, und alles ist Samen.

Betrachten wir von diesem Standpunkt aus die Beziehung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung, deren Gegenstände man so gern als „Realien“ bezeichnet, zum Humanismus, der doch jedenfalls für den Menschen das Bleibende und Wertvolle in der Geschichte der Menschheit hervorheben will, so erscheint uns das Gerede von einem Gegensatze zwischen Humanismus und Realismus völlig unberechtigt.

Selbst wer alle seine Ideale im Hellenentume, das ohne Zweifel eine in sich geschlossene Voll-

*) Vergleiche z. B. die Verhandlungen der Berliner Dezember-Konferenz (1890), namentlich auch den Beschluss zur Frage 13, No. 7.

*) In der Theodicee.

**) Vgl. „Die Erziehung des Menschengeschlechtes.“

**) Vergl. die Antrittsrede in Jena.

kultur darstellt, restlos verkörpert sehen wollte, würde in dessen Geschichte spätestens bei Platon*) zu der Erkenntnis kommen müssen, dass jener Gegensatz jeder inneren Begründung entbehrt. Nicht „menschlich“, sondern „schweinartig“ kamen Platon seine Athener vor, weil sie die Mathematik vernachlässigten.**)

Warum aber hat Platon das oft wiederholte „Μηδεις ἀγεωμετητος“ gesprochen? In den vergänglichen Wirbeln der Sinnenwelt (μῆ δὲ) giebt es Erscheinungen, welche auf das wahre Sein (ὄντως ὄν) d. h. auf Allgemeines und Notwendiges, oder kurz auf Gesetzmässiges hinweisen, es sind die Erscheinungen, welche den Gegenstand der Mathematik bilden. Dem Geiste, der sich in dieser Wissenschaft gebildet, erschliesst sich das ganze Reich des Gesetzlichen, die Ideen der Mathematik führen ihn zur Idee des Guten, d. h. zu einer religiös-ethischen Weltanschauung.***)

Dass Platon selbst die Sinnenwelt zu früh verworfen, d. h. ehe er sie auf ihre volle Gesetzmässigkeit geprüft, lehrt uns schon Aristoteles: bei ihm tritt die Naturwissenschaft neben die Mathematik.

Damit vereinigt Aristoteles hier wie auf anderen Gebieten die Geistesarbeiten von Demokritos****) und Platon.

Die Alexandrinerzeit, in welcher das Neben-Einander von Mathematik und Naturwissenschaft bereits zu inneren Beziehungen zu führen beginnt, bleibt dem Vermächtnisse der grossen Vergangenheit in ihren Schulen getreu.

Der Ausbildung in der Muttersprache durch Grammatik, Dialektik und Rhetorik folgt hier als notwendige Bedingung einer höheren Erziehung die Unterweisung in Arithmetik, Geometrie, Astronomie und Musik.

Diese heilige Siebenzahl der „artes bonae“ oder „ingenuae“ oder „liberales“ übernimmt auch das Römertum und von ihm aus wird sie die Norm für die Schulen des Mittelalters, in dem es eine stehende Bezeichnung für den höher gebildeten Menschen ist, dass er nicht blos im Trivium (Grammatik usw.), sondern auch im Quadrivium (Arithmetik usw.) wohl bewandert sei, dass er der „eloquentia“ des Trivium auch die „sapientia“ des Quadrivium hinzugefügt habe.

*) Man denke auch an Gestalten wie Pythagoras. Inbezug auf den Einfluss von Anaxagoras auf Perikles vergl. v. Wilamowitz, „Aristoteles und Athen“, II. S. 100 und 101.

**) De leg. VII. „ἔδοξε μοι τοῦτο οὐκ ἀρθρωτων ἀλλὰ ἡγνων τινων εἶναι μᾶλλον θρησκειων“.

***) Vergl. in meinem Buche „Kultur und Schule“, 1896, Abschnitt II § 4.

****) Natürlich des geschichtlichen Demokritos, den uns Usener und Natorp erschlossen, nicht des Rhetoren-Zerrbildes, das den Namen Demokritos führt.

Darum wird jeder Verehrer und Kenner des Hellenentums,*) dem sich natürlich Euklides, Archimedes, Hipparch, Ptolemaeus u. a. zugleich mit den grossen Vertretern der philologisch-historischen Wissenschaft der Folgezeit würdig an Platon und Demokritos und an Aristoteles anschliessen, den landläufigen Gegensatz von Humanismus und Realismus für völlig unberechtigt halten müssen.

Aber auch der Philologe gewöhnlichen Schlages, der in den Kreis seiner Schulschriftsteller**) gebannt ist und deshalb nicht einmal mehr Platon voll zu würdigen versteht, geschweige denn Aristoteles, sollte sich die Worte***) v. Wilamowitz' über die alten Beziehungen der Philologie und unserer Forschung zu Herzen nehmen: „Die exakten Wissenschaften haben (denn auch) auf die alexandrinischen Philologen den bedeutendsten Einfluss gehabt. Das Objekt der Untersuchung reinlich und greifbar präparieren, die Einzelbeobachtung vorurteilslos machen, sammeln, sichten und daraus die empirische Regel ziehen, das Gesetzmässige überhaupt in der Fülle der Erscheinungen suchen, das war etwas Neues und Grosses, und dadurch erst ward die Grammatik zur Wissenschaft.“

Der Beherzigung dieser Worte könnte die Einsicht folgen, dass auch im Zeitalter der Renaissance Philologie und exakte Forschung in gemeinsamer Arbeit neben einander gestanden haben.

Wie sollte auch die Renaissance die hellenisch-römisch-mittelalterliche Ueberlieferung der sieben freien Künste zerstört haben?

Freilich an das alte Märchen von der Renaissance, das so eng mit der Sage vom dunklen Mittelalter verbunden ist, dürfen wir uns nicht halten. Von der Renaissance, die dem Sturze der goldstrahlenden Konstantinsstadt gefolgt sein sollte, ist man rückwärts gelangt zu einer Früh-Renaissance und von dieser zu einer Vor-Renaissance, welche tief im Mittelalter liegt. Dabei hat sich ergeben, dass nicht die Zufuhr von alten und vergessenen Stoffen das neue Leben erweckt hat, sondern dass ein frisch emporsprossendes Leben in den alten und vergessenen Stoffen köstliche Schätze erkannte und sie als Erbe zum Besitze erwarb.

Wie das zu verstehen ist, kann uns Goethe lehren, der inbezug auf den Deutsch-Hellenismus seiner Zeit bekennt: „Das homerische Licht ging uns neu wieder auf, und zwar recht im Sinne der Zeit, die ein solches Erscheinen höchst begünstigte: denn das beständige Hinweisen auf Natur bewirkte zuletzt,

*) Vergl. Schvarez „Neun Briefe an Prof. Dr. Paul Nerlich usw.“, Leipzig 1896.

**) Ueber die unzulässige Verengerung des Begriffes „Griechische Litteratur“ vergl. Schvarez a. a. O.

***) Vergl. „Homerische Untersuchungen“, S. 385.

dass man auch die Werke der Alten wieder von dieser Seite betrachten lernte“.

So ist es geschehen — nicht umgekehrt! Wie hätte es auch anders sein können?

Wär' nicht das Auge sonnenhaft,
Die Sonne könnt' es nie erblicken.*)

Als der Halbmond auf der heiligen Sophia aufgepflanzt wurde, war Filippo Brunelleschi, der grosse Meister der Früh-Renaissance, bereits gestorben und auch die Herrschaft des Humanisten-Papstes Nicolaus V. (1447 bis 1455) neigte sich schon ihrem Ende zu.

Was hätten die Flüchtlinge aus Stambul diesen Männern lehren können?

Eher wäre dem Konzil von Ferrara (1438), auf welchem mit den Griechen über die Beseitigung der Kirchentrennung verhandelt wurde, eine entscheidende Bedeutung für eine Renaissance einzuräumen, folgte ihm doch die Gründung der Platonischen Akademie (1440) der Medizeer. Aber diese Gründung war nur möglich, weil der Grieche Chrysoloras (seit 1397) in Florenz, ebenso wie später in Mailand, Pavia, Venedig und Rom, den Boden für die Platoniker bereitet hatte, sind doch schon Bruni, Poggius u. A. seine Schüler. Und dieser Chrysoloras! Er kam nach Florenz, weil ihm der Staatskanzler Salutato aus Byzanz berief, wo ihn bildungsdurstige Florentiner kennen gelernt hatten.

Was haben aber diese Griechen mit Brunelleschi, Ghiberti und Donatello zu thun? Was mit Giotto (um 1300)? Was mit den Pisanern (1250 bis 1350)? Was mit Dante, Petrarca, Boccaccio?

Aber ihr Einfluss auf die Folgezeit! Dieser ist sicherlich, was die Sammlung und Erschliessung litterarischer Quellen anlangt, sehr bedeutend, aber gerade innerhalb der Platonischen Akademie wurde später, namentlich unter Lorenzo magnifico, nicht die Antike gepflegt, sondern der christliche Theismus**, in dessen Dienst die neue Kunst, vor allem die Malerei, von Anfang an gestanden.***) In diesem Dienste ist jene Kunst auch geblieben, mag sie der Antike in formaler Beziehung auch noch so viel verdanken. Worin stimmt Botticellis (1440 bis 1514) inniges Empfinden mit der Antike überein? Was haben selbst Raffael und Michel Angelo innerlich mit der Antike zu thun?

*) Vergl. Plotin, Enneade I, 6, 9: οὐ γὰρ ποιοῦσε . . . το καλὸν ἴδοι ψυχῆ μὴ καλῆ γενομένη. Vergl. auch Platons Staat, VI.

**) Vergl. Burckhardt „Die Kultur der Renaissance in Italien“, II. S. 302.

***) Inbezug auf die Architektur (Grundrisse alt-römischer Bauten und Façaden-Durchbildung) ist der Einfluss des Alten bedeutender, bei einer Charakteristik muss aber natürlich die gesamte Kunst berücksichtigt werden.

In der neuen Kunsthalle zu Düsseldorf begrüsst uns im Treppen Hause ein grosses Wandgemälde, welches die Kunst der Renaissance zur Darstellung bringen will: inmitten der Künstler-schaaren des Südens und des Nordens thront dort nicht die wiedergeborene Antike, sondern die Kirche des Mittelalters.

Ist diese Symbolik richtig? Woher stammt das Neue, das man mit dem Namen „Renaissance“ bezeichnen will?

Auf dem Gebiete der Malerei lässt sich der Schnitt zwischen Neuem und Altem deutlich erkennen, er liegt zwischen Giotto und Cimabue. Benvenuto di Pepo (Cimabue) ist noch in den byzantinischen Formen befangen und folgt gangbarer Ueberlieferung, bei Giotto (geb. 1266) ist alles innerlich und bewegt und volkstümlich (italienisch).

Woher aber dieses Neue kommt, das sehen wir ein, wenn wir beachten, was Giotto gemalt.

Dreimal hat er das Leben Franz v. Assisis dargestellt. Es ist das grosse Verdienst Henry Thodes*), den Stifter des ersten Bettelordens aus dem engen Rahmen der Kirchengeschichte gelöst und ihn mitten in das Feld der Kulturgeschichte gestellt zu haben.

Als Giovanni von Assisi, nach seinem provincialischen Muttererbe „Francesco“ genannt (geb. 1181), von dem mächtigen Innocenz III. das Recht der freien Predigt forderte und erlangte, da schieden sich zwei Welten (1210). Es war dieselbe Forderung, um welche kurz vorher die Ketzer Süd-Frankreichs und Nord-Italiens, die ersten wirklichen Ketzer, vergeblich gerungen, die jetzt innerhalb der Kirche bewilligt wurde.

Der gelehrten und vornehmen, vom Kultus eingeengten Predigt in lateinischer Sprache trat nun die volkstümliche Predigt zur Seite**), die sich mit schlichten und eindringlichen Worten an die geistig und leiblich Armen wendet, um sie zu trösten und ihnen das Heil zu bringen.

Unbekümmert um die gelehrte Ueberlieferung der Kirche und doch nicht im Gegensatz zu ihr selbst, wirkten die besitzlosen Schaaren der Franziskaner von Herzen zum Herzen.

Dabei wurde auch die Welt, der man in der Theorie so feindlich gewesen, wieder als „Kosmos“ gepriesen.

Bei Berthold von Regensburg, dem grössten deutschen Jünger des heiligen Franz lesen wir: „Den Geistlichen hat Gott das alte und das neue Testament gegeben, den Laien aber zwei andere grosse Bücher, aus denen sie Weisheit lernen sollen, den Himmel und die Erde.“

*) Franz v. Assisi usw., Berlin 1885.

**) Vergl. etwa die leicht zugänglichen Predigten Bertholds von Regensburg mit den Predigten des grossen Innocenz III.

Die Natur, welcher man so fremd gegenübergestanden, wurde wieder in Psalmen-Stimmung geschaut.

In freien Rhythmen seiner geliebten provençalischen Sprache (vergl. Goethes „Wanderers Stürmlied“ u. a.) pries Franz v. Assisi die Wunder Gottes, wenn er sich in innigem Gebete seinem Herrn genaht, von der lieben Schwester Grille liess er sich Lieder singen, von dem lieben Bruder Falken liess er sich zur Andacht wecken.*)

Am Ende seines Lebens dichtete er, und zwar in italienischer Sprache, den gewaltigen Sonnen-Hymnus, der in hoher Begeisterung zu Gottes Ehre die Herrlichkeit der Welt besingt.

Es ist dieselbe Zeit, in der jenseit der Alpen Walthers Lieder klingen, denen der vielgestaltige Sang der Troubadours vorangegangen war.

Solche Stimmung trugen die Jünger des heiligen Franz auf das Land und in die Städte, eine Art von geistlichen Minnesängern, so wurden sie die grossen Erzieher des Volkes, zu dem sie überall in seiner Sprache redeten.

Das war die Zeit, die einen Giotto erzeugen konnte, das war die Zeit, aus der Dante emporblüht.

Dem Natur-Empfinden folgte die Natur-Wissenschaft. Noch Kepler, ja selbst noch Newton und viele Spätere gelangen, geleitet von der innig erfassten Idee einer Harmonie der gottgeschaffenen Welt zu ihren grossen Leistungen, hat uns doch selbst Helmholtz auf dem Jubelfeste der Heidelberger Hochschule (1886) daran erinnert, wie sehr der wirkliche Forscher, natürlich nicht der Lohnarbeiter des Spezialismus, der Phantasie bedarf, des ewig beweglichen Joviskindes.

So finden wir auch bald unter den Franziskanern einen wirklichen Naturforscher in ganz modernem Sinn, der seiner Zeit als grosser Zauberer galt, jenen Roger Bacon, der mit Beobachtung und Versuch den „induktiv-deduktiven“ Weg der echten Wissenschaft beschritt.

Freilich bei der Vereinzelnung dieser Erscheinung reicht der Hinweis auf das neue Naturgefühl nicht aus, um sie zu erklären.

Wo wir die nötige Ergänzung zu suchen haben, lehrt uns die Ueberlieferung, die schon Gerbert den nachmaligen Papst Sylvester II. (999 bis 1003) seine grossen mathematisch-naturwissenschaftlichen Kenntnisse in Spanien gewinnen lässt.

Auch zur Zeit des heiligen Franz und lange vor ihm gab es eine wirkliche, auf Beobachtung gegründete mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung, die freilich nicht innerhalb der christlichen Kulturwelt entsprungen war.

Schon im Anfange des 12. Jahrhunderts hatte Platon von Tivoli das Werk Albattāni's „de motu stellarum“ (um 900) in das Lateinische übertragen und um 1175 vollendete Gerhade von Cremona die Uebersetzung des Ptolemaeischen Almagest aus dem Arabischen in die Kirchensprache.

Die Schätze der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung der Hellenen bedurften keiner Renaissance.

Als Al Mamun, der grosse Schüler des grossen Harun al Raschid, des Zeitgenossen Karls des Grossen, den byzantinischen Kaiser Michael II. auf das Haupt geschlagen, da forderte er als Kriegs-Entschädigung alle Bücher der Griechen im Originale oder in Abschrift, die auf den hohen Schulen zu Bagdad, Samarkand usw. noch fehlten, um sie in das Arabische übersetzen zu lassen.

Seit diesem denkwürdigen Friedenschlusse, dem die Errichtung der Sternwarte in Bagdad folgte, blüht die mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung der Hellenen unter den Arabern fort, sie verpflanzten sie nach Spanien, wo Cordova bereits um das Jahr Tausend eine Bibliothek von 600 000 Schriften hatte.

Von Cordova aus wurde Toledo befruchtet.

Als Toledo (1085) in die Hände der Christen fiel, da fing die maurisch-christliche Mischkultur an auf weitere und weitere Kreise einzuwirken, während zugleich die grosse Völkerwanderung der Kreuzzüge begann.

Zugleich mit der „gaya scienza“ der Troubadours drang der schwere Ernst aristotelisch-averroistischen Denkens nach Norden und nach Osten.

Schon Albert von Lauingen (1205 bis 1286), der grosse deutsche Scholastiker, welcher auch der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung seine Teilnahme widmet, benutzt neben arabisch-lateinischen Uebersetzungen auch griechisch-lateinische*) — schon damals wusste man sich die griechischen Urkunden zu verschaffen, falls deren Inhalt Teilnahme erweckte.

Schon damals war der echte Aristoteles, den die Araber und die Griechen besaßen, gegen seinen Kloster-Schatten zu Felde gezogen, schon damals hatte der Umstand, dass Aristoteles selbst den Aristoteles bekämpfte, aller blinden Verehrung der Autorität erheblich geschadet.

Bald gingen aus der Reihe der gelehrten Kleriker, deren Reigen einst im 11. Jahrhundert Anselm von Canterbury begann, gelehrte Juristen und gelehrte Mediziner hervor, welche sich mit jenen, dem Stile der Zeit entsprechend, zur Zunft, zur „universitas magistrorum et scholarium“ zusammenschlossen.

In den drei Fakultäten einer solchen „universitas“ sollte das „studium generale“ (nicht natio-

*) Man vergl. damit die Verwendung der Tiere im „Physiologus“ oder ihre allegorische Bedeutung in der romanischen Kunst.

*) Vergleiche „Albertus Magnus“, Dissertation von Endriss, München, 1886.

nale) gepflegt werden und zwar auf Grundlage der artes, deren Quadrivium sich durch Aufnahme der Philosophie hier erheblich erweiterte.

Solche Universitäten entstanden, nachdem zunächst die Rechtsschule zu Bologna und die Medizinschule zu Salerno (um 1185) kräftiges Leben entfaltet, zu Paris (1206), zu Padua (1221), zu Neapel (1224) und zu Oxford (1249), während die hohe Schule zu Toledo weiter blühte. In voller Wertschätzung der sarazenischen Wissenschaft sorgte der Hohenstaufe Friedrich II. für sein Padua und für sein Neapel, während zugleich in Toledo die astronomischen Tafeln des zehnten Alfons (geb. 1223) entstanden, ein Schritt, der zielbewusst über Ptolemaeus hinausführte.

Wie stark die Bewegung der Geister war, das zeigt uns die Universität zu Paris, auf welcher nach der Mitte des 13. Jahrhunderts Sätze verteidigt worden, wie: „Die Reden der Theologen sind auf Fabeln gegründet“ oder „Es wird nichts mehr gewusst wegen des Wissens der Theologen“ oder gar „Die christliche Religion hindert daran, etwas hinzuzulernen“. Aehnlich steht es zugleich in Oxford und auch in Padua.

Fast scheint nun eine solche Erscheinung wie Roger Bacon weniger merkwürdig zu sein, als der Umstand, dass sie nicht sogleich in weiten Kreisen Nachfolge fand, zumal wenn wir auf den reichen Niederschlag mathematisch-naturwissenschaftlicher Forschung in Dantes Dichtung achten, jener Dichtung, welche für die grossen Schaaren der „Epikuräer“ das flammende Gräberfeld bestimmt.

Dieser Schein verfliegt, wenn wir an die gewaltige Macht des Papsttums unter Innocenz III. denken.

Das deduktive System des christlichen Romanismus, welches folgerichtig aus der Idee des christlichen Gottesstaates auf Erden abgeleitet war, beherrschte die breiten Massen und duldete auf die Dauer nur das, was sich ihm einfügen liess.

Derselbe Innocenz, welcher Franz von Assisi das Recht der freien Predigt gab, organisierte auch die Inquisition, deren stets bereite Stütze der Dominikaner-Orden wurde.

Bald erstand auch der Mann, der mit genialem Blick die Gleichung zwischen Altem und Neuem zu finden wusste, der geistesgewaltige Thomas von Aquino (1224 bis 1274), der die Kette der grossen Philosophen von Demokritos und Platon über Aristoteles und Augustinus fortsetzt.

Als Schüler des deutschen Albert wies er auch der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung einen geräumigen Platz in seinem System an; im Vorbeigehen möchte ich nur auf einige seiner Sätze hinweisen, wie „Etsi corpora mathematica possint in infinitum dividi, corpora tamen naturalia ad certum terminum dividuntur“ oder „Impossibile est, lumen esse corpus“, oder

„Calor . . . non est corpus, sed quidam corporis actus“ oder „Sol est causa caliditatis per motum“.

Bei Thomas von Aquino erlangt das deduktive System des christlichen Romanismus jene Geschmeidigkeit, welche für die Vereinigung des Alten und des Neuen, namentlich auf sozialem und wirtschaftlichem Gebiete, eine Notwendigkeit war; ein durchschlagender Beweis dafür ist die Encyclica „Aeterni patris“ vom Jahre 1879, welche die Lehre des Aquinaten selbst für unsere Zeit als Norm der katholischen Wissenschaft hinstellt.

Durch Thomas kam die neue Bewegung zwar nicht zum Stillstand, sie wurde aber auf allen Gebieten des Lebens gehemmt, nur die Kunst, die ja im Schatten der Kirche heranwuchs, konnte sich weiter und weiter frei entfalten.

Der Friedensschluss zwischen Altem und Neuem hatte mancherlei Wirkungen.

Von den Vertretern der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung stirbt Pietro di Albano 1316 zu Padua im Gefängnisse der Inquisition und im Jahre 1327 wird Cecco d'Ascoli zu Florenz als Astrologe*) und Ketzer verbrannt. In Paris muss 1348 Nicolaus de Autricuria, der das Studium der Thatsachen gegenüber dem Studium der Bücher empfiehlt, seinen „Atomismus“ abschwören.

Freilich, die mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung geht trotz alledem ihren Weg. Von besonderer Bedeutung ist für uns das spätere Zeugnis von Pierre de la Ramée, der uns ihr Gedeihen für die Mitte des 14. Jahrhunderts in Paris gewährleistet und darauf hinweist, dass sie von hier durch Heinrich von Hessen nach Wien verpflanzt worden ist und dass sich dann von dort aus die Forscher „gleich Geschlechtern“ über ganz Deutschland verbreitet haben.

Wir finden Heinrich von Hessen im Jahre 1375 als Kanzler der Universität Paris, von wo er (1388) an die neue Wiener Hochschule (gegr. 1365) berufen ward als Professor der Theologie und Mathematik. Dort gewinnt er eine Schaar von Jünglingen für das Studium der Mathematik und Astronomie. Nach ihm sitzt Johann von Gemünd auf seinem Lehrstuhle, dessen Schüler Peurbach (geb. 1423) ist. Bei diesem bildet sich der grosse Regiomontan (1436 bis 1476), der mit Bessarion nach Rom geht, um dort die Ptolemaische Syntaxis u. A. in der Ursprache zu lesen und auszunutzen, und dann in Nürnberg, der Stadt des Buchdruckes, wo ihm selbstloser Bürgersinn (Walther) eine Sternwarte errichtet, einen neuen und fruchtbaren Mittelpunkt für die mathematisch-naturwissenschaftliche For-

*) Dass die Astrologie in jener Zeit den Gedanken einer allgemeinen Gesetzmässigkeit des Weltalls, freilich in unklarer Form, vertritt, mag besonders bemerkt werden.

schung (Walther, Behaim, Härtmann, Schoner u. A.) schafft.

Die Ephemeriden Regiomontan's führen die Diaz, Vasco de Gama u. A. bei ihren Forschungsreisen, sie geleiten Columbus nach dem fernen Westen, wo er statt Dante's öder Salzlut mit ihrem einsamen Berge der Läuterung das Land entdeckt, dessen Reichtum an edlem Metalle der Naturalwirtschaft des Feudalismus die letzte Stütze entzieht. Den Weg nach dem Westen aber hatte Toscanelli gewiesen, zu dem und zwar nach Padua (1424) der Cusaner (geb. 1401) pilgert, um Mathematik und Naturwissenschaft zu studieren, ein Zeichen, dass Paris und Wien nicht die einzigen Stätten waren, an denen die mathematisch-naturwissenschaftliche Forschung sich weiter entwickelte.

Dabei finden wir diese Wissenschaft meist mit der Kunst in enger Verbindung, ein Erbe aus alter Zeit*), das jedesmal seine Kraft von neuem bewährt, wenn es sich um ein frisches und gewaltiges Schaffen auf dem Gebiete der Architektur handelt.

Dieser Verbindung giebt das „Collegium poetarum et mathematicorum“ in Wien (1501) gewissermassen einen quellenmässigen Ausdruck — hier sollten die mathematischen Wissenschaften gelehrt werden als Vorbereitung für die schaffende Kunst, im besonderen Mathematik, Astronomie und Physik als Vorstufe der Poesie.

Was aber alles auf dem Gebiete der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung im Laufe der Zeit schon lebendig geworden, das lehrt uns Lionardo da Vinci (1452 bis 1519), jener seltene Mann, den man jetzt in der Kunstgeschichte als Begründer der Hoch-Renaissance feiert. Er spiegelt in sich alle Erscheinungen der Zeit in geschlossener Einheit wieder. Körperlich und geistig harmonisch ausgebildet, ein Liebling der Gesellschaft, die er mit Lautenschlag und Sang erfreut, ist er auf allen Gebieten des Lebens rastlos thätig. Der grosse Künstler ist zugleich der geniale Ingenieur der Sforza und Borgia, der die Mechanik das Paradies der mathematischen Wissenschaft nennt, weil sie hier ihre Früchte bringt (si viene al frutto).

Neben Lionardo, der zu den Geistern gehört, die sich lachend verschenken, steht bei uns, dem nordischen Himmel entsprechend in strengerer Lebensführung Meister Dürer (1471 bis 1528), dem an Gedankentiefe und an Gedankenfülle nur Michel Angelo zu vergleichen ist. Auch er zeigt die enge Verbindung der

gottbegnadeten Kunst mit der mathematisch-naturwissenschaftlichen Forschung und deren Verwendung im Leben (Perspektive und Schattenkonstruktion, Proportion des menschlichen Körpers, Festungsbau).

Mit seinem Freunde Pirkheimer, dem feinen Kenner des Altertums, der sich von dessen Erschliessung vor allem eine Verbesserung der sozialen Zustände verspricht, wirkt Meister Dürer für deutsche Art und deutsches Wesen und beide bemühen sich um die Wette, der deutschen Sprache Kraft und Reinheit zu verleihen und sie weiter zu entwickeln. Der grosse Mathematiker Regiomontan, der Meister des Griechischen, welcher auch das erste neue Testament in der Ursprache über die Alpen bringt, und das Freundespaar Dürer und Pirkheimer spiegeln uns für Nürnberg die Renaissance auf deutschem Boden.

Um das Bild zu vervollständigen, müssen wir zunächst noch Huttens gedenken, der mit Dürer und Pirkheimer in der Wahrung des Nationalen übereinstimmt, und Reuchlins und Erasmus, der grossen Vertreter der philologisch-historischen Forschung.

Dass Reuchlin und Erasmus nicht an der späteren Furcht vor dem Nutzen gelitten haben, ist bekannt, ihnen war ebenso wie Luther und Melanchthon das Studium der Sprachen nur Mittel zum Zwecke, und es fehlt bei ihnen nicht an bitteren Klagen über den Umweg, den man über die fremden Sprachen zu den Dingen machen müsse. Reuchlin, der umsichtige Richter des schwäbischen Bundes war durchaus ein Mann, der mitten im Leben stand, aber auch Erasmus, der Verehrer Ciceros und der Feind der Cicero-nianer, war ein Gegner der formalen Bildung unserer Tage, spottet er doch gelegentlich in bezug auf den bekannten Trugschluss darüber, dass man das Krokodil zwar in der Logik verwende, aber nicht einmal wisse, in welche Klasse des Tierreichs es gehöre.

Gerade als Vertreter der philologisch-historischen Forschung hofften Reuchlin und Erasmus von den Quellen aus auf eine Reformation der katholischen Kirche, standen aber dem Zuge nach einer deutsch-nationalen Kirchenbildung fremd gegenüber, wie überhaupt allen nationalen Bestrebungen. Trotzdem haben sie mittelbar für die Ausbildung der deutschen Prosa gewirkt, indem sie Luther die Bibelübersetzung ermöglichten.

Als Feinde jedes klingelnden Verbalismus stehen Reuchlin und Erasmus mit Luther und Melanchthon zusammen: *res ipsa, non umbra rerum* — das ist ihre Lösung.*)

Nach dieser „*res ipsa*“ suchte auch Kopernicus, der Domherr von Frauenburg, in stiller und

*) Vergl. bei v. Brunn in „Archäologie und Anschauung“ (München, 1885): Pamphilos, der Lehrer des Apelles, in allen Wissenschaften unterrichtet, bezeichnete Arithmetik und Geometrie als die ersten notwendigen Grundlagen, von denen die künstlerische Bildung auszugehen habe.

*) Vergl. bei Melanchthon (29. VIII. 1518): *Jungendae Graecae literae Latinis, ut . . . rem ipsam adsequere, non umbram rerum.*

mühevoller Arbeit, während die Stürme der Reformation dahinbrausten. Sein Fund stürzte die ptolemäisch-mittelalterliche Anschauung der äusseren Welt, welche bereits durch die Entdeckung von Amerika erschüttert worden war: das Zentrum der Welt, das bisher in der Erde gelegen, wurde zur Sonne entrickt. Dafür aber fand der Mensch in sich selbst ein unverlierbares Zentrum, für dessen Bedeutung schliesslich Descartes durch sein Cogito, den Spuren Augustins folgend,*) die Formel bestimmt, während zugleich Hobbes auf den relativen Charakter alles Menschlichen hinweist.**)

Mit der Bestimmung dieser beiden Zentren, für die äussere und für die innere Welt war man völlig mündig geworden.

Das bezeugt uns u. a. ein Wort Brunos, des ruhelosen Reisepredigers für das kopernicanische System und für die Lehre von der Unendlichkeit der Welten, es steht in den „eroici furori“ und lautet:

Als ich in mir den Parnassos fand,
Erklomm ich ihn unverdrossen;
Meine Gedanken im Musengewand
Waren mir hehre Genossen.
Und wie das Sinnen mich überwand,
Sind mir die Thränen entlossen.
So schenkte mir Gott den Berg Parnass,
Die Musen und Helikons heiliges Nass.
Kaiser und Papst, seht, wie ich wähle,
Ihr Fürsten, Eurer Gunst bin ich satt:
Thränen und Sinnen, o meine Seele,
Und in den Haaren ein Lorbeerblatt.
(Fortsetzung folgt.)

Zur Frage der Einführung der physikalischen Dimensionen in den Schulunterricht.

Vortrag auf der Hauptversammlung zu Leipzig.***)
Von K. Weise in Halle (Saale).

Die Wissenschaft — und die Technik ist ihr wenigstens teilweise darin gefolgt — führt ihre Messungen heutzutage bekanntlich in absolutem Masse aus, d. h. sie benutzt ein Masssystem, in welchem alle Einheiten auf die drei Grundeinheiten der Länge, der Masse und der Zeit zurückgeführt sind. Betrachten wir beispielsweise die Formel für die gleichförmige Bewegung

$c = \frac{s}{t}$. Hier wird offenbar $c = 1$, wenn $s = 1$ und

$t = 1$ ist, d. h. es ist die Geschwindigkeitseinheit diejenige Geschwindigkeit, bei welcher die Längeneinheit in der Zeiteinheit zurückgelegt wird. Damit ist die Geschwindigkeitseinheit auf die Einheiten der Länge und Zeit zurückgeführt. Es sei von L die Längeneinheit, a die Masszahl von s , also $s = aL$; T die Zeiteinheit und b die Masszahl von t , also $t = bT$, so wird $c = \frac{aL}{bT} = \frac{a}{b} L T^{-1} = n L T^{-1}$.

Man drückt dies so aus: Die Geschwindigkeit ist nach der Länge von der Dimension 1 und nach der Zeit von der Dimension -1 oder auch in abgekürzter

*) De trinitate, X.

**) So erscheint Protagoras wieder: man fand in neuer Formung wieder, was er einst gefunden.

***) S. Unt.-Bl. IV. 3, S. 47.

Redeweise: der Ausdruck $L T^{-1}$ ist die Dimension der Geschwindigkeit. — Will man andeuten, dass die Geschwindigkeitseinheit von der Masseinheit unabhängig ist, so fügt man zu jenem Ausdruck noch M^0 hinzu, sodass die Dimensionsformel der Geschwindigkeit alsdann die Form $L M^0 T^{-1}$ annimmt. Aus der Gleichung: Beschleunigung = $\frac{\text{Geschwindigkeit}}{\text{Zeit}}$ ergibt sich ferner die

Dimension der Beschleunigung $\frac{L M^0 T^{-1}}{T} = L M^0 T^{-2}$;

aus der Gleichung Kraft = Masse · Beschleunigung diejenige der Kraft $M \cdot L M^0 T^{-2} = L M T^{-2}$. In ähnlicher Weise kann man die Dimensionsformeln der übrigen physikalischen Grössen aufstellen; als allgemeine Form derselben ergibt sich $L^a M^b T^c$, wo a, b, c positive oder negative, ganze oder gebrochene Zahlen oder auch teilweise oder sämtlich null sein können.

Diese Schreibweise lässt unentschieden, welche bestimmten Grössen als Längen-, Massen-, Zeiteinheiten gewählt sind; sie passt also für jedes absolute Masssystem. Man kann aber auch an Stelle der allgemeinen Symbole die üblichen Zeichen der gewählten Grundeinheiten einführen. Wählt man beispielsweise als Längeneinheit das Centimeter, als Masseneinheit das Gramm, als Zeiteinheit die Sekunde, so kann man L durch cm , M durch g , T durch sek . ersetzen. In dieser Schreibweise ist die Dimension der Geschwindigkeit z. B. $cm \text{ sec.}^{-1}$, die der Beschleunigung $cm \text{ sec.}^{-2}$, die der Kraft $cm \text{ g sec.}^{-2}$.

Welche Zwecke hatte man aber im Auge, als man diese Dimensionen feststellte und welchen Nutzen gewähren dieselben?

Die allgemeine Anerkennung des C-G-S-Systems ist bekanntlich erst eine Errungenschaft der letzten 20 Jahre und die bunte Mannigfaltigkeit, welche vordem in der Wahl der physikalischen Masseinheiten herrschte, macht sich noch heute störend bemerkbar, wenn ältere numerische Angaben unter sich verglichen oder im Laufe einer Rechnung benutzt werden müssen, die im übrigen nach dem modernen Masssystem durchgeführt ist. In manchen Fällen ist ja allerdings die Umrechnung leicht; in den meisten Fällen aber bedarf es einigen Nachdenkens, nicht selten sogar langer Ueberlegungen. Hier leisten nun die Dimensionsformeln die trefflichsten Dienste. Nehmen wir an — um ein ganz einfaches Beispiel zu wählen — dass eine Angabe, nach welcher ein Körper eine Geschwindigkeit von 15 m in der Minute hat, im C-G-S-System ausgedrückt werden soll. Die Umrechnung wird sich alsdann folgendermassen vollziehen: Es ist zunächst $v = 15 \text{ m min.}^{-1}$, weiter ist $m = 100 \text{ cm}$; $\text{min} = 60 \text{ sec}$, also $v = 15 [100 \text{ cm} (60 \text{ sec})^{-1}] = \frac{1500}{60} \text{ cm sec}^{-1} = 25 \text{ cm sec}^{-1}$.

Damit ist die gestellte Aufgabe gelöst und zwar auf eine sehr einfache, vollkommen mechanische Art. Und darin liegt der grosse Vorteil, den die physikalischen Dimensionen gewähren und der ihnen die allgemeine Beachtung gesichert hat. Dass man sie ausserdem noch in anderer Weise nutzbar zu machen gesucht hat, ist natürlich.

Bekanntlich kann eine Gleichung geometrischen Inhaltes nur dann richtig sein, wenn ihre beiden Seiten von gleicher Dimension sind. Derselbe Grundsatz lässt sich nun auch für die physikalischen Gleichungen aufstellen. Man gewinnt damit einen Prüfstein für die

Möglichkeit einer Gleichung. Ein einfaches Beispiel wird dies verdeutlichen. Ist m eine Masse, K eine auf sie während der Zeit t wirkende Kraft und v die erlangte Geschwindigkeit, so ist bekanntlich $Kt = mv$.

Angenommen nun, wir hätten das Bedürfnis, die Möglichkeit dieser Gleichung zu prüfen. Wir würden alsdann folgendermassen verfahren.

$$\text{Es ist Dim. } K = L M T^{-2}$$

$$\text{Dim. } v = L M^0 T^{-1}$$

$$\text{also Dim. } [Kt] = L M T \cdot T^{-2} = L M T^{-1}$$

$$\text{Dim. } [mv] = M \cdot L M^0 T^{-1} = L M T^{-1}$$

Wir erhalten also beiderseits dieselbe Dimension, die Möglichkeit der fraglichen Gleichung ist somit erwiesen.

Man kann auf diesem Wege sogar zur Auffindung unbekannter Gesetze fortschreiten. Czöglyer giebt in seinem Buche: „Dimensionen und absolute Masse der physikalischen Grössen“ u. a. folgendes Beispiel: Wir setzen als bekannt voraus, etwa als experimentell ermittelt, dass die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Transversalwellen in Saiten nur abhängt von der spannenden Kraft, und von der Länge und Masse der Saite. Dann können wir sagen, sie ist einer gewissen (x ten) Potenz der spannenden Kraft einer gewissen (y ten) Potenz der Länge und einer gewissen (z ten) Potenz der Masse der Saite proportional. Die linke Seite der aufzustellenden Gleichung wird dann die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Wellen enthalten, also von der Dimension $L M^0 T^{-1}$ sein. Nun ist die Dimension der spannenden Kraft $L M T^{-2}$, die der Länge und Masse der Saiten selbstverständlich L bzw. M . Für die Dimension der rechten Seite der gesuchten Gleichung ergibt sich also der Ausdruck

$$(L M T^{-2})^x \cdot L^y \cdot M^z = L^{x+y} M^{2x+z} T^{-2x}$$

und da beide Seiten der Gleichung von gleicher Dimension sein müssen, so ergibt sich die Gleichung

$$L M^0 T^{-1} = L^{x+y} M^{2x+z} T^{-2x}$$

und hieraus folgt weiter, dass

$$x + y = 1; \quad x + z = 0; \quad -2x = -1$$

$$\text{d. h. } x = \frac{1}{2} \quad y = \frac{1}{2} \quad z = -\frac{1}{2}$$

sein muss: die Fortpflanzungsgeschwindigkeit der Transversalwellen in Saiten ist der Quadratwurzel aus der spannenden Kraft und aus der Länge der Saite direkt der Quadratwurzel aus der Masse der Saite aber umgekehrt proportional; das gesuchte Gesetz ist also gefunden.

Wichtiger als diese letzte Anwendung ist die folgende. Die beste Mannigfaltigkeit in den Masssystemen herrschte früher bekanntlich nicht nur in der Physik, sondern auch im bürgerlichen Leben. Die Längeneinheit war bald die Elle, bald der rheinische Fuss, bald der sächsische Fuss usw. An diesen Namen wurde sogleich erkannt, welches Masssystem gemeint war. Im Laufe der Zeit hat sich auch in der Physik das Bedürfnis fühlbar gemacht, in einfacher Weise das gewählte Masssystem kenntlich zu machen. Bei der grossen Zahl der hier in Frage kommenden Grössen und bei der Vielheit der angewandten Systeme erwies es sich aber als unmöglich, denselben Weg wie im bürgerlichen Leben einzuschlagen und jeder Einheit in jedem System einen besonderen Namen zu geben. Da boten sich die Dimensionsformeln als willkommener Ausweg dar. Schreiben wir beispielsweise die Geschwindigkeit des Lichts $300\,000 \text{ km sec}^{-1}$ oder die

des Schalls 340 m sec^{-1} , so ist das diesen Angaben zugrunde liegende Masssystem ohne weiteres ersichtlich.

Endlich haben auch die Dimensionen eine theoretische Bedeutung, indem sie einen Einblick in den Zusammenhang der verschiedenen Grössen unter sich und mit den drei Grundeinheiten in einfacher Weise gewähren. Es hängt dies ja eng mit dem zuerst aufgeführten Punkte — der Erleichterung der Umrechnung — zusammen, ist aber doch nicht identisch damit.

Fassen wir das Gesagte zusammen, so ist der Nutzen der Dimensionen vornehmlich ein praktischer, insofern sie nämlich:

1. die Möglichkeit einer mechanischen Ausführung der Umrechnung aus einem Masssystem in ein anderes gewähren;
2. sich als Prüfstein für die Möglichkeit einer Gleichung darbieten;
3. unbekannte Gesetze zu ermitteln gestatten;
4. in einfacher Weise das gewählte Masssystem anzeigen.

Dazu kommt

5. als theoretischer Nutzen, dass sie leicht den Zusammenhang zwischen den einzelnen Masseneinheiten erkennen lassen.

Es liegt nun bei dem vielseitigen Nutzen, der sich also den physikalischen Dimensionen nachrühmen lässt, nahe, dass die Frage aufgeworfen wird, wie soll sich die Schule derselben gegenüber verhalten? Müssen dieselben nicht als eine wertvolle Ergänzung des bisherigen Unterrichtsstoffes angesehen und deshalb in den Schulunterricht eingeführt werden?

Um die Antwort auf diese Fragen zu finden, wollen wir zunächst untersuchen welchen Wert die 5 Punkte, in denen wir die Gründe für die allgemeine Anwendung der Dimensionen erblicken, für die Schule haben.

Um nun den letzten der 5 Punkte zuerst zu erledigen, so ist zuzugeben, dass der Schüler auch über die Beziehungen, welche unter den physikalischen Grössen herrschen, unterrichtet werden muss. Aber dazu bedarf es keineswegs der Dimensionen; diese Beziehungen ergeben sich auch aus den Grundgleichungen und nach meinem Gefühl ist diese Art, besonders dann, wenn man die Gleichungen in Worten schreibt und sonach setzt: Beschleunigung = $\frac{\text{Geschwindigkeit}}{\text{Zeit}}$ oder

Stromintensität = $\frac{\text{Länge} \times \text{Kraft}}{\text{Polstärke}}$, sogar lebendiger

und eindrucksvoller als die Betrachtung und Vergleichung der abstrakten Dimensionsformeln. Dass die Abhängigkeit einer physikalischen Grösse von den drei Grundeinheiten sich durch die Dimensionen bequemer ermitteln lässt als durch die Gleichungen, will ich zugeben. Dafür erscheinen aber die Dimensionen in einigen Fällen wiederum als geeignet, statt klärend, geradezu verwirrend zu wirken. Wenn z. B. die Dimension der elektrostatischen Kapazität $L M^0 T^0$ ist, so wird der Anfänger — und ein solcher bleibt der Schüler schliesslich immer — nur zu leicht geneigt sein, diese Grösse sich als Länge vorzustellen. Hierher gehört es auch, dass man die Dimension des spezifischen Gewichts bald als $L^0 M^0 T^0$, bald als $L^{-2} M T^{-2}$ angegeben findet, je nach der Definition, welche zugrunde gelegt ist. Will man mir entgegenhalten, dass gerade dieser Umstand Veranlassung zu einer vertiefenden Behandlung dieser Begriffe werden kann, so ist zu erwidern, dass man dieselben Bemerkungen auch ohne Dimensionsformeln machen kann. Wir kommen so-

nach zu dem Schlusse, dass der theoretische Nutzen der Dimensionen, der hier in Rede stand, für die Schule mindestens als zweifelhaft zu bezeichnen ist.

Aber vielleicht haben die praktischen Verwendungen der Dimensionen einen grösseren Wert für den Schulunterricht. Wenden wir uns sogleich ihrem Hauptnutzen zu — der Erleichterung der Umrechnungen —, so ist zuerst zu fragen, wann derartige Umrechnungen im Schulunterricht notwendig sind. Dass wird dann der Fall sein, wenn Kräfte experimentell durch Gewichte bestimmt und nun in Dynen umzurechnen sind. Zu dieser Umrechnung bedarf es aber der Kenntnis der Dimensionen nicht. Die Grundgleichung $1 \text{ Kraftgramm} = 981 \text{ Dynen}$ reicht hierzu vollkommen aus. Andere Fälle kommen aber wohl überhaupt nicht in Betracht. Wenigstens ist mir kein Grund bekannt, warum man die eine Rechnung mit mm, die andere mit cm, die dritte mit m ausführen müsste. Der kleine Vorteil, dass bei passender Wahl der Einheit einige Nullen gespart werden, kann — wenn man überhaupt Wert darauf legt — dadurch weit gemacht werden, dass man die betreffenden Zahlen als Produkte schreibt, deren einer Faktor eine Potenz von 10 ist, also für den Erdradius beispielsweise statt 6370 km $6370 \cdot 10^5 \text{ cm}$ (oder auch $637 \cdot 10^6 \text{ cm}$). Man entscheide sich also von vornherein für ein bestimmtes Masssystem — nachdem das CGS-System die Vorherrschaft erlangt hat, kann nicht zweifelhaft sein, welches System zu wählen ist — und drücke von vornherein alle Grössen in diesem System aus; dann erledigt sich der augenblicklich in Rede stehende Punkt ganz von selbst. Dass man die Umrechnungen aus einem System in ein anderes als ein wertvolles Mittel, die physikalischen Begriffe zu vertiefen, empfohlen hat, kann nicht zu Gunsten der Dimensionen geltend gemacht werden; denn eine vertiefende Wirkung kann doch lediglich durch ein verstandemässiges Umrechnen erzielt werden, nicht aber durch ein mechanisches, wie es durch die Anwendung der Dimensionen erstrebt und erzielt wird.

Auch die Verwendung der Dimensionen zu dem Zwecke, dass das angewandte Masssystem auf den ersten Blick erkennbar ist, erwies sich als wenig bedeutungsvoll für den Schulunterricht. Zunächst wird das Bedürfnis, das Masssystem kenntlich zu machen, überhaupt nur ein geringes sein, sobald man den vorhin angegebenen Weg — alle Grössen in CGS-System auszudrücken — einschlägt; es wird sich im wesentlichen nur dann einstellen, wenn man bei der Angabe gewisser Konstanten die übliche Form beibehalten will, also für die Lichtgeschwindigkeit $300\,000 \text{ km sec}^{-1}$ anstatt $3 \cdot 10^{10} \text{ cm sec}^{-1}$ lernen lassen will. Sehr wesentlich ist aber, dass das, was den Dimensionsformeln erst ihren Charakter verleiht, die Exponenten, in diesem Falle überhaupt nicht in Betracht kommt. Lehmann schreibt daher auch „eine Geschwindigkeit von 3,835 CGS“ und Höfer schlägt in seinem letzthin in der Poskeschen Zeitschrift veröffentlichten Aufsätze, den Sie wohl alle gelesen haben, die Bezeichnungsweise durch Beifügung von (cm, sek, gr) vor. Ich möchte mich im Prinzip diesem letzten Vorschlag anschliessen, weil die hier angewandten Bezeichnungen die im Rechenunterricht und sonst üblichen sind. Ob dabei für Gramm g oder gr zu schreiben ist und in welcher Reihenfolge die drei Einheiten aufzuführen sind, — Höfler geht auf diese Punkte näher ein —, will ich jetzt unerörtert lassen.

Was nun die beiden noch übrigen Punkte anbelangt, so kommt der eine, die Verwendbarkeit der Dimensionen zur Auffindung physikalischer Gesetze erstlich für den Schulunterricht überhaupt nicht in Frage, und auch der andere, die Anwendung der Dimensionen als Prüfstein für die Richtigkeit einer Gleichung, hat doch nur einen sehr untergeordneten Wert für den physikalischen Unterricht und ich glaube nicht, dass jemand die Dimensionen eigens zu diesem Zwecke würde einführen wollen.

So komme ich denn zu dem Schlusse, dass die Dimensionen für den Schulunterricht — ich will nicht sagen: überhaupt keinen — aber doch jedenfalls nur einen sehr geringen Wert besitzen und dass man ganz gut auch ohne dieselben auskommen kann und zwar auch dann, wenn man das absolute Masssystem den Rechnungen zu Grunde legt.

Unter diesen Umständen scheint es mir von entscheidender Bedeutung zu sein, dass einige andere Gründe direkt gegen die Neueinführung der Dimensionen in den Schulunterricht sprechen.

Am wenigsten schwerwiegend, weil es sich dabei mehr um etwas lediglich formelles handelt, scheint mir noch die Art zu sein, wie die bekannten Zahlen namentlich bei den Umrechnungen in die Rechnung eintreten; aber dass dieselbe mit den Gepflogenheiten des mathematischen Unterrichts im Widerspruch steht, wird nicht geleugnet werden können.

Wichtiger ist eine Frage, die auch Höfler aufwirft, ob nämlich die Dimensionsformeln von den Schülern gelernt werden sollen. Wird diese Frage bejaht, so bedeutet das eine nicht unerhebliche Mehrbelastung des Gedächtnisses, der ein nennenswerter Gewinn für den Unterricht nicht gegenüber stehen würde; verzichtet man aber auf das Auswendiglernen der Formeln, so müssen sie gegebenenfalls stets von neuem wieder abgeleitet werden; der augenblickliche Gang des Unterrichts erleidet eine mehr oder weniger erhebliche Unterbrechung und die auf die wiederholten Ableitungen verwendete Zeit ist im Grunde doch verloren. Auch die Zusammenstellung der Dimensionsformeln in eine Tabelle, aus der sie jederzeit entnommen werden könnten, halte ich nicht für eine einwandfreie Lösung dieser Frage.

Auf jeden Fall aber bedeutet die Einführung der Dimensionen in den Schulunterricht eine nicht unerhebliche Vermehrung des Unterrichtsstoffes, und bei dem abstrakten Charakter der Dimensionsformeln werden sicher — ich kann hier allerdings nicht aus Erfahrung reden — vielfache Übungen nötig sein, bis diese Formeln für den Schüler wirkliches Leben erhalten. Da aber schon jetzt der physikalische Lehrstoff in der zur Verfügung stehenden Zeit nur mit Mühe — andere sagen, überhaupt nicht — bewältigt werden kann, so wird man sich von der Neueinführung eines Gegenstandes von so geringem Wert für den Schulunterricht, wie es uns die Dimensionen zu sein scheinen, wenigstens unter den jetzigen Verhältnissen abzusehen entschliessen müssen.

Die Tragweite der Lehre von den physikalischen Dimensionen.

von F. Pietzker.

Den nächsten Anlass zu den nachstehenden Ausführungen hat mir eine Stelle in dem vorstehend abgedruckten Vortrage des Herrn Dr. Weise gegeben. Der

Herr Vortragende, mit dessen letzten Schlussfolgerungen ich, wie anscheinend alle Hörer seines Vortrages, durchaus einverstanden war, führte ein von Czöglger gegebenes Beispiel dafür an, dass man durch Benutzung der Dimensionsformeln sogar zur Auffindung neuer Gesetze fortschreiten könne. (s. vorst. S. 65.)

Gegen diese Behauptung möchte ich nun ganz entschieden Verwahrung einlegen. Ich will mich dabei nicht weiter daran stossen, dass es doch von vornherein eine willkürliche Annahme vorstellt, wenn man als Ausdruck der Abhängigkeit nur die Potenz verwendet, da ja ausser dieser Form noch ganz andere Abhängigkeitsformen denkbar sind. Viel mehr fällt für mich ins Gewicht, dass durch die Benutzung der Dimensionsformeln lediglich eine rein äusserliche Herleitung der speziellen Art der Abhängigkeit gewonnen wird, bei der die wirklichen inneren Gründe dieses Zusammenhanges, nämlich die Elastizitätsverhältnisse völlig ausser Betracht bleiben.

Trotz des sachlich zutreffenden Ergebnisses muss man darum sagen: hier liegt eine zufällige Uebereinstimmung vor, die Herleitung selbst kann unmöglich richtig sein und sie ist in der That auch nicht richtig, wie nachstehende Erörterung zeigen wird.

Die Czöglersche Beweisführung zerlegt die in Betracht kommende Dimensionsformel in drei Gleichungen, die gerade ausreichen, um die drei in jener Formel auftretenden unbekanntenen Exponenten zu bestimmen. Das Recht zu dieser Zerlegung wird aus der qualitativen Verschiedenheit der mechanischen Grundelemente Länge, Masse, Zeit hergeleitet, vermöge deren man Potenzen von L nur mit solchen von L , Potenzen von M nur mit solchen von M , Potenzen von T nur mit solchen von T vergleichen dürfe. Es wird also als zweifellos angenommen, dass die in den Dimensionsformeln auftretenden Buchstaben $L M T$, keine Zahlen, sondern wirkliche Grössen, nämlich Länge, Masse und Zeit bedeuten.

Einen Schein der Richtigkeit erhält diese Annahme durch die Art, wie bei Herleitung der Dimensionsformeln die Zahlenfaktoren von den Sachfaktoren anscheinend getrennt werden. In dem vorstehenden Vortrag ist dies durch das Beispiel der Geschwindigkeit erläutert. Es heisst da: es sei L die Längeneinheit, a die Längenmasszahl, T die Zeiteinheit, b die Masszahl der Zeit, so hat man für die Geschwindigkeit c

$$\text{die Gleichung } \dots c = \frac{a}{b} L T^{-1} \dots (1)$$

und hier ist anscheinend allerdings alles Zahlenmässige in den Faktor $\frac{a}{b}$ zusammengefasst, so dass der übrig bleibende, gerade in den Dimensionsformeln die Hauptrolle spielende Faktor $L T^{-1}$ das Ansehen eines reinen Sachfaktors erhält. Aber das ist eine verhängnisvolle Täuschung, wie man schon daraus erkennt, dass dabei Operationen (Multiplication und Division) an Objecten (Länge, Zeit) gefordert werden, die solcher Operationen ja überhaupt nicht fähig sind.

Der ganze Satz, aus dem die Gleichung (1) entstanden ist, dass eine Geschwindigkeit gleich einer Länge dividiert durch eine Zeit sei, ist wörtlich genommen sinnlos.*) Niemand kann eine Länge durch eine Zeit dividieren. Was man wirklich durch einander dividiert, das

sind auch nicht diese Grössen selber, sondern ihre Masszahlen, d. h. ihre Verhältnisse zu anderen, als Massstäbe dienenden Grössen derselben Art, und was man herausbringt, ist auch nicht eine Geschwindigkeit selbst, sondern die Masszahl dieser Geschwindigkeit, d. h. also das Verhältnis dieser Geschwindigkeit zu der Geschwindigkeits-einheit.

Und das ist ja auch nur natürlich. Jede physikalische Gleichung ist in Wahrheit eine Verhältnisgleichung, auch wenn sie anscheinend eine andere Gestalt hat, sie kann auch gar nichts anderes sein. Einzig und allein aus der Vergleichung mehrerer, aber dabei gleichartiger Fälle stammt unsere ganze Kenntnis physikalischer Gesetze, wesentlich in solcher Vergleichung, besteht auch jedesmal der Inhalt eines solchen Gesetzes, dessen formelmässiger Ausdruck demnach in Wahrheit stets den Charakter einer Gleichung zwischen Verhältnissen unter sich gleichartiger Grössen tragen muss.

Wendet man diese Betrachtungen auf den Sachverhalt des von Czöglger angegebenen Beispiels an, so hat man als Grundlage der aufzustellenden Formeln auch nichts weiter als die Thatsache, dass gewisse Geschwindigkeiten in zwei Fällen (A, α), sich wie gewisse Potenzen gewisser mechanischer Kräfte (B, β), gewisse Potenzen gewisser Massen (C, γ) und gewisse Potenzen gewisser Längen (D, δ) verhalten, d. h. man ist lediglich berechtigt, die Gleichung:

$$\frac{A}{\alpha} = \left(\frac{B}{\beta}\right)^x \left(\frac{C}{\gamma}\right)^y \left(\frac{D}{\delta}\right)^z \dots (2)$$

anzusetzen, worin überall nur gleichartige Grössen zu einander ins Verhältnis gesetzt sind und die Operationen der Potenzierung und Multiplikation nur an reinen Zahlen vollzogen werden.

Man hat also nicht mit den oben erwähnten Grössen selbst, sondern mit ihren Verhältnissen zu thun und dementsprechend liegt die Sache auch dann noch, nachdem man jene Grössen durch die mechanischen Fundamentalgrössen ausgedrückt hat. Wenn man diese in beiden Fällen ebenfalls durch lateinische und griechische Buchstaben, die einzelnen Grössenwerte durch Indices von einander unterscheidet, so erhält man aus der Gleichung (2) die neue Gleichung:

$$\left(\frac{L_1}{l_1}\right) \left(\frac{T_1}{t_1}\right)^{-1} = \left(\frac{M_2 I_2 T_2^{-2}}{\mu_2 \lambda_2 \tau_2^{-2}}\right)^x \left(\frac{M_3}{\mu_3}\right)^y \left(\frac{L_3}{l_3}\right)^z \dots (3)$$

in der man überall nur mit Längenverhältnissen, Massenverhältnissen und Zeitverhältnissen zu thun hat. Und dieser Sachverhalt bleibt auch vollkommen in Kraft, wenn man nun alle diese Verhältnisse durch Einführung von gewissen Fundamenteinheiten auf einfachere Ausdrücke bringt. Dann mag man ja schreiben, wie es Czöglger in üblicher Art thut,

$$(L T^{-1}) = (L^x + z M^x + y T^{-z}) \dots (4)$$

aber in dieser Gleichung bedeuten die Buchstaben $L M T$ nichts anderes als Längenverhältnisse, Massenverhältnisse und Zeitverhältnisse. Die Verwendung dieser Buchstaben hat nur den Sinn, dass sie die konkreten Grössen (Länge, Masse, Zeit) kennzeichnen, durch deren Beobachtung jene Grössenverhältnisse gewonnen werden. Aber nachdem diese einmal ge-

*) Vergleiche hierzu auch die einschlägigen Bemerkungen Poskes in der Ztschr. für den physik. u. chem. Unterr. III, S. 161/162.

wonnen worden sind, haben sie den Stempel ihres Ursprungs verloren, sie sind reine Zahlen, eine genau so gut wie die andere, sie weisen also nichts mehr von der qualitativen Verschiedenheit auf, die die Begriffe Länge, Masse und Zeit an sich besitzen und die man, verführt durch die verwendeten Buchstaben und das wenig glückliche Wort „Dimension“ stillschweigend voraussetzt, wenn man glaubt, Potenzen von L nicht mit Potenzen von M oder Potenzen von T vergleichen zu dürfen. Vielmehr sind alle diese Potenzen, weil es Potenzen von reinen Zahlengrößen sind, sehr wohl unter einander vergleichbar. Man ist also nicht berechtigt die Gleichung (4), wie Czöglér will, in drei Gleichungen zu zerfällen, es ist eine einheitliche Gleichung, aus der man über die drei in ihr auftretenden unbekannt Größen X, Y, Z gar nichts bestimmtes erfahren kann.

So liegt die Sache überall, auch in den einfachsten Fällen. Die Dimensionsformel für die „Kraft“ z. B. ($M L T^{-2}$) sagt auch nichts weiter, als dass für die Vergleichung zweier Kraftwirkungen drei Verhältnisse, nämlich das der bewegten Massen, das der von ihnen zurückgelegten Strecken und das der dazu erforderlich gewesen Zeiten in gehöriger Weise in Rechnung zu stellen sind. Man hat also mit reinen Zahlen zu thun, was nur dadurch weniger deutlich hervortritt, dass die Hinterglieder der oben erwähnten Verhältnisse als Einheiten verwendet und darum in der Gleichung nicht ausdrücklich aufgeführt sind. Es ist auch trügerisch, aus der Homogenität der Dimensionsformeln für die mechanischen Gleichungen, z. B. für die in dem vorstehenden Vortrag aufgeführte Gleichung $Kt = m v$ irgend welche Schlüsse zu ziehen. So lange man nur mit den Begriffen der reinen Mechanik zu thun hat, die alle durch die offiziellen Definitionen mit einander in Beziehung gesetzt sind, bewegt man sich immer in demselben Kreise, Gleichungen wie die eben erwähnte, sind im Grunde reine Identitäten, bei denen die beiden Seiten nur eine Verschiedenheit der Schreibweise aufweisen.

Die richtige Bedeutung der Dimensionslehre und die grosse Gefahr, die in der kritiklosen Verwendung dieser Lehre liegt, ergibt sich in aller Deutlichkeit erst bei der Anwendung auf Gebiete, wo neben den mechanischen Begriffen noch andere eigenartige Begriffe auftreten.

Das will ich durch ein Beispiel aus der Elektrizitätslehre erläutern, indem ich auf die bekannten Angaben Bezug nehme, nach denen die Elektrizitätsmenge im elektrostatischen System die Dimension $M^{1/2} L^{3/2} T^{-1}$, im elektrodynamischen (elektromagnetischen) die Dimension $L^{1/2} M^{1/2}$ besitzt.

Diese Angaben begünstigen durch ihre Fassung die Vorstellung, dass man aus ihnen einen gewissen Aufschluss über die der Elektrizitätsmenge an sich zukommenden Eigenschaften gewinnen könne. Davon ist aber in Wahrheit nicht entfernt die Rede. Vielmehr handelt es sich auch hier nur um das Ergebnis einer rein äusserlichen Vergleichung zweier Vorgänge. Ueben zwei gleiche Elektrizitätsmengen e, aus dem Abstand r auf einander eine Wirkung aus, die an einer mechanischen Kraftwirkung Z erkannt wird, so ist es

völlig unzulässig, die Gleichung $\frac{e^2}{r^2} = Z$ anzusetzen, wie es leider vielfach geschieht. Denn die Aufstellung dieser Gleichung bedeutet nicht mehr und nicht weniger als eine Vergleichung von zwei durchaus unvergleichbaren Dingen. In Wirklichkeit kennt man auch weiter nichts, als das Verhältnis der gegenseitigen

Wirkung jener Elektrizitätsmengen, zu der gegenseitigen Beeinflussung zweier anderer unter einander gleicher Elektrizitätsmengen; und zwar hat man eine Kenntnis dieses Verhältnisses durch die Beobachtung des Verhältnisses der in beiden Fällen auftretenden mechanischen Wirkungen. Alles, was man schreiben darf, erschöpft sich also in der Proportion:

$$\frac{e^2}{r^2} : \frac{r^2}{\varrho^2} = Z : \zeta \dots \dots (5)$$

bei der die beiden Fälle durch lateinische und griechische Buchstaben von einander unterschieden sind, oder noch besser, man schreibt:

$$\left(\frac{e}{r}\right)^2 = \left(\frac{r}{\varrho}\right)^2 \frac{Z}{\zeta} \dots \dots (6)$$

Drückt man nun das Verhältniss $Z : \zeta$ durch das Produkt aus einem Längenverhältnis, einem Massenverhältnis und dem Quadrat des reziproken Zeitverhältnisses aus, so hat man, indem man noch das Längenverhältnis $r : \varrho$ mit dem anderen vorhandenen Längenverhältnis kombiniert, für das Verhältnis der beiden Elektrizitätsmengen die Formel

$$\text{Dim. } E = L^{3/2} M^{1/2} T^{-1} \dots \dots (7)$$

und ähnlich liegt die Sache bei allen anderen elektrischen und magnetischen Dimensionsformeln. Die Grössen $L M T$ sind hier, wie überall nicht Längen, Massen, Zeiten, sondern Längenverhältnisse, Massenverhältnisse und Zeitverhältnisse und — was die Hauptsache ist — **E** ist keine Elektrizitätsmenge, sondern ein Elektrizitäts-Mengen-Verhältnis, und bleibt dies auch, nachdem die zweite zum Vergleich dienende Elektrizitätsmenge zur Einheit gewählt worden ist.

E ist also eine reine Zahl, die wohl über das Verhältnis zweier Elektrizitätsmengen unter sich, niemals aber über die Beziehung einer Elektrizitätsmenge zu den mechanischen Fundamentalgrössen (Länge, Masse, Zeit) Aufschluss geben kann. Die Formel (7) giebt nichts als eine äusserliche Regel, nach der man die Einheit der Elektrizitätsmenge anders zu bestimmen hat, wenn man die Einheiten für die mechanischen Fundamentalgrössen ändert.

Nun wird mir vielleicht eingewandt werden: „So ist es ja natürlich auch gemeint, kein verständiger Fachmann legt die Formel anders aus“.

Ich fürchte, dass das nicht zutrifft und möchte mich bei dieser Befürchtung nicht allein auf das mir als Ausgangspunkt dienende Czöglérsche Beispiel berufen, das ja ganz deutlich zeigt, wie einer rein formellen Angabe ein materieller Inhalt unberechtigter Weise zugeschrieben worden ist.

Ich habe ein noch viel gewichtigeres Beispiel zur Verfügung und das liefert mir die von der herrschenden Theorie aufgestellte Vergleichung der elektrostatischen mit den elektromagnetischen Fundamentalgrössen.

Bekanntlich stellt man für die Stärke eines galvanischen Kreisstromes die Formel auf

$$i = \frac{r K}{2 r p}, \dots \dots (8)$$

in der K eine mechanische Kraft, ausgeübt auf den in der Mitte des Kreisstromes befindlichen Magneten von der Polstärke p, r den Radius des Stromkreises darstellt. Die Dimension von p wird gleich der der elektrostatischen Einheit, also gleich $L^{3/2} M^{1/2} T^{-1}$ bestimmt, die von r ist L, die von K stellt sich auf

$L M T^{-2}$, daraus findet sich für die Stromstärke die Dimension $L^{1/2} M^{1/2} T^{-1}$.

Definiert man nun die Stromstärke als das Verhältnis der durch den Querschnitt der Leiter fließenden Elektrizitätsmenge zu der dazu verwendeten Zeit, setzt also unter Benutzung der Buchstaben ε und t die

$$\text{Gleichung an } \dots i = \frac{d\varepsilon}{dt} \dots (9),$$

so findet sich für die „Elektrizitätsmenge im elektromagnetischen Masse die Dimension $L^{1/2} M^{1/2}$.

Nun vergleicht man die Dimensionsausdrücke für die Elektrizitätsmengen in beiden Masssystemen und findet, dass ihr Quotient gleich einer Länge dividiert durch eine Zeit sei, also die Dimension einer Geschwindigkeit habe.

Daraus folgert man dann sofort frischweg, dass der Quotient beider Elektrizitätsmengen wirklich eine Geschwindigkeit sei, für deren Grösse man dann durch verschiedene, grossenteils schon von Maxwell angegebene Bestimmungsmethoden ungefähr denselben Wert gefunden zu haben glaubt, den die Fortpflanzungsgeschwindigkeit des Lichts besitzt. ($3 \cdot 10^{10}$ cm sec⁻¹). Hieraus werden bekanntlich sehr weitgehende Schlüsse gezogen.

Vorsichtigeren Fachmänner sichern sich allerdings gegen zu weit gehende Auslegungen dieses Ergebnisses einermassen dadurch, dass sie die gedachte Geschwindigkeit als „kritische Geschwindigkeit“ bezeichnen, die nicht gerade kleine Schaar der Enthusiasten aber erblickt in ihr ohne weiteres die Geschwindigkeit, mit der sich „die elektrische Kraft“ im Raume „ausbreitet“.

Als ein Zeichen für die grundlegende Bedeutung, die dieser Grösse beigelegt werden müsse, wird bisweilen der Umstand angeführt, dass sie nicht nur bei der Vergleichung der Elektrizitätsmengen, sondern auch bei der der Potentiale, der Kapazitäten, der Stromstärken und der Widerstände in beiden Masssystemen auftrete. Aber dadurch wird gar nichts bewiesen, denn dieses Auftreten ist eine über die wirkliche Sachlage keinerlei Aufschluss gebende selbstverständliche Folge der theoretischen Definitionen. Da man in beiden Masssystemen der Arbeit die gleiche Dimension zuschreibt und andererseits die Arbeit als Produkt aus Potential und Elektrizitätsmenge definiert, muss ja bei dem Quotienten der Potentiale ganz unausbleiblich der reziproke Wert des Quotienten der Elektrizitätsmengen herauskommen. Daraus folgert sich dann weiter sein Auftreten bei dem aus Ladung und Potential gebildeten rein theoretischen Begriff der Kapazität, und endlich sein Auftreten bei den Stromstärken, die als Quotienten von Elektrizitätsmengen und Zeitgrössen und den Widerständen, die als Quotienten aus Potentialen und Stromstärken definiert werden.

Illusorisch ist ferner der Wert des Hinweises auf die ungefähre Übereinstimmung in den Ergebnissen der verschiedenen zur Bestimmung der kritischen Geschwindigkeit benutzten Methoden. Allen diesen Methoden ist das gemeinsame, dass sie das fragliche Verhältnis gar nicht direkt bestimmen. Was in ihnen zur Beobachtung kommt, das sind elektrostatische und elektrodynamische Wirkungen, die durch Vermittelung von gleichzeitig ins Spiel kommenden mechanischen Wirkungen mit einander verglichen werden. In die Formeln, welche diese Wirkungsvergleichungen zum Ausdruck bringen, werden nun die Grössen, auf die man eigentlich abzielt, durch die theoretischen für sie bestehenden Definitionen eingeführt, d. h. gerade das,

worauf es ankommt, spielt nicht bei den Beobachtungen, sondern erst bei der theoretischen Verwertung dieser Beobachtungen seine Rolle. Das was man beweisen will, wird also implicite bei dem Beweisverfahren mit benutzt.

Doch ist dies nebensächlich gegenüber dem Hauptbedenken, das sich gegen die unzulässige Deutung der Dimensionsangabe für den Quotienten der beiden Elektrizitätsmengeneinheiten richtet. Wenn dieser Quotient die Dimension $L : T$ besitzt, so heisst das weiter nichts, als dass er bei anderweiter Wahl für die der Messung zugrunde liegenden Einheiten der Länge und der Zeit einen anderen Zahlenwert erhält. Daraus, dass die Geschwindigkeit die gleiche Dimension aufweist, zu schliessen, jener Quotient sei seinem Wesen nach eine Geschwindigkeit, das ist eine Kühnheit der Schlussfolgerung, deren ganze Bedenklichkeit offenbar wird, wenn man erwägt, dass ja dann auch der dieselbe Dimension zeigende galvanische Stromwiderstand ebenfalls eine Geschwindigkeit sein müsste, was im Ernst noch niemand behauptet hat.*) Wer die Dimensionsformeln in dieser Weise ansieht, hat jedenfalls nicht mehr das Recht zu der Behauptung, dass er sie bloß als Rechnungsregeln zur Reduktion der Zahlenausdrücke bei Annahme veränderter Einheiten ansehe. Er kommt um die Folgerung garnicht herum, dass E für ihn eine wirkliche Elektrizitätsmenge, L , M , T für ihn eine wirkliche Länge, eine wirkliche Grösse und eine wirkliche Zeit vorstellen.

Und es bleibt ihm auch die weitere Folgerung nicht erspart, dass auch die Dimensionsausdrücke für die elektrischen und magnetischen Grössen in seinen Augen nicht bloß als Rechenregeln zum Zweck der zahlenmässigen Bewertung der Beobachtungsergebnisse gelten können, dass sie für ihn vielmehr den formelmässigen Ausdruck der wahren, diesen Grössen beizuhabenden Wesenseigenschaften enthalten müssen. Dabei mag dann jeder, der daran glaubt, sich mit den gebrochenen Exponenten für die Grössen M und L und mit dem Auftreten der Zeitgrösse T in dem Ausdruck für die elektrostatische Menge und anderen Merkwürdigkeiten ähnlicher Art auf seine Weise abfinden.

Nun ist ja klar, woher die ganze Schlussfolgerung rührt, ihre Quelle ist die annähernde Übereinstimmung zwischen dem Zahlenwert des Elektrizitätsmengenverhältnisses und dem Zahlenwert der Lichtgeschwindigkeit im Centimeter-Gramm-Sekunden-System. Aber die Bedeutung dieser Übereinstimmung verringert sich sehr, wenn man erwägt, dass hierbei das elektrostatische mit dem elektromagnetischen Masssystem in Vergleich kommt, und dass dabei das an sich fremde Element des Magnetismus einseitig bei der Massbestimmung der strömenden Elektrizität, nicht aber bei der ruhenden Elektrizität herangezogen wird. Von rechtswegen sollte hier vielmehr das elektrostatische mit dem rein elektrodynamischen System verglichen werden, wodurch bekanntlich ein anderer, von jenem Wert durch den Faktor V^2 unterschiedener Wert herauskommt, der mit der Lichtgeschwindigkeit nichts mehr zu thun hat.

Demnach darf man wohl sagen, dass die Auffassung des Verhältnisses der Elektrizitätsmengen-Einheiten als einer Geschwindigkeit jedenfalls der ausreichenden Begründung ermangelt. Das ist aber noch nicht alles, diese Auffassung leidet auch noch, ganz abgesehen von ihrer Herleitung, an und für sich einen gewaltigen

*) Vgl. hierzu Maxwell, Treat. o. E. a. M., Art. 772.

inneren Widerspruch, der durch die nachfolgenden Erörterungen klar zu Tage treten wird.

Um zu dem Vergleich der Elektrizitätsmengen in beiden Masssystemen die erforderliche Grundlage zu schaffen, ist es nötig, die Stromstärke durch die Elektrizitätsmenge auszudrücken, es geschieht dies in Gemässheit der oben angeführten Gleichung (9). Da kann ich mir auch nicht versagen, die Willkürlichkeit der Annahme hervorzuheben, die in dieser Gleichung zum Ausdruck kommt. Die in der Formel (8) auftretende Grösse i , die Stromstärke, ist ein Intensitätsfaktor, über dessen eigentliche Natur kein Mensch irgend etwas weiss. Die Formel selbst giebt gar keinen Anhalt für seine nähere Bestimmung, die Beobachtungen auch nichts weiter, als dass die Stromwirkung in verschiedener Intensität auftritt, das Ohmsche Gesetz, das eben auch nur eine zwischen Grössenverhältnissen geltende Formel ist, enthält nichts als eine äusserliche Vergleichung der Intensitätsverhältnisse mit Potentialverhältnissen und Widerstandsverhältnissen, ohne über die Natur der drei Grössen Stromstärke, Potential und Widerstand irgend etwas auszusagen (die Angaben über die Abhängigkeit des Widerstandes von seinen Bestimmungselementen sind ebenfalls ganz äusserlicher Art).

Kein in der Sache selbst liegendes Moment gibt also ein Recht zu der in der Formel (9) ausgedrückten Annahme, dass dieser Intensitätsfaktor, die sogenannte Stromstärke, der Quotient einer Elektrizitätsmenge und einer Zeit sei. Diese Annahme ist eine reine Hypothese, hervorgerufen durch die Auffassung des galvanischen Vorgangs als eines Strömens der Elektrizität, der in der Formel (9) gegebene Ausdruck für die Stromstärke ist nichts als der Ausdruck einer ganz äusserlichen und rohen Analogie zu dem Begriff der Stromstärke bei dem fliessenden Wasser. Ob diese ganze Auffassung nicht völlig an dem eigentlichen Wesen der Sache vorbeigeht, das ist doch kaum noch eine Frage.

Indessen mag dies zunächst dahingestellt bleiben. Auch wenn man die der Formel (9) zugrunde liegende Annahme gelten lässt, oder vielmehr gerade wenn man dies thut, verwickelt man sich bei der in Rede stehenden Auffassung unrettbar in Widersprüche, wie ich nunmehr zeigen will.

Wenn die Stromstärke als der Quotient aus Elektrizitätsmenge und Zeit oder als die in der Zeiteinheit durch den Leiterquerschnitt fliessende Elektrizitätsmenge definiert wird, so ist klar, dass die hier auftretende Elektrizitätsmenge an sich dieselbe sein muss, mit der man im Falle der Ruhe, also in der Elektrostatik zu thun hat. Denn das fluctuierende Element in dem Begriff der Stromstärke, nämlich die Zeit, wird ja durch die Formel (9) von dem der Elektrizitätsmenge so getrennt, dass beide als selbständige Bestimmungselemente in den Ausdruck für die Stromstärke eintreten. Soweit dies noch nicht deutlich genug sein sollte, mag auf das Beispiel der Stromstärke beim fliessenden Wasser verwiesen werden, die ja für den Begriff der elektrischen Stromstärke als Paradigma gedient hat. Wenn ein Fluss eine Stromstärke von 100 cbm hat, so heisst das, dass 100 cbm Wasser in jeder Sekunde sich vorwärts bewegen, aber diese 100 cbm sind auch während ihrer Bewegung an sich genau von derselben Beschaffenheit, die sie hatten, ehe sie ihre Bewegung begannen und die sie wieder haben werden, wenn sie irgendwo zur Ruhe gekommen sind.

Oder um ein anderes Beispiel zu gebrauchen: wenn man nach der üblichen, der Formel (9) ganz analogen

Art die Geschwindigkeit als Quotienten einer Länge und einer Zeit definiert, versteht man doch unter Länge auch nichts anderes, als was man sonst mit diesem Worte bezeichnet.

Ich folgere also, dass über die Elektrizitätsmenge, die aus der Stromstärke durch die Formel (9) als selbständiges, von der Zeit unabhängiges Bestimmungselement ausgeschieden ist, der Art nach keinerlei andere Aussagen möglich sein würden, als für die ruhende Elektrizität, dass also aus dem elektrodynamischen System keine anderen Dimensionsangaben für die Elektrizitätsmenge sich ergeben dürften, als aus dem elektrostatischen System. Denn die Elektrizitätsmenge, um die es sich handelt, ist eben in beiden Fällen von ganz gleicher Art, wie es sich für die mechanischen Fundamentalgrössen, auf die diese Menge in beiden Fällen zurückgeführt wird, von selbst versteht. Die beiden Elektrizitätsmengen-Einheiten können sich demnach nur durch einen reinen Zahlenfaktor, nicht durch einen Geschwindigkeitsfaktor unterscheiden, in der Aufstellung des letzteren kann ich nur einen Widerspruch der stärksten Art erblicken, der sehr geeignet ist, die innere Unmöglichkeit der ganzen auf dieses Ergebnis hinführenden Schlussfolgerungen von einer neuen Seite her in ein helles Licht zu setzen.

Zur Festhaltung der in sich so widerspruchsvollen Benennung für das Verhältnis der Elektrizitätsmengen-Einheiten hat vielleicht der Umstand mitgewirkt, dass dieses Verhältnis nur durch solche Benennung einen bestimmten Wert erhält. Dagegen zeigt aber eine einfache Betrachtung, dass für diese Einheiten bei den für sie geltenden Definitionen ein festes Verhältnis gar nicht heraus kommen kann.

Die ganze Verschiedenheit der Dimensionen für die elektrostatischen und die elektrodynamischen (resp. elektromagnetischen) Fundamentalgrössen beruht in letzter Instanz darauf, dass bei der elektromagnetischen Einheit der Stromstärke der Radius des als Träger der Wirkung auftretenden Stromkreises mit in Betracht kommt. Dieser Radius wird in Längeneinheiten ausgedrückt, die Längeneinheit übt also bei der elektrodynamischen Wirkung auf die Grösse des Trägers der Wirkung einen Einfluss aus, zu dem im Falle der Elektrostatik kein Analogon existiert. Der Träger der elektrodynamischen Wirkung ist also im Vergleich mit dem Träger der elektrostatischen Wirkung eine variable, von der zufälligen Wahl der Längeneinheit einseitig abhängige Grösse — es ist klar, dass da von einem festen Verhältnis der beiden Einheiten gar nicht die Rede sein kann.

Aber diese Abhängigkeit der Grösse des Wirkungsträgers von der Längeneinheit ist durchaus nicht etwa eine der strömenden Elektrizität an sich zukommende Eigenschaft, diese Abhängigkeit beruht auf einer völlig willkürlichen Festsetzung, die ganz allein dem theoretischen System der Dimensionenlehre zuliebe getroffen worden ist. An sich besteht gar kein Hindernis, auch der Definition der elektrodynamischen Einheit einen von der Längeneinheit unabhängigen Wirkungsträger von irgend welcher von vornherein willkürlich festgesetzten Grösse zu Grunde zu legen, und bei Reduktion der Stromstärke auf die Elektrizitätsmenge mit der Zeit entsprechend zu verfahren. Eine solche Definition würde bewirken, dass die einander entsprechenden Grössen auf beiden Wirkungsgebieten sich nur durch Zahlenfaktoren unterscheiden, sie würde auch für die

zur Auswertung und Deutung des fraglichen Verhältnisses von Maxwell selbst angegebenen Versuche eine wesentlich verständlichere Unterlage liefern.

Die weitere Ausführung dieses Gedankens, durch dessen Verwirklichung ein Teil der im vorstehenden dargelegten Bedenken gegen die herrschende Theorie seine Erledigung finden würde, liegt nicht in der Absicht der hier gemachten Bemerkungen, bei denen ich auf die Sache selbst nicht mehr als unumgänglich nötig eingehen möchte. Mir liegt hier nur daran, die Gefahren aufzuzeigen, die die kritiklose Anwendung der Dimensionslehre mit sich bringt, den Wahn zu bekämpfen, als ob aus Voraussetzungen von rein formeller und äusserlicher Art Schlussfolgerungen von materiellem Inhalt zu ziehen wären.

Meine Bedenken sind demnach weniger sachlicher, als vielmehr wesentlich logischer Art. Aber dadurch verlieren sie nichts an ihrer Bedeutung und indem ich sie äussere, glaube ich verdienstlich zu handeln und vielleicht manchem Fachgenossen, der an so manchen sonderbaren Angaben der Dimensionslehre im Stillen schon längst Anstoss genommen hat, aus der Seele zu reden. Ich habe es mir auch schon lange überlegt, ob ich nicht mit meinen Bedenken an die Oeffentlichkeit treten sollte, bis die Bezugnahme auf das Czöglersche Beispiel in dem voranstehenden Vortrage für mich den Ausschlag gab.

Doch geht die Tragweite der Sache über diesen einzelnen Anlass erheblich hinaus. Die glänzenden Errungenschaften der experimentierenden Elektrik und der ihre Ergebnisse verwertenden modernen Elektrotechnik haben die Welt in der letzten Zeit in eine Art von Rausch versetzt, der — so menschlich erklärlich er auch ist — die grosse Gefahr in sich trägt, dass darüber die nüchterne Kritik der auf den Erscheinungen aufgebauten Theorien nicht zu ihrem Rechte kommt. Und diese Gefahr ist um so grösser, weil auf dem Gebiete der Elektrizitätslehre mehr als irgendwo anders die Praxis mit der formelmässigen Theorie Hand in Hand geht, weil sich hier eine ganz besondere Formeltechnik herausgebildet hat, die jeder Erscheinung einen für die praktische Rechnung noch besonders bequemen und handgerechten Formelausdruck zur Seite stellt.

Angesichts dieser Verhältnisse ist es unerlässlich, immer von neuem darauf hinzuweisen, dass die Formel den Sachverhalt wohl ausdrücken, aber nicht ersetzen kann, dass sie nützlich ist, solange man in ihr nichts weiter als das Mittel sieht, dem Sachverhalt die für die weitere Verwertung brauchbare äussere Fassung zu geben, dass sie aber den Fortschritt der Erkenntnis geradezu schädigt, wenn man dieser ihrer formellen Bedeutung einen materiellen Inhalt unberechtigter Weise unterlegt.

Thesen über die Handhabung der Schulhygiene.

Von B. Schwalbe.

Die auf der Leipziger Versammlung von Direktor Dr. Schwalbe an Schlusse seines Vortrags*) mitgetheilten Thesen, die zwar nicht Gegenstand eines Versammlungsbeschlusses geworden sind, aber allem Anschein nach allseitige Zustimmung fanden, hatten folgenden Wortlaut:

- 1) Die naturwissenschaftlichen Lehrer sind ihrer Vor-

bildung nach imstande, die allgemeine hygienische Ueberwachung der Schulen zu übernehmen.

- 2) An jeder Anstalt wird ein Fachlehrer der Naturwissenschaften beauftragt, dem Direktor über die hygienischen Verhältnisse der Anstalt regelmässig Bericht zu erstatten, ebenso der vorgesetzten Behörde (Hygienischer Inspektor).
- 3) Der hygienische Inspektor ist verpflichtet, die für die Gesundheitskontrolle notwendigen Listen zu führen.
- 4) Alle hygienischen Massregeln des Unterrichts können nur unter Berücksichtigung der pädagogischen und wissenschaftlichen Forderungen getroffen werden.
- 5) Es ist wünschenswert, dass in der Schulaufsichtsbehörde ein Arzt als Mitglied ernannt wird.

Vereine und Versammlungen.

Noch einmal der Göttinger Ferienkursus. In No. 3 dieser Zeitschrift S. 49 befindet sich ein eingehender Bericht über den vom 14.—27. April abgehaltenen naturwissenschaftlichen Ferienkursus in Göttingen. So dankenswert es ist, dass in solcher Weise auch dem Fernerstehenden Gelegenheit geboten wird, einen Einblick zu bekommen, so sehr erwächst auf der anderen Seite für jeden Teilnehmer die Verpflichtung, mit seiner Meinung nicht zurückzuhalten, und wenn er Ausführungen findet, die zu Missverständnissen führen könnten, dieselben einer Kritik zu unterziehen. In dieser Lage befindet sich der Schreiber dieser Zeilen.

Es wird in dem Berichte gewünscht, man solle sich entschliessen, doch ein wenig von dem Kothurn der strengsten Wissenschaftlichkeit hinabzusteigen und den Stoff elementarer zu behandeln; es sei sonst unmöglich, den Vorträgen zu folgen, und viele Jahre, nachdem das Oberlehrerexamen in den Naturwissenschaften gemacht ist, in jedem einzelnen Zweige auf dem laufenden zu bleiben und nun einem hochgespannten Vortrag folgen zu können.

Dieser Auseinandersetzung ist entgegenzuhalten, dass niemand verlangt, dass der in seinem Beruf angestrenzte Oberlehrer alle Fortschritte verfolgen soll. Natürlich wird jeder seine Augen lenken auf die Dinge, die ihm am nächsten sind. Beispielsweise wird niemand es fordern, dass ein Oberlehrer, der vielleicht einmal Mathematik als Nebenfach hatte, einem mathematischen Vortrag, in dem die neuesten Untersuchungen behandelt werden, wirklich folgt. Jeder Teilnehmer muss sich aussuchen, was ihm am nächsten liegt, damit auf der anderen Seite eben dem Jünger einer bestimmten Wissenschaft in diesem seinen Interessengebiet wirklich etwas geboten werden kann, und er sich nicht langweilt. Wurden doch so schon in dem mathematischen Kurse, der von den Grundlagen der Elementargeometrie (nicht, wie irrthümlich berichtet, vom Unendlichkeitsbegriff) handelte, Stimmen laut: Das kennen wir ja alles schon, wir haben unseren Pasch (Vorlesungen über neuere Geometrie) ordentlich studiert.

Das Ziel des Vortragenden wird sein, den Fachgenossen einen Ueberblick zu geben über die Fortschritte seiner Wissenschaft und auf wichtige wissenschaftliche Abhandlungen hinzuweisen, sie zu charakterisieren und kritisieren. Auch das gilt wesentlich von der Mathe-

*) S. Unt.-Bl. IV, 3, S. 46.

matik, wo man nicht Experimente vormachen kann, sondern auf die Mitwirkung der Zuhörer angewiesen ist, die nun eben den durch den Vortrag gewiesenen Weg weiter verfolgen mögen. —

Im übrigen will der Ferienkursus jedem etwas nach seinem Geschmacke bieten, und niemanden in Dinge hineintreiben, die ihm wegen ihrer Abstraktheit nicht zusagen. Am wenigsten darf man den Vorwurf erheben gegen eine Universität, die wie Göttingen sich das Ziel setzt, jede Richtung zur Geltung kommen zu lassen. Davon giebt insbesondere das neuerrichtete Institut für angewandte Thermodynamik, wo man Gasmotor, Dampfmaschine und bald auch den Dieselmotor und andere neue Maschinen im Betrieb sehen kann, ein Zeugnis ab. Ferner ist die Elektrotechnik vertreten, und auch die Geodäsie, die man sonst an einer Universität kaum finden wird. Alle diese Disciplinen werden in Zukunft mehr noch hervortreten in den Ferienkursen, sodass wirklich jeder zu seinem Rechte kommt. —

Sollten diese Zeilen dazu beitragen, eine durch den Bericht etwa hervorgerufene abfällige Meinung über den Ferienkursus zu beseitigen, so haben sie ihren Zweck erfüllt. Es wäre sehr schade, wenn die Universität, die gerade auch dem für Anwendungen sich Interessierenden Anregung bieten will, in den Verruf der unbrauchbaren Abstraktheit käme!

Dr. Heinrich Liebmann (Göttingen).

* * *

Frankfurter Ferienkursus. Der Physikalische Verein zu Frankfurt a. M. wird auch in diesem Jahre in der ersten Hälfte des Oktober einen naturwissenschaftlichen Ferienkursus veranstalten, dessen Leitung, wie früher, der Direktor der Adlerfluchtsschule, Herr Dr. Bode übernommen hat.

Lehrmittel-Besprechungen.

Lehrmittel-Ausstellung bei der Leipziger Hauptversammlung. Mit der 7. Hauptversammlung des „Deutschen Vereins zur Förderung des Unterrichts in der Mathematik und den Naturwissenschaften“ war in den Korridoren und dem festlich geschmückten Treppenhaus des Realgymnasiums eine Ausstellung von Lehrmitteln verknüpft, die zahlreiche recht instruktive Objekte enthielt. Es erscheint geboten, der Ausstellung eine etwas nähere Betrachtung zu schenken.

Sie zerfiel in 3 Abteilungen.

Im Treppenhaus interessieren zunächst die mit möglichst einfachen Mitteln (aus Papier, Pappe, Zwirn, Draht) hergestellten und zur Veranschaulichung geometrischer Begriffe dienenden Modelle. Sie sind aus dem Unterrichte hervorgegangen, meist vom Schüler selbst angefertigt, von wenig komplizierter Art, dabei niedlich und schmuck in der Ausführung und sicherlich aufs beste geeignet, dem Schüler bei dem Verständnisse der Lehrsätze und bei der Lösung von Aufgaben aus dem Gebiete der Planimetrie und Stereometrie, der Trigonometrie und deskriptiven Geometrie treffliche Dienste zu leisten. Derartig selbst gefertigte Hilfsmittel werden

sich immer dem Gedächtnisse besser einprägen als Formeln, die gewöhnlich nur zu bald vergessen werden. *)

Zu diesen Arbeiten treten in einer 2. Abteilung wissenschaftliche Leistungen, unter welchen hervorzuheben sind: Prof. Dr. Otto Fischers Modell zur Veranschaulichung der Bewegungen beim Gange des Menschen und ein weiteres Modell zur automatischen Einstellung des Gesamtschwerpunktes und der einzelnen Schwerpunkte des menschlichen Körpers bei beliebiger Haltung. Dem Unterrichte in der Krystallographie dienen Oberlehrer Dr. Nestlers in L.-Reudnitz stellbares Achsenkreuz für alle Krystalformen, die vom Oberlehrer Dr. Nöllner-Zwickau selbstgefertigten Hilfsmodelle und Tafeln fürs krystallographische Schulzeichnen und Prof. Dr. Böttchers Zeichnungen der Tesseralformen. Sanitätsrat Dr. O. Barth, Lindhardt-Leipzig, hatte der Ausstellung in liebenswürdigster Weise eine reliefartige Darstellung ohne Ueberhöhung des böhmischen kuppenreichen Mittelgebirges überlassen, bearbeitet nach der photographischen Vielfältigung der Originalaufnahme des Kaiserl. und Königl. Militärgeographischen Instituts zu Wien, dazu einzelne Sektionen nach der Aufnahme der Königl. sächs. geologischen Landesuntersuchung. Wie kein anderes Anschauungsmittel vermögen diese mit eisernem Fleisse und peinlichster Sauberkeit gefertigten reliefartigen Darstellungen den Bau der Erdoberfläche zu verdeutlichen. Reizend erscheint der Steilabfall des Erzgebirges. Man glaubt sich auf seinen weithin gestreckten Kamm versetzt; das Auge schweift im Geiste über die blühende Ebene von Teplitz bis zu des Mittelgebirges höchstem Phonolithkegel, dem Mileschauer.

Neben photographischen Aufnahmen von Fallversuchen zur Bestimmung der Belichtungsdauer der Platten, ausgestellt von Prof. Dr. Grabau, sind noch zu erwähnen: ein Apparat zur Darstellung konischer Wasserspiegel, veränderlich nach Gestalt und Grösse von Prof. Dr. E. Lehmann und praktische Kästen zur Aufbewahrung von Landkarten nach Anleitung von Prof. Lungwitz angefertigt, die geringen Raum beanspruchen und doch gute Uebersichtlichkeit gewähren. —

Und nun zur 3. Abteilung, die eine stattliche Reihe namhafter Firmen mit wertvollen Neuigkeiten beschiekt hat, diese zum Kauf anbietend.

Vortrefflich vertreten waren Physik und Chemie durch die beiden heimischen wohlrenommierten Firmen von Dr. Th. Stöhrer und Sohn und Franz Hugerhoff, die eine grosse Anzahl höchst exakt gearbeiteter Lehrapparate den Teilnehmern an der Versammlung zur Ansicht brachten und zum Teil durch Vorführung erläuterten. Es seien genannt: Bogenlicht-Projektions-Apparate, Lichtbrechungsapparate, Quadrantenelektrometer, ausserordentlich instruktive, dabei einfache und billige Wellenapparate für Longitudinal- und Transversalwellen; auf dem Gebiete der Chemie: Demonstrationsapparat für Acetylgasentwicklung — Schwefelwasserstoffentwicklungs-Apparate und Universal-Gasbrenner nach Teclu, Gaswaschflaschen nach Walther, verstellbare Tiegelhalter, Wasserbad mit Irisverschluss nach Loesner usw.

Als ein galvanisches Element, das in vielen Fällen gute Verwendung finden kann: zum Betriebe kleiner Glühlampen, zur elektrochemischen Analyse, zu galvanokautischen Zwecken usw., lernten wir das Kupron-

*) Hervorzuheben ist noch eine vollständige Sammlung der Archimedischen Körper, die Herr Prof. Dr. Büttcher mit seinen Schülern angefertigt hat.

element der Firma Umbreiter-Matthes, L.-Plagwitz, kennen. Vortrefflich und vielseitig, ihrem grossen Rufe entsprechend, vertreten war die Lehrmittelhandlung von Dr. O. Schneider-Leipzig. Sie brachte neue anatomische Gypsmodelle von Köpfen; Stoffsammlungen für den technologischen Unterricht von Eichler; Dynamo-, Gas- und Heissluftmotoren, Lehmannsche geographische und technologische Anschauungsbilder, anatomische Tafeln mit zerlegbaren Abbildungen nach Bilz und Schreiber und als Neuestes ihres Verlags: mechanisch-bewegliche Wandtafeln von Freyer zur Veranschaulichung der Dynamomaschine und der Elektromotoren.

An zootomischen Situs- und Injektionspräparaten reich war besonders die Ausstellung des naturwissenschaftlichen Instituts von Willh. Schlüter-Halle; die des naturhistorischen Instituts der „Linnaea“-Berlin bot insofern neues, als sie ausser den bekannten Metamorphosen in Spiritus, den äusserst instruktiven, reichhaltigen Mimikrykästen, eine Serie peinlich sauber ausgeführter Nervenpräparate und eine Sammlung von Produkten und Erzeugnissen aus deutschen Kolonien vor Augen führte. Letztere ist einzig in ihrer Art und sowohl beim naturgeschichtlichen wie auch beim geographischen Unterrichte recht gut zu gebrauchen.

Schön ausgestopfte Vögel hatte der Konservator Schmitt des zoologischen Instituts zu Leipzig aufgestellt; Deutschlands Reptilien und Lurche in Spiritus, nebst ihrer Embryologie und Anatomie, Karl Lange und Geithe, L.-Reudnitz; Käfer und Schmetterlinge, dazu entomologische Bücher und Gerätschaften, Ernst Heyne-Leipzig. Arthur Mühlner, Leipzig, bot eine Auswahl wohl besetzter Aquarien und Terrarien; durch ihre grosse Anschaulichkeit gefallen die zerlegbaren Insektenmodelle des Fabrikanten Paul Osterloh-Leipzig. Besonderes Interesse erregten dessen neueste Arbeiten: ein nach Geheimrat Professor Dr. Stiedas Untersuchungen angefertigtes Kehlkopfmodell, welches die Oeffnung der Stimmritze deutlich veranschaulicht, sowie ein neues Herzmodell, eine vergrösserte, bis in alle Einzelheiten naturgetreue Wiedergabe eines von Prof. Dr. Zander-Königsberg angefertigten Präparates. Daran schlossen sich ein Blutzirkulationsmodell, Modelle zur Demonstration der Befestigung des Gelenkkopfes in der Pfanne, der Ein- und Ausatmung und des Gebisses der Schlangen.

Sehr lehrreich erscheinen die von der Mineralienhandlung Carl Droop-Dresden-Plauen zusammengestellten Küsten, die Entstehung der Ackererde, des Sandes und Sandsteins, der Porzellanerde usw. enthaltend. Grosse Anerkennung fand die elegante und korrekte Ausführung der Krystallmodelle aus Birnbaumholz, Glas und Pappe des rheinischen Mineralienkontors von Dr. F. Krantz-Bonn. Franciskus Hoffmann-Leipzig zeigte seine Wandtafeln aus präparierter Pappenmasse, seine Stative, Zug- und Wendevorrichtungen, Patent-Zuggehänge für Landkarten und bildete so den Uebergang zur Ausstellung des Buchhandels, der sich mit wertvollen Büchern, Karten und Wandtafeln beteiligt hatte. Vertreten waren die bekannten Leipziger Firmen Wagner und Debes, Ferdinand Hirt und Sohn, das Bibliographische Institut, ferner Ed. Hölzel-Wien und Fisher und Co.-Cassel, aus dessen Verlag sieben Leuckart-Chunsche Tafeln einer zweiten Serie herstammten.

Allen Firmen, die sich so bereitwillig finden liessen, die Ausstellung mit ihren Lehrmitteln zu beschicken,

gebührt wohl der Dank des Vereins, den auch an dieser Stelle auszusprechen mir angenehme Pflicht ist. Möchten alle Aussteller für ihre Mühen und Kosten durch reichliche Aufträge Entschädigung finden!

P. Fischer (Leipzig.)

Bücher-Besprechungen.

Rosenberger, Prof. Dr. Ferd. Isaak Newton und seine physikalischen Prinzipien. Ein Hauptstück aus der Entwicklungsgeschichte der modernen Physik. Leipzig 1895. J. A. Barth. 536 S. Preis 13.50 M.

Der um die Geschichte der Physik hochverdiente Verfasser unternimmt es in diesem Buche, eine der Hauptepochen in der Entwicklung der Physik in ausführlicher Monographie zu schildern. Newton hat die physikalische Wissenschaft fast zwei Jahrhunderte lang beherrscht und ihr den Stempel seines Geistes aufgedrückt. Heute, nachdem der Anfang unseres Jahrhunderts seine Theorien als unhaltbar erwies und das Ende desselben die Newtonschen Fernkräfte überall aus der Physik zu verbannen bestrebt ist, droht die gewaltige Ueberschätzung der Newtonschen Ideen in bedauerliche Geringschätzung umzuschlagen. Da kommt ein Werk zur rechten Zeit, in welchem auf Grund sorgfältigster kritischer Benutzung des gesamten Quellenmaterials, der Schriften und Briefe nicht nur von Newton selbst, sondern auch von seinen Schülern und Zeitgenossen und auf Grund einer genauen Kenntnis des geistigen Lebens und Strebens jener Zeit ein Ueberblick über Newtons ganzes mathematisch-physikalisches Werk gegeben wird und welches dadurch ein sachliches Urteil über den Wert und die Bedeutung der Arbeit jenes gewaltigen Geistes für die Physik ermöglicht. Das Buch zerfällt in zwei Teile. Der erste behandelt die eigentlich schöpferische Periode und zwar zunächst die optischen Arbeiten, dann die Himmelsmechanik und endlich Newtons wichtigste Leistung, seine Prinzipien der Naturlehre. Der zweite Teil behandelt die Bildung der Schule Newtons. Ausgehend von den physikalischen Theorien von Newton wird das Verhältnis seiner eigenen Arbeiten zu jenen, ihre Bedeutung für die Wissenschaft, ihre Aufnahme durch seine Zeitgenossen und die mannigfaltigen Kämpfe, in die er und seine Schüler verwickelt wurden, bis zum endlichen Siege der Newtonschen Physik eingehend behandelt. Auch der Streit mit Leibniz über die Erfindung der Analysis des Unendlichen wird in unparteiischer sachlicher Weise erörtert.

Die Darstellung ist vortrefflich; denn trotz der peinlichen Sorgfalt, mit der alles was für den behandelten Stoff von Bedeutung ist, geprüft wird, wirkt sie nie ermüdend, bleibt stets fesselnd, vor allem wohl deshalb, weil sie nicht bloss eine kritische Analyse der Newtonschen Leistungen giebt, sondern deren Entstehung und Eigenart auf die geistigen und Charaktereigentümlichkeiten ihres Schöpfers in Verbindung mit seinen persönlichen Schicksalen zurückführt.

Welche Bedeutung eine genaue Kenntnis der Geschichte der Physik für den physikalischen Unterricht hat, wird ja jetzt allgemein anerkannt. Deshalb ist auch das Buch Rosenbergers für die Schule unentbehrlich und sollte in keiner Lehrerbibliothek fehlen, umso mehr als die meisten Schulbücher der Physik über Newtons Leistungen unrichtige Angaben machen, sich vielfach auch nur auf einige Anekdoten beschränken, mit denen das vorliegende Werk vollständig aufräumt.

Götting (Göttingen).

Dürigen, Deutschlands Amphibien und Reptilien. Magdeburg 1897, Creutz; cart. 18 M.

Als eine ebenso interessante wie beachtenswerte Erscheinung auf zoologischem Gebiet sind die im Verlag von Creutz, Magdeburg, erschienenen Amphibien und Reptilien Deutschlands zu bezeichnen. Das Werk ist das Resultat einer grossen Anzahl von Nachfragen, die in Bezug auf diese Tierklassen über ganz Deutschland und die angrenzenden Gebiete ausgedehnt und zum Teil von hervorragenden Fachmännern beantwortet sind. Mit grosser Sorgfalt hat der Verfasser die umfangreichen Ergebnisse gesichtet und nach einem einheitlichen Plane wissenschaftlich bearbeitet. Es ist natürlich, dass auf Grund eines so ausgedehnten und durch Belege sicher gestellten Materials veraltete Anschauungen beseitigt, unsichere berichtigt oder ergänzt werden konnten. Wir dürfen daher das Werk als eine unsere gegenwärtigen Kenntnisse umfassende Monographie dieser beiden Tierklassen bezeichnen und dasselbe deshalb als ein vorzügliches Hilfsmittel für den naturbeschreibenden Unterricht empfehlen. Auch auf Besitzer von Aquarien und Terrarien wird dasselbe nicht verfehlen, eine hohe Anziehungskraft auszuüben, um so mehr, als in klarer, allgemein verständlicher Darstellung die biologischen Verhältnisse (geographische Verbreitung, Aufenthalt und Lebensweise) eingehend berücksichtigt worden sind. Einen wesentlichen Vorzug manchen andern derartigen Werken gegenüber besitzt das vorliegende durch Befügung von 12 kolorierten Tafeln, auf denen in vorzüglich getroffenen Farbentönen alle deutschen Amphibien und Reptilien naturgetreu dargestellt sind.

Wir wünschen dem Buche, dessen Preis in Rücksicht auf Umfang und Ausstattung ein mässiger zu nennen ist, eine weite Verbreitung, besonders auch in den Lehrerbibliotheken höherer Anstalten.

Kraetzschmar (Göttingen.)

Dr. C. Hildebrandt, Ueber die Ausbildung des Kunstsinnes auf den höheren Lehranstalten, insbesondere durch Geometrie und Zeichnen. Programm des Realgymnasiums zu Braunschweig 1897, Nr. 719. (Braunschweig, Druck von Joh. Heinr. Meyer).

Aus einer reichen Lehrerfahrung heraus kämpft der Verfasser für eine stärkere Ausnutzung der allgemeinen Bildungselemente, die dem Zeichenunterricht innewohnen. Er beklagt die einseitige Art, in der auf den höheren Schulen wohl eine gewisse Kenntnis der Kunstgeschichte vermittelt, dabei aber der Sinn für das formal-künstlerische Element, das zum wahren Verständnis und Genuss unbedingt erforderlich sei, nicht erweckt und gepflegt werde. Trotzdem habe die Schule zwei Mittel, die in passender Weise für diesen Zweck sehr wohl ausgenutzt werden könnten, den Unterricht in der Geometrie und den im Zeichnen. Beide seien geeignet, zunächst das scharfe und plastische Sehen und dann das ästhetische Sehen zu bilden. Die Durchführung dieser Anschauung, bei der der Verfasser in der angenehmen Lage ist, sich auf eine so bedeutende Autorität unter den Archäologen, wie H. v. Brunn, berufen zu können, muss man in der Abhandlung selbst nachlesen. Hier sei nur bemerkt, dass der Verfasser dabei Gelegenheit nimmt, gegen die Unterschätzung der konstruktiven Seite der Geometrie, wie sie insbesondere Buchrucker in seinem Vortrage auf der Elberfelder Versammlung (s. Unt.-Bl. III, No. 1) vertreten hatte, entschieden zu protestieren und dass er in der Durchführung des Lehrplans im einzelnen das geometrische Element auf der unteren Stufe in den Vordergrund stellen, auf der mittleren und oberen Stufe es mehr zurücktreten lassen will. Den Ausführungen des Aufsatzes, der von einer hohen Auf-

fassung der Bildungsaufgabe der Schüler zeugt, möchte ich in vollem Umfange zustimmen, sie verdienen die vollste und allgemeinste Beachtung. P.

Artikelschau aus Fachzeitschriften und Programmen.

- HE** = Himmel und Erde. 1898. Heft 10.
NH = Natur und Haus. 1898. Heft 18.
NR = Naturwissensch. Rundschau. 1898. No. 24—25.
NW = Naturwissenschaftl. Wochenschrift. 1898. No. 24—25.
VAP = Mitt. d. Verein. v. Freunden d. Astron. u. kosm. Physik. 1898. Heft 6.
ZpU = Zeitschr. f. d. physikal. u. chem. Unt. 1898. Heft 4.

II. Physik.

Dewar, Flüssiger Wasserstoff. Becquerel und Deslandres, Beitrag zum Studium des Zeemansehen Phänomens. (NR) — N. A. Heschus, Ueber die Analogien zwischen den elektrischen und den Wärme-Vorgängen. F. Melde, Ueber die Ableitung und den Zusammenhang von Gleichungen für den Nullpunkt- und Siedepunktfehler eines Thermometers. F. Pfuhl, Ein einfacher Apparat zur Demonstration des Brechungsgesetzes der Lichtstrahlen. A. Oberbeck, Ein Universal-Elektromagnet. H. Kuhfahl, Ein einfacher Stromwechsler für Zwei- und Dreiphasenstrom. Looser, Ein neuer Wärmeleitungsapparat; Ein hydro-mechanischer Apparat. B. Kolbe, Ueber photographische Aufnahmen zur Erleichterung des physikalischen Unterrichts. W. Weiler, Der Condensator im Ankerstromkreis. A. Kadesch, Die Vorgänge in den Ankerwindungen einer Grammeschen Maschine. O. Leppin, Ein neuer Versuch mit den Katschen Spiegeln. H. Oppler, Eine elementare Ableitung des Newtonschen Anziehungsgesetzes aus dem ersten Keplerschen Gesetz. Die Funkentelegraphie in der Schule; Zur Demonstration des Extrastromes. Demonstration der Porosität an Steinplatten. (ZpU)

III. Chemie, Mineralogie und Geologie.

Wroblewski, Zur Klassifikation der Proteinstoffe. (NR) — Wagner, Die Kieslagerstätten von Bodenmais im Böhmer Walde. (NW) — A. Harpf, Dissociation von Salmiak; Verbrennen von Phosphor unter Wasser. (ZpU)

IV. Biologische Wissenschaften.

Hesdörffer, Interessante neue Pflanzen der internationalen Gartenbau-Ausstellung in Genf. v. Soldt-nitzky, Der siamesische Kampffisch und seine Fortpflanzung im Aquarium. Hartmann, Die Geburtshelferkröte. (NH) — Bethe, Dürfen wir den Ameisen und Bienen psychische Qualitäten zuschreiben? (NR) — König, Von dem Fange und der Verbreitung der Seehunde. (NW)

V. Erd- und Himmelskunde, einschliesslich Meteorologie.

Schainer, Die Temperatur der Sonne. (HE) — W. Förster, Sonnenflecken und Erdmagnetismus. (VAP)

Zur Besprechung eingetroffene Bücher.

- (Besprechung geeigneter Bücher vorbehalten).
 P. Ascherson und P. Graebner, Flora des Norddeutschen Flachlandes (ausser Ostpreussen). Berlin, Gebrüder Borntraeger. Preis M. 3.—
 Fischer, F., Anfangsgründe der Mathematik. II. Planimetrie. 2. Aufl. Leipzig 1898, Grunow. Geb. M. 3.—
 Kükenhal, Willy, Leitfaden für das geologische Praktikum. Mit 172 Abbildungen im Text. Jena 1898, G. Fischer, Preis brosch. M. 6.—, geb. M. 7.—
 v. Lühmann, F., Übungsbuch für den Unterricht in der Goniometrie und der ebenen Trigonometrie. Berlin 1898, Simon. M. 1.60.
 Pohl, Josef, Die Maus. Anregende Betrachtungen über den Einfluss der Körpergrösse auf Bau und Seelenleben der Tiere. Znaim 1897, Fournier & Haberler (Karl Bornemann). Preis geb. 50 Kr. = 1 M.
 Samuel Schillings Grundriss der Naturgeschichte. Erster Teil. Das Tierreich. 18. Bearbeitung von H. Reichenbach. Mit 631 Abbildungen, einer Karte und einer Tafel in Farbendruck. Breslau 1897, Ferd. Hirt. Preis geb. M. 3.75.

Herder'sche Verlagshandlung, Freiburg im Breisgau.

Soeben ist erschienen und durch alle Buchhandlungen zu beziehen:

Joseph Plassmann,

Himmelskunde.

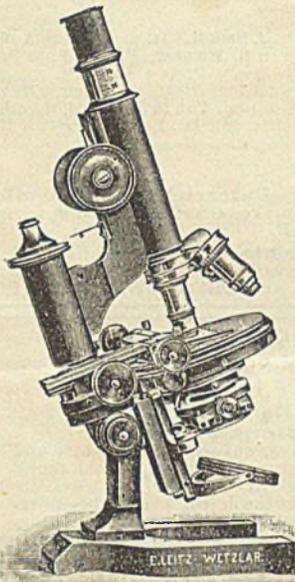
Versuch einer methodischen Einführung in die Hauptlehren der Astronomie.

Mit einem Titelbild in Farbendruck, 216 Illustrationen und 3 Karten. gr. 8^o. (XVI u. 628 S.) M. 13; in Orig.-Einb.: Leinw. mit reicher Deckenpressung M. 15.

(Gehört zu unserer „Illustrierten Bibliothek der Länder- und Völkerkunde“.)

Der Verfasser, Vorstandsmitglied der Vereinigung von Freunden der Astronomie und Mitredakteur der „Mitteilungen“ dieser Gesellschaft, tritt, nachdem er sich durch eigene Forschungen und eine Reihe von astronomischen Specialschriften weitem Kreisen schon bestens bekannt gemacht hat, nunmehr mit einer populärwissenschaftlichen Darstellung der gesamten Himmelskunde vor die Öffentlichkeit.

Das Werk ist auf solider, wissenschaftlicher Grundlage aufgebaut und dabei anregend und fesselnd, jedem Gebildeten leichtverständlich geschrieben. Besondere Sorgfalt wurde der Illustrierung gewidmet. Eine grosse Zahl der Abbildungen ist nach Original-Photographien hergestellt worden, worunter jene der vaticanischen Sternwarte, die ihren reichen photographischen Bilderschatz zum erstenmal für ein descriptives Werk zur Verfügung gestellt hat, in erster Linie genannt zu werden verdienen.



E. Leitz, Optische Werkstätte Wetzlar

Filialen: Berlin NW., Luisenstr. 29
New-York 411 W. 59 Str.

Mikroskope

Mikrotome
Lupen-Mikroskope
Mikrophotogr. Apparate

Ueber 40 000 Leitz-Mikroskope
im Gebrauch.

Deutsche, englische und französische
Kataloge Nr. 37 kostenfrei.

Schul-Mikroskope von 45 Mk. an.
Mikroskope f. botan. Unters. v. 65 Mk.
Mikroskope f. bakteriolog.
Untersuchungen von 260 Mk.

Baumgärtner's Buchhandlung, Leipzig.

Durch jede Buchhandlung zu beziehen:

Die Geometrie der Lage.

Vorträge von Prof. Dr. Th. Reye,

ordentlicher Professor an der Universität Strassburg.

Abt. II (3. Aufl.). Mit 26 Textfiguren. Broch. 9 Mk., in Halbfranz gebunden 11 Mk.

Abt. III (neu). Broch. 6 Mk., in Halbfranz gebunden 8 Mk.

Bereits früher erschienen:

Abt. I (3. Aufl.). Mit 92 Textfiguren. Broch. 7 Mk., in Halbfranz gebunden 9 Mk.

Aus einer Besprechung von Guido Hauck: „Unserem Verfasser gebührt das Verdienst, das System jenes grossen Geometers (Staudt) von seinen Einseitigkeiten befreit und dadurch nicht nur schmackhaft, sondern vor allem für die Weiterförderung der Wissenschaft nutzbar gemacht zu haben. Diese hat denn auch in den letzten Dezennien eine überaus fruchtbare Weiterentwicklung erfahren, an welcher der Verfasser durch seine bahnbrechenden Arbeiten in hervorragender Weise beteiligt war. Es sei dabei namentlich auf den Ausbau der Liniengeometrie hingewiesen. . . . Das auch bereits ins Französische und Italienische und jetzt auch ins Englische übersetzte Werk stellt in dieser seiner neuen Auflage das vollständigste Lehrbuch der neueren Geometrie dar.“

Verlag v. Th. G. Fisher & Co.,
Cassel, Moltkestr. 5.

Zoologische Wandtafeln

herausgegeben von

Professor Dr. Rud. Leuckart

und

Professor Dr. Carl Chun.

Neu erschienen:

Serie II. Tafel 6. Amphibia.

Skelett. [F. Braem.]

Serie II. Tafel 7. Amphibia.

Urogenitalsystem. [F. Braem.]

In Kürze erscheinen:

Serie II. Tafel 8. Amphibia.

Nervensystem. [F. Braem.]

Serie II. Tafel 9. Amphibia.

Embryonale Entwicklung. [L. Will.]

Preis jeder Tafel (m. Text): Aufgezogen auf
Leinwand m. Stäben Mk. 7.—, roh Mk. 4.—.

Prospekte mit Probestück gratis u. franko.

Verlag
von Otto Salle in Berlin W. 30.

Der Unterricht
in der

analytischen Geometrie

Für Lehrer und zum Selbstunterricht.

Von

Dr. Wilh. Krumme,

weil. Direktor der Ober-Realschule
in Braunschweig.

Mit 53 Figuren im Text.

Preis 6 Mk. 50 Pf.

Max Kohl, Chemnitz i. S.

Werkstätten für Präzisions-
mechanik und Elektrotechnik
empfiehlt

Physikalische und chemische Apparate,
Gerätschaften, sowie mathematische In-
strumente in gedlegener zweckmässiger
Ausführung.

Spezialität: Lieferung vollständiger
Einrichtungen von physikalischen und
chemischen Auditorien, Experimentier-
tischen, Verfinsternungen, Abzugsrischen.
Höchst vollkommene, in der Leistungs-
fähigkeit unerreicht dastehende Appa-
rate zu Experimenten nach

Röntgen,
Tesla und
Marconi.

Sämtliche in den Normalverzeichnissen
für die physik. Sammlungen der höheren
Lehranstalten von Prof. Fr. Pietzker
angegebenen Apparate werden zu an-
nähernd gleichen Preisen geliefert.

(Unterr.-Blätter für Mathemat. und
Nat.-Wissensch. II. Jahrg. 1896 No. 2,
Seite 24/27.)

Spezialisten gratis und franko.

Die Gestaltung des Raumes.

Kritische Untersuchungen über die Grundlagen der Geometrie.

Von **Prof. F. Pietzker.**

Mit 10 Figuren im Text. — Preis 2 Mk.

Verlag von Otto Salle in Berlin.

Verlag

von Otto Salle in Berlin W. 30.

Das Wetter

Meteorologische Monatsschrift für Gebildete aller Stände.

Herausgegeben von

Prof. Dr. R. Assmann,

Abteilungs-Vorsteher im Kgl. Preuss. Meteorologischen Institut.

14. Jahrgang.

Mit kolorierten Kartenbeilagen über die monatlichen Niederschläge nebst den Monats-Isobaren und -Isothermen.

Preis pro Jahrgang von 12 Heften 6 Mk.

Ein Probeheft gratis und franko.

Verlag

von Otto Salle in Berlin.

Die Behandlung
des ersten Zeichenunterrichts
an höheren Lehranstalten
nach
Körpermodellen und nach der Natur
in ausgeführten Lektionen.

Von

Edmund Hartmann,
Gymnasiallehrer in Gießen.

Mit einem Vorworte von
Geh. Oberschulrat Dr. H. Schiller.
46 Figuren. Preis Mk. 1.50.

Verlag von Otto Salle, Berlin.



Naturgeschichte des Herings

von

Prof. Dr. Fr. Heincke
Direktor d. Biol. Anstalt auf Helgoland.

1) Text: 1. Hälfte.

2) Tabellen und Tafeln.

Preis 35 Mk.



Verlag von Otto Salle in Berlin W. 30.

Bei Einführung neuer Lehrbücher

seien der Beachtung der Herren Fachlehrer empfohlen:

Geometrie.

Fenkner: **Lehrbuch der Geometrie** für den mathematischen Unterricht an höheren Lehranstalten von Oberlehrer Dr. Hugo Fenkner in Braunschweig. Mit einem Vorwort von Dr. W. Krumme, Direktor der Ober-Realschule in Braunschweig. — Erster Teil: Ebene Geometrie. 3. Aufl. Preis 2 M. Zweiter Teil: Raumgeometrie. 2. Aufl. Preis 1 M. 40 Pf.

Arithmetik.

Fenkner: **Arithmetische Aufgaben.** Mit besonderer Berücksichtigung von Anwendungen aus dem Gebiete der Geometrie, Trigonometrie, Physik und Chemie. Bearbeitet von Oberlehrer Dr. Hugo Fenkner in Braunschweig. — Ausgabe A (für 9stufige Anstalten): Teil I (Pensum der Tertia und Untersekunda), 3. Aufl. Preis 2 M. 20 Pf. Teil IIa (Pensum der Obersekunda), 2. Aufl. Preis 1 M. Teil IIb (Pensum der Prima), Preis 2 M. — Ausgabe B (für 6stufige Anstalten): 2. Aufl. geb. 2 M.

Servus: **Regeln der Arithmetik und Algebra** zum Gebrauch an höheren Lehranstalten sowie zum Selbstunterricht. Von Oberlehrer Dr. H. Servus in Berlin. — Teil I (Pensum der 2 Tertia und Untersekunda), Preis 1 M. 40 Pf. — Teil II (Pensum der Obersekunda und Prima), Preis 2 Mk. 40 Pf.

Physik.

Heussi: **Leitfaden der Physik.** Von Dr. J. Heussi. 14. verbesserte Aufl. Mit 152 Holzschnitten. Bearbeitet von H. Weinert. Preis 1 M. 50 Pf. — Mit Anhang „Grundbegriffe der Chemie.“ Preis 1 M. 80 Pf.

Heussi: **Lehrbuch der Physik** für Gymnasien, Realgymnasien, Ober-Realschulen u. and. höhere Bildungsanstalten. Von Dr. J. Heussi. 6. verb. Aufl. Mit 422 Holzschnitten. Bearbeitet von Dr. Leiber. Preis 5 M.

Chemie.

Levin: **Meth. Leitfaden für den Anfangs-Unterricht in der Chemie** unter Berücksichtigung der Mineralogie. Von Oberlehrer Dr. Wilh. Levin. 2. Aufl. Mit 87 Abbildungen. Preis 2 M.

Weinert: **Die Grundbegriffe der Chemie** mit Berücksichtigung der wichtigsten Mineralien. Für den vorbereit. Unterricht an höheren Lehranstalten. Von H. Weinert. 2. Aufl. Mit 31 Abbild. Preis 50 Pf.

Rud. Ibach Sohn

Hof-Pianoforte-Fabrikant Sr. Maj. des Königs und Kaisers.

Neuerweg 40. **Barmen-Köln**, Neumarkt 1 A.

Geschäftsgründung: 1794. Fabriken: Barmen, Schwelm, Köln.

Unerschöpflicher Klangreichtum, leichter Anschlag, unverwüstliche Dauer und Stimmhaltung sind Eigenschaften des Rud. Ibach Sohn-Pianos, welche durch die Erfahrungen eines über hundertjährigen Verkehrs mit der Lehrerwelt im höchsten Grade entwickelt sind und es für die Zwecke derselben ganz besonders geeignet machen. Die Wünsche der Lehrer finden weitgehende Berücksichtigung.

Verlag von Otto Salle in Berlin.

Soeben erschienen:

Beiträge

zur

Klimatologie Thüringens.

Zusammenstellungen aus dem Beobachtungsmaterial d. Gipfelstation Inselberg und der Basisstation Erfurt.

Von

Friedr. Treitschke.

Preis Mk. 6.—.

Die

anatomische Lehrmittelanstalt
von

Dr. med. Benninghoven & Sommer

(Inh.: Dr. Benninghoven, pr. Arzt und M. A. Sommer, Modelleur)

Berlin NW., Bandelstrasse 26, und Neues bei Coburg

empfiehlt ihre für Schulen besonders geeigneten anatomischen Modelle in anerkannt bester Ausführung.

Kataloge gratis u. franko.

Apparate für

Marconi'sche und Hertz'sche Versuche

nach Angabe von **Prof. Dr. Szymański.**

Keiser & Schmidt, Berlin N., Johannisstrasse 20.